Федеральное агентство по образованию
Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования
Ухтинский государственный технический университет
(УГТУ)

ИЗУЧЕНИЕ СКЛАДЧАТЫХ СТРУКТУР ПЛАТФОРМЕННОГО ЧЕХЛА КОМПЛЕКСОМ ГРАВИРАЗВЕДКИ И СЕЙСМОРАЗВЕДКИ

Методические указания к лабораторной работе
по дисциплине «Комплексирование геофизических методов и геологическая интерпретация геофизических данных»

Ухта 2009

УДК 550.83 (076.5)
Ш 59

Шилов Л.П.
Изучение складчатых структур платформенного чехла комплексом гравиразведки и сейсморазведки [Текст] : метод. указания к лабораторной работе по дисциплине «Комплексирование геофизических методов и геологическая интерпретация геофизических данных» / Л.П. Шилов, Ю.Л. Краснова, Р.С. Хозяинов. – Ухта : УГТУ, 2009. – 43 с.; ил.

В настоящих методических указаниях рассматривается методика изучения складчатых структур платформенного чехла комплексом гравиразведки и сейсморазведки для выполнения лабораторной работы по дисциплине «Комплексирование геофизических методов и геологическая интерпретация геофизических данных» на 4 курсе специальности 130201 – «Геофизические методы поисков и разведки месторождений полезных ископаемых».

Методические указания соответствуют учебному плану.

Методические указания рассмотрены и одобрены кафедрой ГМИС протокол № 10 от 19 июня 2009 г. и рекомендованы к изданию.

Рецензент доцент каф. ГМИС Шмарева М.Б.
Редактор Краснова Ю.Л.
В методических указаниях учтены замечания рецензента и редактора

План 2009 г., позиция 151.
Подписано в печать 21.09.09 г. Компьютерный набор.
Объем 43 с. Тираж 50 экз. Заказ № 234.

© Ухтинский государственный технический университет, 2009
169300, Республика Коми, г. Ухта, ул. Первомайская, 13.
Отдел оперативной полиграфии УГТУ.
169300, Республика Коми, г. Ухта, ул. Октябрьская, 13.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

1. Первостепенный интерес при изучении структур в осадочной толще представляет круг вопросов, связанных с изучением в пространстве морфологии структур: определение формы структуры в плане и изменение ее при увеличении глубины залегании слоев, слагающих структуру; местоположение сводов по разным горизонтам; изменение мощности слоев от свода к крыльям и исследование этого изменения с увеличением глубины, простирание структуры и изменение его в разных горизонтах. При изучении истории развития структуры, особенно для структур, перспективных на нефть и газ, возникают вопросы, связанные с выяснением влияния на структуру характера залегания пород в более глубоких этажах осадочной толщи, а также влияния рельефа поверхности и строения фундамента на формирование структуры.

2. Для решения такого рода геологических вопросов наиболее широко и часто применяется комплекс гравиразведки и сейсморазведки методом отраженных волн. Вначале проводят высокоточную площадную гравиметрическую съемку масштабов 1:50 000 (сечение изолиний 1 – 0,5 мгал) или 1 : 25 000 (сечение изолиний 0,5 – 0,25 мгал). Съемка МОВ проводится но профилям, расположенным таким образом, чтобы наиболее детально изучить предполагаемый свод и форму структуры в плане. Для этого профили обычно располагают так, чтобы они пересекались в области предполагаемого расположения свода структуры.

Результатом гравиметрической съемки является карта аномалий силы тяжести в редукции Буге, результатом МОВ – структурные карты по сейсмическим горизонтам. Геологическая интерпретация этих материалов проводится совместно.

3. Для построения структурных карт по опорному сейсмическому горизонту вычисляют сечение изогипс по формуле (1):

$$\Delta = 3H_{CP}\sqrt{\frac{2(2p-1)}{p(p+1)}}, \qquad (1)$$

где ΔHср – среднее арифметическое значение невязок в узлах пересечения профилей; p – число профилей.

Величина

$$\Delta H_{cp} = \frac{\sum \Delta H_i}{i}, \qquad (2)$$

где i — число узлов пересечения профилей.

В каждом узле возникает невязка по глубине $\Delta H_i = H_{I/II} - H_{II/I}$ – разность глубины горизонта в точке пересечения разноименных профилей. Невязка возникает за счет случайных погрешностей измерений и обработки данных и, следовательно, в плане распределения ее величины должны носить случайный характер. Сечение, рассчитанное по этой формуле, всегда округляется до целой, удобной для построения, величины только в сторону увеличения значений Δ.

При построении структурной карты по условному горизонту один из профилей (наиболее длинный и пересекающий все остальные) принимается за исходный. На нем на-

чальная точка *O* выбирается произвольно в существующем интервале, отражающих площадок. На каждом другом профиле построение условного горизонта начинается с точки *O*, глубина которой берется , с исходного профили. Таким образом, на исходном профиле образуются нулевые невязки, и величину ΔHср для условного горизонта вычисляются без их учета, т. е. (3):

$$\Delta H_{CP} = \frac{\sum^{i-i_0} H_{i-i_0}}{i - i_0}, \qquad (3)$$

где i – общее число узлов; i_0 – число узлов на исходном профиле с нулевыми невязками.

Дальнейшая методика построения структурных карт, как по условному, так и по опорному горизонтам ничем не отличается: надо на план расположения профилей перенести по каждому профилю точки пересечения глубин, кратных сечению, с сейсмическим горизонтом на плане; полученные таким образом на профилях точки соединить плавными изогипсами.

4. Для совместной интерпретации данных гравиразведки и сейсморазведки применяем общепринятую методику.

Поскольку поставлены задачи изучения структур в плане, гравитационное влияние структур, полученных по данным сейсморазведки, должно рассчитываться как трехмерная задача гравиразведки. Эти расчеты ввиду больших объемов вычислений и высокой точности расчетов, которую необходимо получить, проводят на электронных вычислительных машинах.

Точность расчетов обеспечивает построение карт изоаномал представляющих гравитационное влияние трехмерных тел произвольной формы с сечением 0,05 мгал и выше.

Для выяснения характера залегания пород нижней части осадочной толщи и строения фундамента необходимо исключить влияние структур, полученных сейсморазведкой, но только в плане. Для этого суммируются в плане значения Δg от верхней (Δg_I) и нижней (Δg_{II}) структуры. Получают суммарную карту. Ее удобно получать, наложив карты Δg_I и Δg_{II} друг на друга, и в точках пересечения изолиний находить сумму значений. Если этих точек для уверенного проведения изолиний на суммарной карте окажется недостаточно, то надо в нужных местах получить:

$$\Delta g_I(x_i, y_i) + \Delta g_{II}(x_i, y_i) = \Delta g_\Sigma(x_i, y_i), \qquad (4)$$

где $\Delta g_I(x_i, y_i)$ и $\Delta g_{II}(x_i, y_i)$ – значения в узлах квадратной сети.

Методика получения разностной карты $\Delta g_{разн} = \Delta g - \Delta g_\Sigma$ такая же: надо получить разность значений Δg и Δg_Σ в точках пересечения изолиний и дополнить при необходимости эти точки значениями в узлах квадратной сети.

Сечение разностной карты должно равняться сечению карты Δg, т.е. карты, полученной при полевых измерениях.

Анализ разностной карты должен включать качественную интерпретацию: визуальное выделение регионального фона и характеристику возможных аномалий (простирание, форма, амплитуда).

На разностной карте отражается строение пород нижней части осадочной толщи и строение фундамента. Особое внимание при анализе надо обращать на соответствие (или не соответствие) перетирания локальной аномалии и сейсмических структур, а также на возможное наличие гравитационной аномалии, которая выражается увеличением горизонтальных градиентов поля. Такого типа аномалия, т. е. зона повышенных градиентов, идет по контакту или соответствует перегибу рельефа поверхности фундамента. Совместный анализ поля $\Delta g_{разн}$ сейсмических структур, обусловленных верхней частью садочной толщи, позволит сделать выводы о генезисе структуры.

Студентам для выполнения задания выдаются следующие материалы.

1. Схема расположения сейсмических профилей.
2. Сейсмические разрезы по профилям.
3. Карта аномалий силы тяжести в редукции Буге в масштабе 1:25000.

Вычисление гравитационного эффекта от структуры по горизонтам производится по формуле (5):

$$\Delta g = 2 * \pi * \rho * \tau * \Delta h, \qquad (5)$$

где Δg – гравитационный эффект (мгал); гравитационная постоянная $\rho = 6{,}67*10^{-8}$ ($м^3/кг*с^2$); Δh – мощность толщи над поверхностью сейсмического горизонта; τ – плотность толщи над поверхностью сейсмического горизонта.

Для вычисления гравитационного эффекта от структуры была составлена программа «Граф эффект.xls».

На листе «данные» пользователь вводит глубину залегания, а на листе «Граф эффект» получает результат, согласно установленной плотности слоя. Результат выглядит следующим образом:

Таблица 1. Пример $\rho_{пл}$ для черемшанского горизонта

Значения гравитационного эффекта в мгал														
x/y	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	0,52	0,56	0,6	0,66	0,73	0,81	0,88	0,93	0,93	0,98	0,8	0,68	0,62	0,59
2	0,7	0,74	0,78	0,85	0,9	0,95	1,02	1,05	1,05	1,02	0,95	0,84	0,73	0,65
3	0,86	0,92	0,97	1,02	1,06	1,12	1,15	1,17	1,17	1,15	1,1	0,99	0,87	0,75
4	0,99	1,04	1,09	1,14	1,17	1,2	1,23	1,24	1,24	1,22	1,18	1,11	0,99	0,87
5	1,05	1,12	1,16	1,21	1,23	1,25	1,27	1,28	1,28	1,26	1,22	1,16	1,06	0,97
6	1,07	1,14	1,19	1,23	1,26	1,27	1,28	1,29	1,28	1,26	1,23	1,17	1,10	1,02
7	1,07	1,12	1,18	1,22	1,25	1,26	1,27	1,27	1,26	1,24	1,21	1,16	1,11	1,05
8	1,05	1,11	1,15	1,19	1,22	1,23	1,24	1,23	1,22	1,21	1,17	1,13	1,09	1,05
9	1,03	1,07	0,11	1,15	1,17	1,18	1,18	1,18	1,17	1,15	1,13	1,09	1,07	1,04
10	1,01	1,04	1,07	1,11	1,12	1,13	1,14	1,13	1,12	1,11	1,09	1,06	1,04	1,02
11	0,99	1,01	1,04	1,06	1,08	1,09	1,09	1,09	1,07	1,07	1,06	1,05	1,03	1,01
12	0,99	1,00	1,01	1,03	1,04	1,04	1,05	1,05	1,04	1,04	1,04	1,03	1,02	1,01
Плотность слоя, г/см^3		0,2												

ВАРИАНТ 1

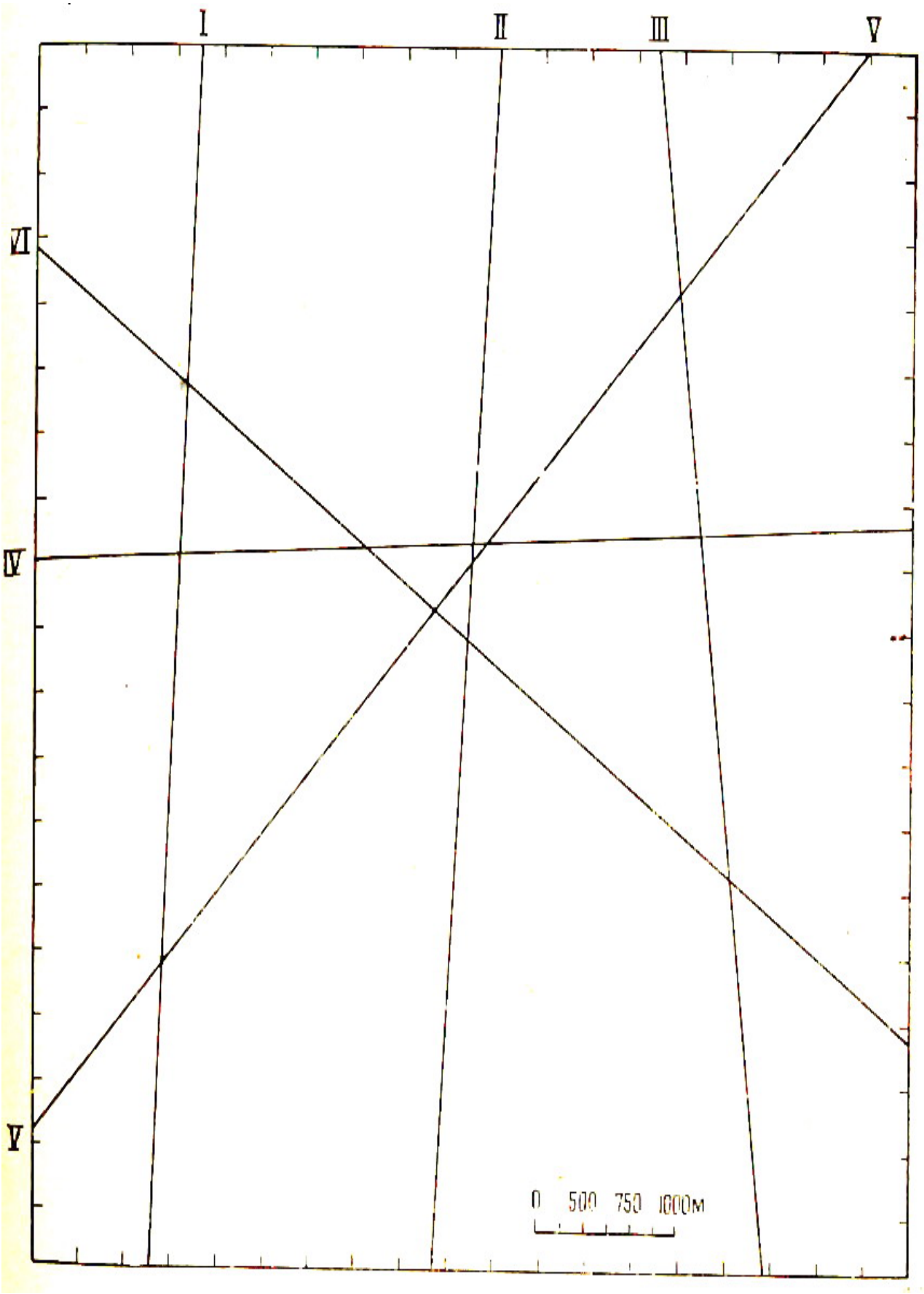

Рис. 1. Схема расположения сейсмических профилей в масштабе 1:25000

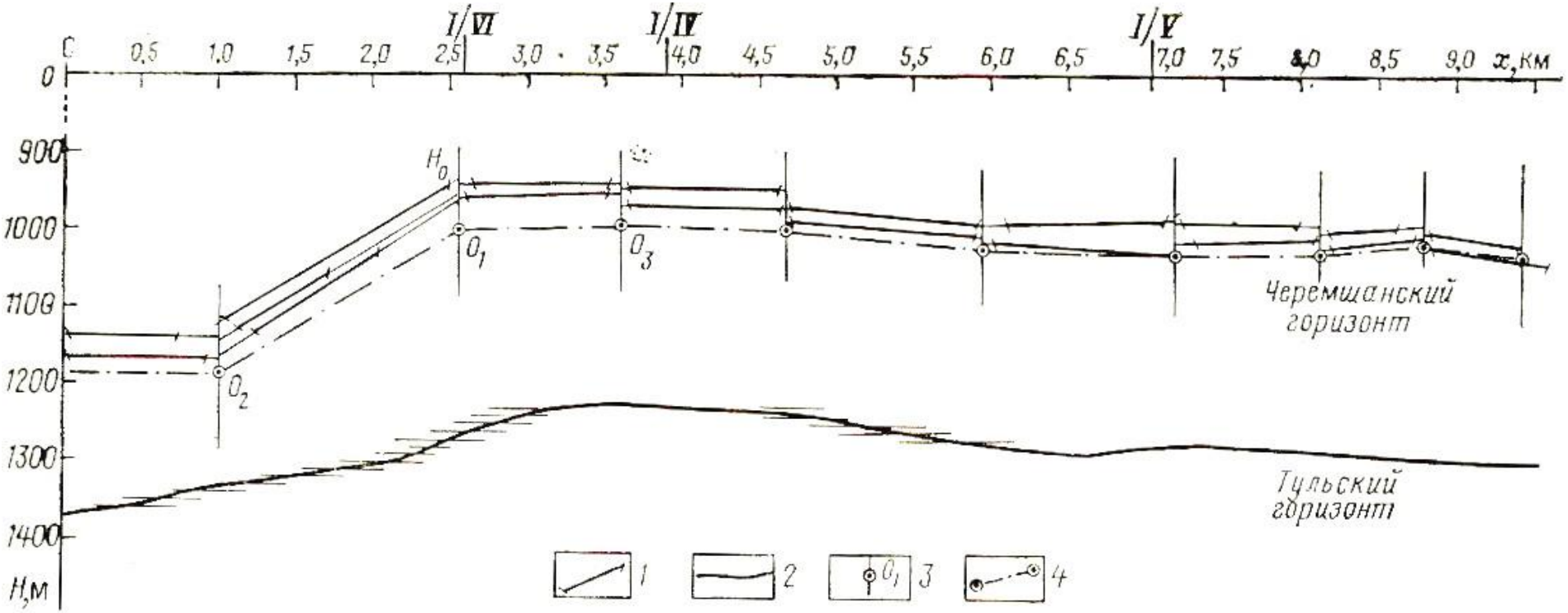

Рис. 2. Сейсмический разрез по профилю I в масштабе 1: 25000

Условные обозначения: 1 – отражающие площадки; 2 – опорный сейсмический горизонт; 3 – начальная точка для построения условного отражающего горизонта; 4 – условный отражающий горизонт

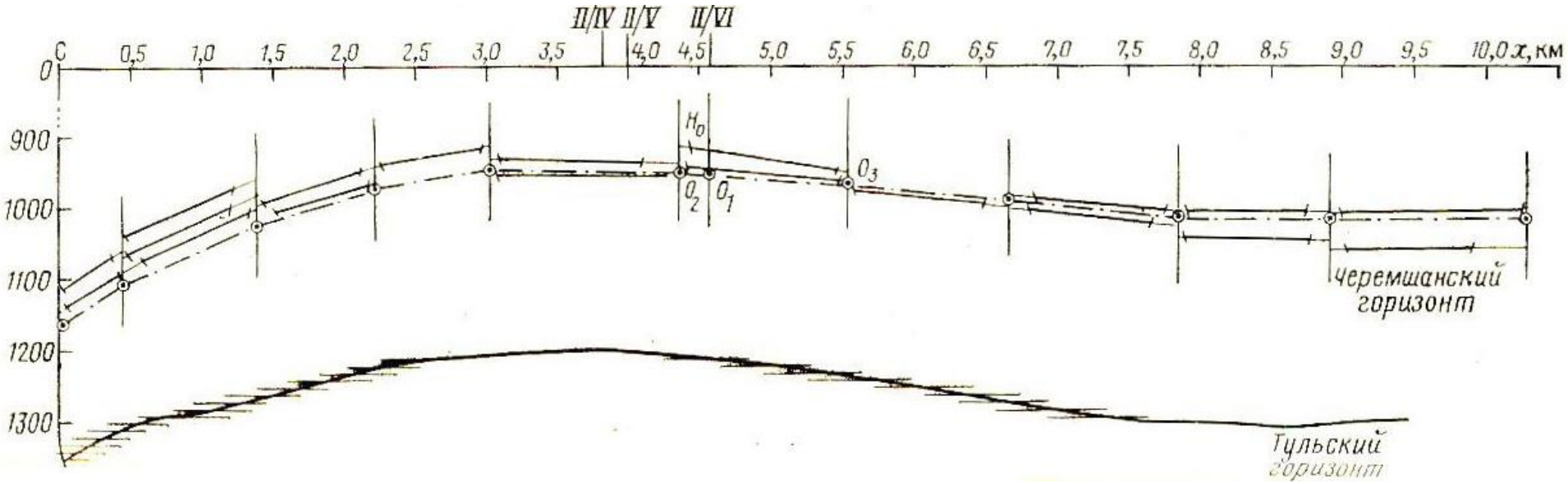

Рис. 3. Сейсмический разрез по профилю II в масштабе 1: 25000

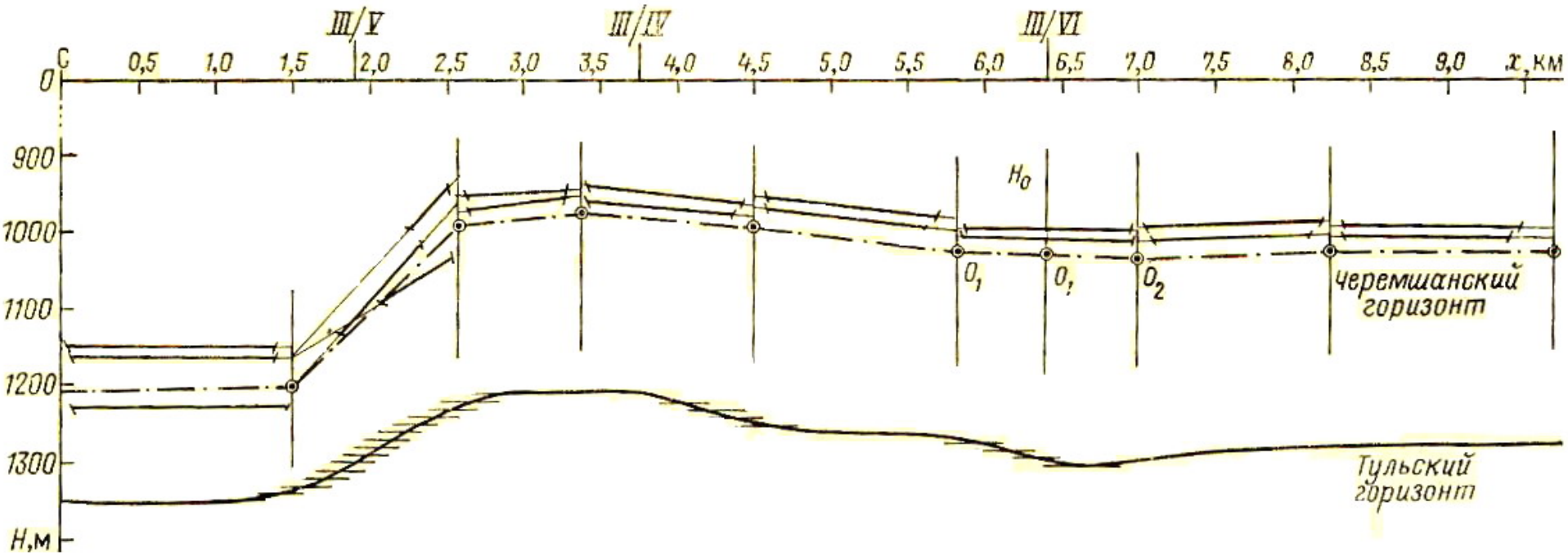

Рис. 4. Сейсмический разрез по профилю III в масштабе 1: 25000

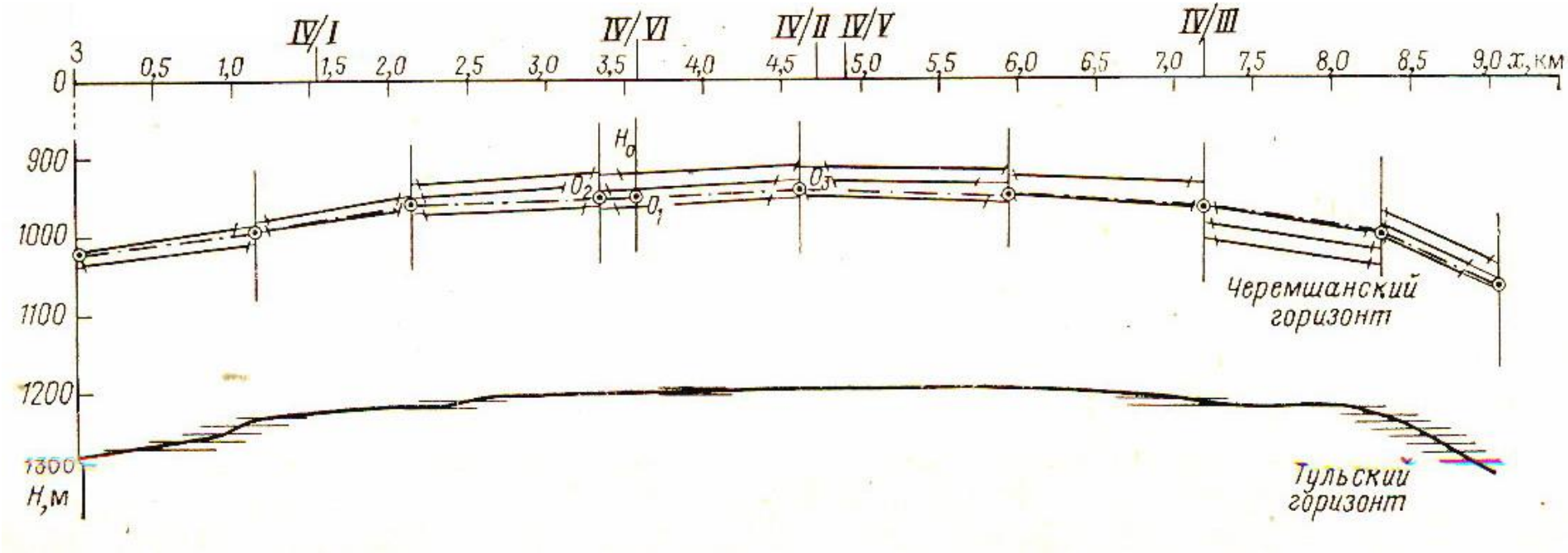

Рис. 5. Сейсмический разрез по профилю IV в масштабе 1: 25000

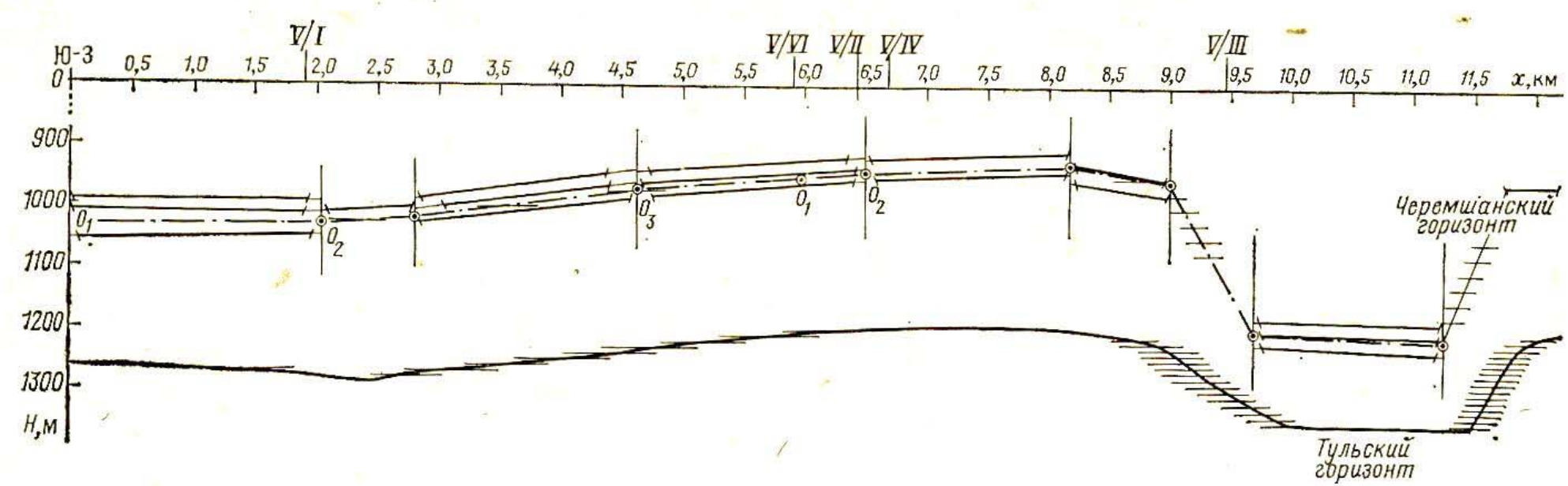

Рис. 6. Сейсмический разрез по профилю V в масштабе 1: 25000

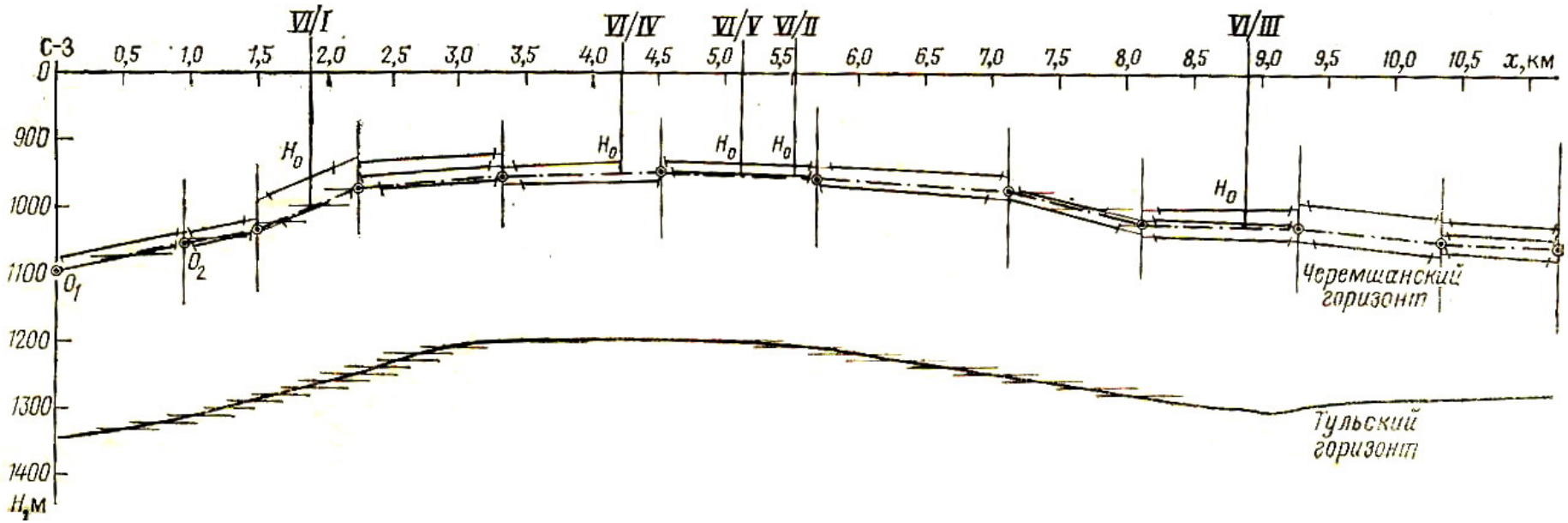

Рис. 7. Сейсмический разрез по профилю VI в масштабе 1: 25000

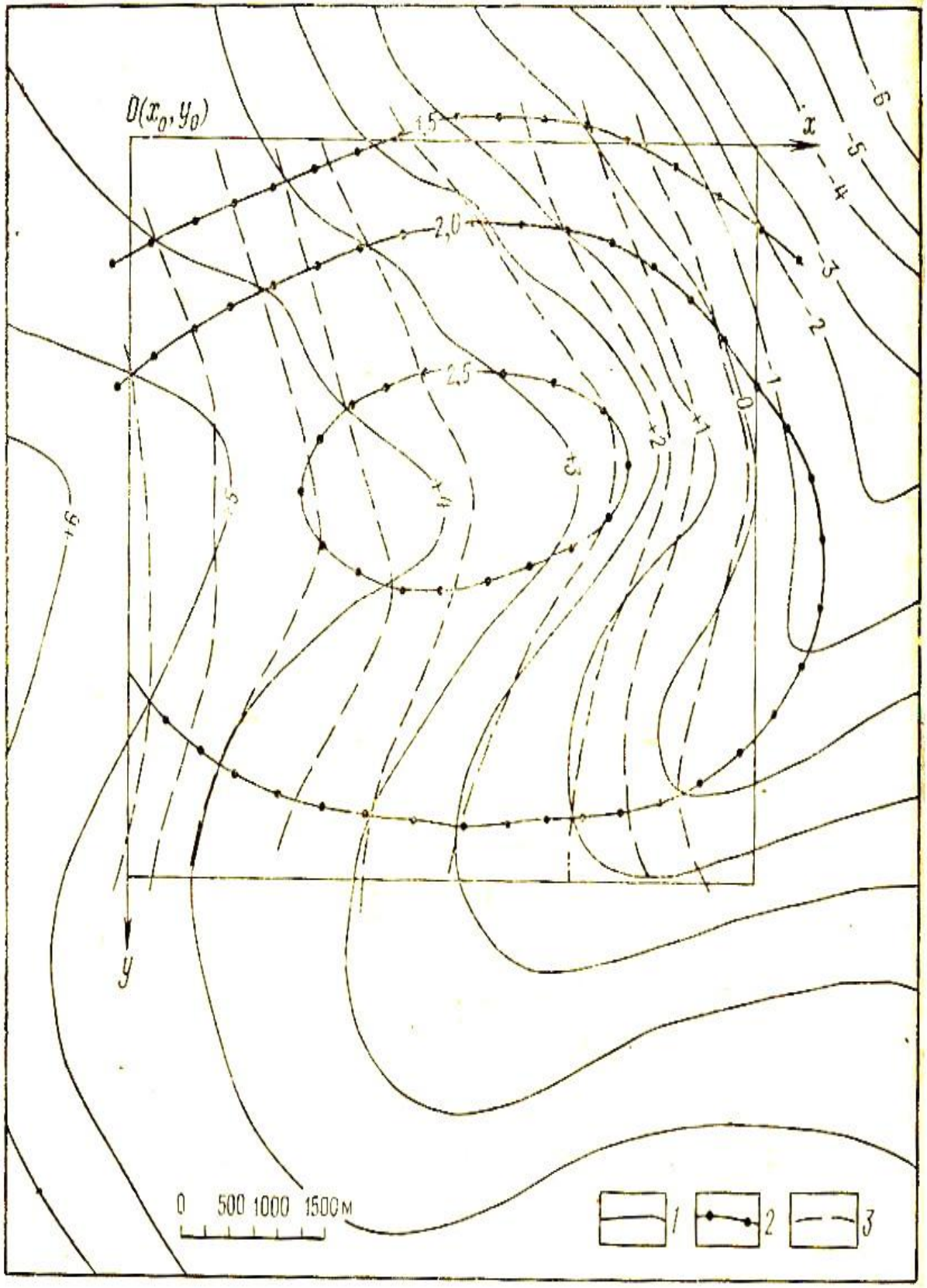

Рис. 8. Карта аномалий силы тяжести в редукции Буге в масштабе 1:25000

Изолинии (в мгал): 1 - Δg, 2 - Δg_{Σ}, 3 - $\Delta g_{разн}$

ЗАДАНИЕ

1. Сформулировать геологические задачи, возникающие при пространственном изучении структур типа плакантиклиналей.

2. По опорному сейсмическому горизонту подсчитать и выписать на схему расположения сейсмических профилей невязки ΔH в узлах пересечения профилей. Проанализировать изменение величины ΔH в плане. Вычислить величину сечения изогипс.

3. С рассчитанной величиной сечения на схеме расположения профилей построить карту изогипс опорного сейсмического горизонта.

4. Дать ответы на часть поставленных геологических вопросов – количественно описать полученную форму (размер, простирание, амплитуду, углы падения слоев на крыльях) и дать глубину до свода построенной структуры.

5. По отражающим площадкам на каждом сейсмическом разрезе построить условный отражающий горизонт способом скалывания, приняв наиболее длинный профиль за исходный.

6. По условному сейсмическому горизонту подсчитать и выписать на второй экземпляр схемы расположения сейсмических профилей невязки в узлах пересечения профилей (невязки по исходному профилю будут нулевые). Проанализировать изменение величины ΔH в плане. Вычислить величину сечения изогипс для условного горизонта.

7. С полученной величиной сечения на втором экземпляре схемы расположения профилей построить карту изогипс условного сейсмического горизонта.

8. Дать ответы на часть поставленных геологических вопросов — количественно описать полученную форму и дать глубину до свода построенной структуры. Сопоставить структуры, полученные по опорному и условному сейсмическим горизонтам (форма, местоположение свода, глубина залегания, простирание, изменение мощности от свода к крыльям).

9. Построить две карты изоаномал с сечением 0,01 мгал по значениям гравитационного эффекта, нанесенным на план в масштабе 1:25000. На построенных картах выделить максимальное аномальное значение, простирание аномалий, определить горизонтальные градиенты (мгал/км) на склонах аномалий.

10. Сопоставить карты изогипс и карты изоаномал с целью выяснения величины гравитационного эффекта изучаемой структуры (провести качественное сопоставление относительного положения свода структуры с максимумом аномалии, величины градиентов и углов падения на крыльях, простирание структуры и простирания аномалий).

11. Получить карту изоаномал суммарного влияния Δg_{Σ} верхней и нижней структуры и построить ее в изолиниях на одной из карт изоаномал.

12. Вычесть гравитационное влияние структуры из анома лий силы тяжести в редукции Буге (построить карту $\Delta g_{разн} = \Delta g(x,y) - \Delta g_{\Sigma}(x,y)$). Для выяснения характера залегания пород нижней части осадочной толщи и рельефа поверхности фундамента проанализировать карту $\Delta g_{разн}(x,y)$. Описать региональный фон и остаточные (локальные) аномалии, если они окажутся на карте $\Delta g_{разн}(x,y)$.

13. Сделать выводы: а) о строении осадочной толщи; б) о влиянии фундамента на формирование изучаемой структуры в осадочной толще; в) высказать соображения о возможной истории формирования структуры и о перспективах данной структуры на нефть и газ.

ПРИМЕР ВЫПОЛНЕННОГО ЗАДАНИЯ

1. Получены и выписаны на схеме расположения сейсмических профилей (см. рис. 1) в узлах их пересечения величины невязок по опорному сейсмическому горизонту, который соответствует тульскому горизонту (рис. 11). Величина невязок колеблется от 10 м до нуля, на площади съемки не наблюдается закономерного ее изменения, т. е. ошибка имеет случайный характер.

Среднее значение невязки $\Delta H_{CP} = \frac{55}{12} = 4,6 м,$ тогда сечение изогипс для построения структурной карты по опорному сейсмическому горизонту Δ = 3*4,6*0,72 =9,9 м.

2. Построена структурная карта по опорному сейсмическому горизонту (рис. 11) с сечением изогипс, равным 10 м. На этой карте выявилась структура типа плакантиклинали широтного простирания. Размеры структуры по изогипсе 1270 м составляют 8,2 км по длинной оси *a*, идущей по меридиональному направлению, и по короткой оси *b*, вытянутой в субширотном направлении, 5 км (отношение *a/b* = 1,6). Глубина до свода структуры 1200 м, амплитуда 90 м. Углы падения северного крыла 14-16º южное крыло более пологое (10°). Северо-восточное крыло структуры переходит в резкую флексуру северо-западного простирания.

3. Приняв профиль VI за исходный, построим на нем условный сейсмический горизонт от условно принятой начальной точки O_1;. Затем на каждый профиль перенесем глубины H_0(VI/I) = 1000 м, H_0(VI/VI) = 950 м, H_0(VI/V) = 950 м, H_0(VI/II) = 955 м, H_0(VI/III) = 930 м. Относительно этих точек на каждом профиле построим условный отражающий горизонт (см. рис. 2-7). В точках пересечения профилей выпишем невязки в глубинах (рис. 12). Она колеблется от 20 м до нуля. Средняя невязка $\Delta H_{CP} = \frac{60}{6} = 10\ м$ и сечение структурной карты по условному горизонту составляет Δ =3* 10*0,72=21,6 ≤n 25 м.

На построенной с рассчитанным сечением 25 м структурной карте условного сейсмического горизонта выделяется структура типа плакантиклинали, имеющая широтное простирание. Размеры структуры по изогипсе 1000 м составляют 7,5 км по длинной оси и 5,3 км по короткой оси (отношение *a/b* = 1,4). Глубина до свода 950 м, амплитуда 75 м. Углы падения северного крыла 10-13°, южное крыло более пологое (5°).

4. Сопоставив обе структурные карты, можно сделать следующие выводы: изучаемая структура прослеживается по обоим горизонтам — черемшанскому и тульскому; широтное простирание структуры с глубиной не изменяется (хотя свод верхнего горизонта по изогипсе 950 м приобретает северо-восточное простирание). Форма структуры с увеличением глубины становится более округлой (отношение *a/b* изменяется от 1,6 до 1,4). Углы падения крыльев и амплитуда структуры с глубиной уменьшаются.

5. Анализируя карты изоаномал (см. рис. 9 и 10), можно отметить, что структуры по верхнему и нижнему горизонтам Дают гравитационные эффекты 1,30 мгал и 1,35 мгал. Горизонтальные градиенты поля изоаномал на северном склоне аномалии (так же, как и на структуре) больше, чем на южном и составляют

$$V_{x,y} = \frac{0,25}{5,5 * 0,25} = 0,18 \text{ мгал/км.}$$

6. Вычтя влияние гравитационного эффекта от изученной структуры из Δ*g* (см. рис. 8), можно сделать вывод, что локальная аномалия в виде изгибов изолиний и на карте $\Delta g_{разн}$ сохраняется. Простирание остаточной аномалии также остается широтным. По-видимому, структура продолжается в низах осадочной толщи и является перспективной на поиски нефти и газа.

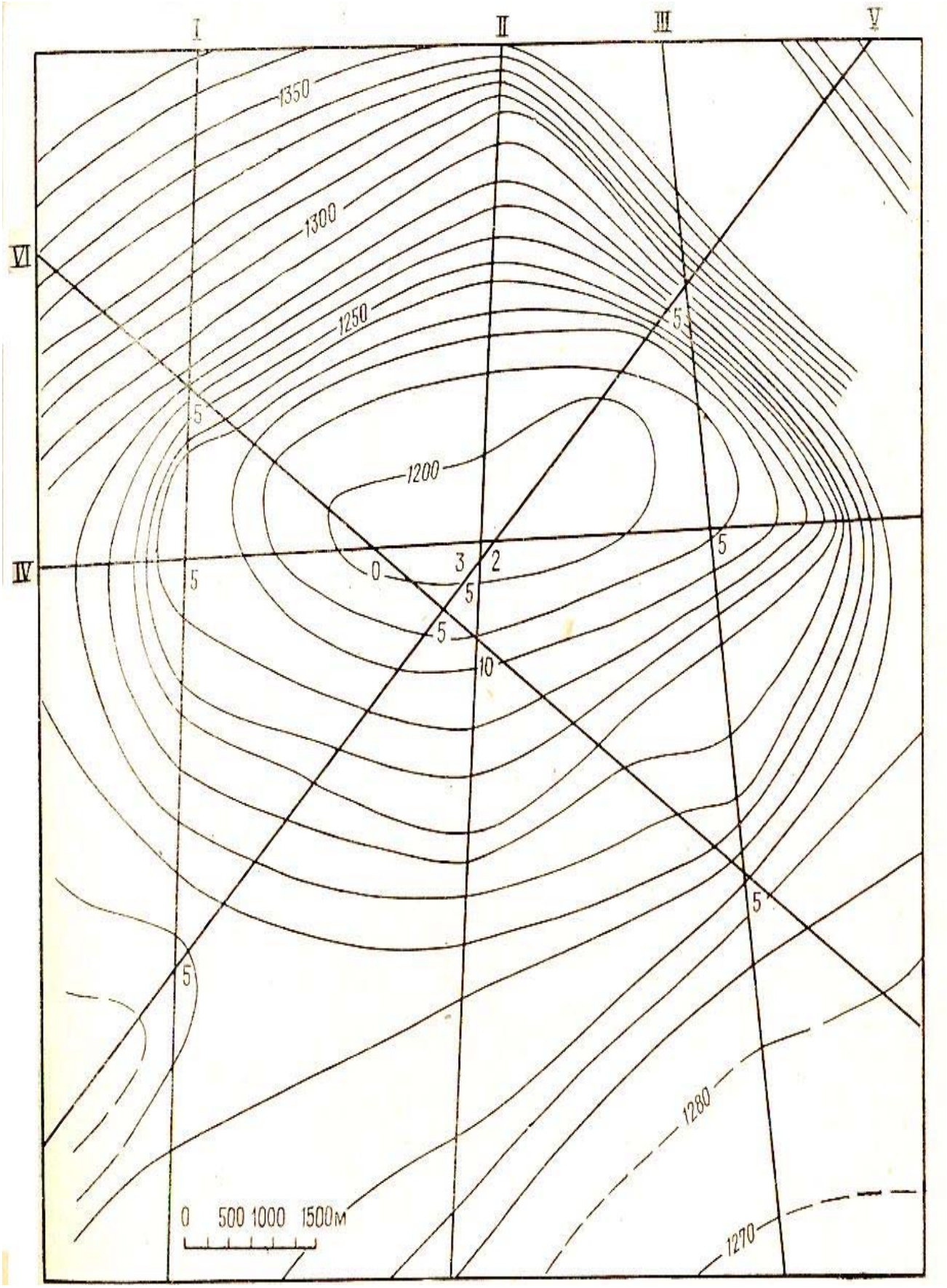

Рис. 9. Структурная карта (в м) по тульскому опорному горизонту в масштабе 1:25000

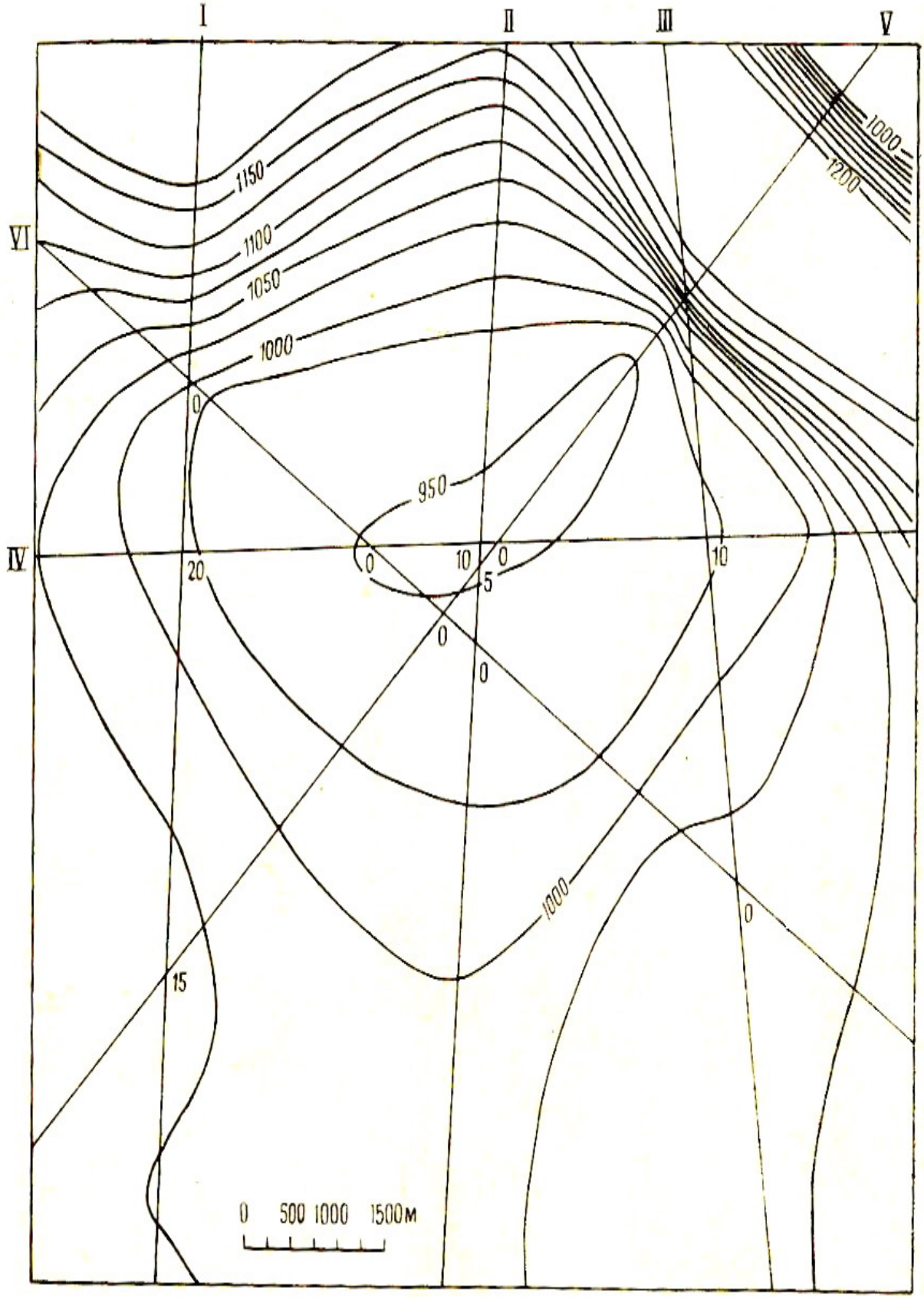

Рис. 10 Структурная карта (в м) по черемшанскому опорному горизонту в масштабе 1:25000

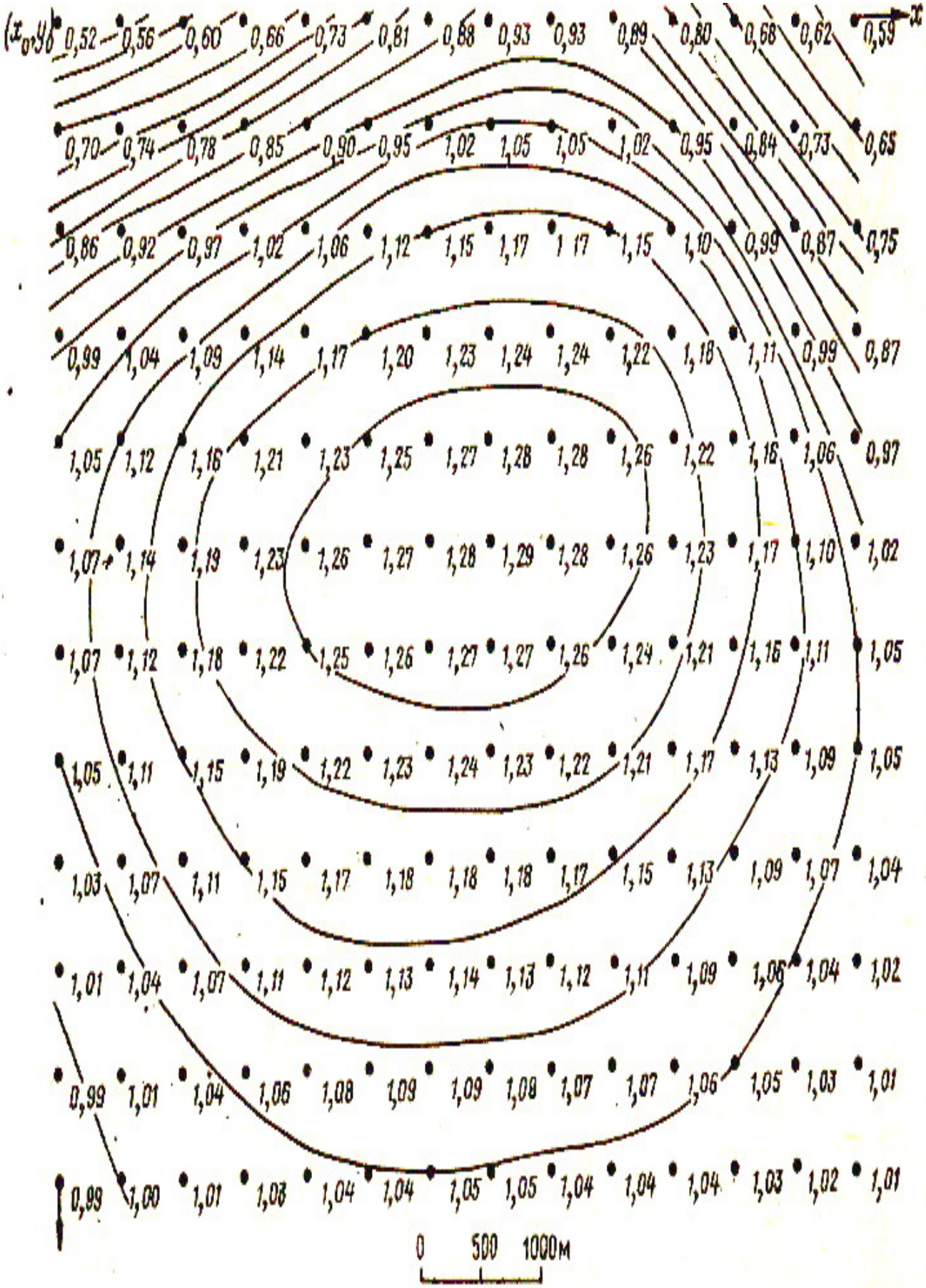

Рис. 11. Карта изоаномал (в мгал) гравитационного эффекта от структуры по черемшанскому горизонту в масштабе 1:25000

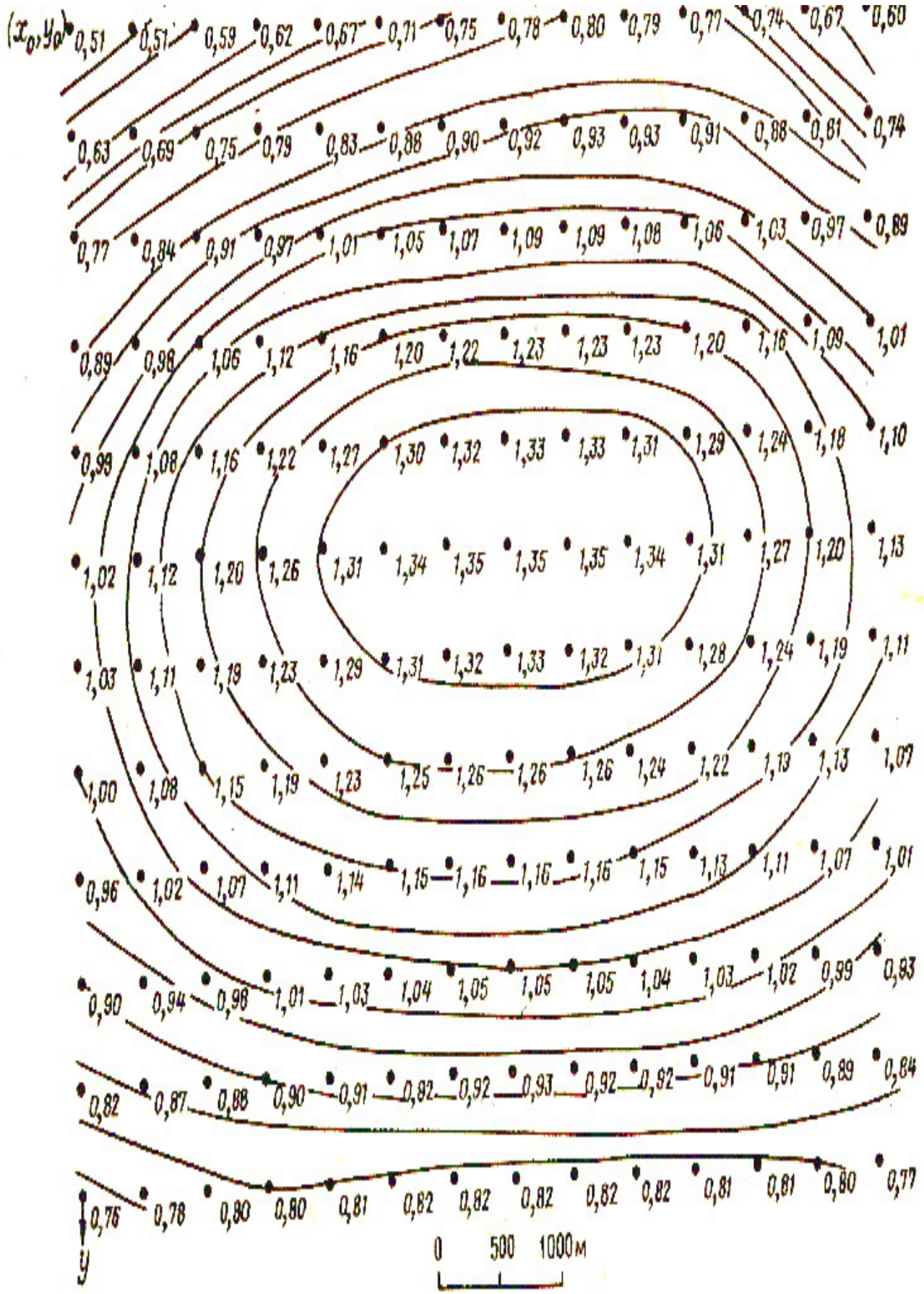

Рис. 12. Карта изоаномал (в мгал) гравитационного эффекта от структуры по тульскому горизонту в масштабе 1:25000

ВАРИАНТ 2

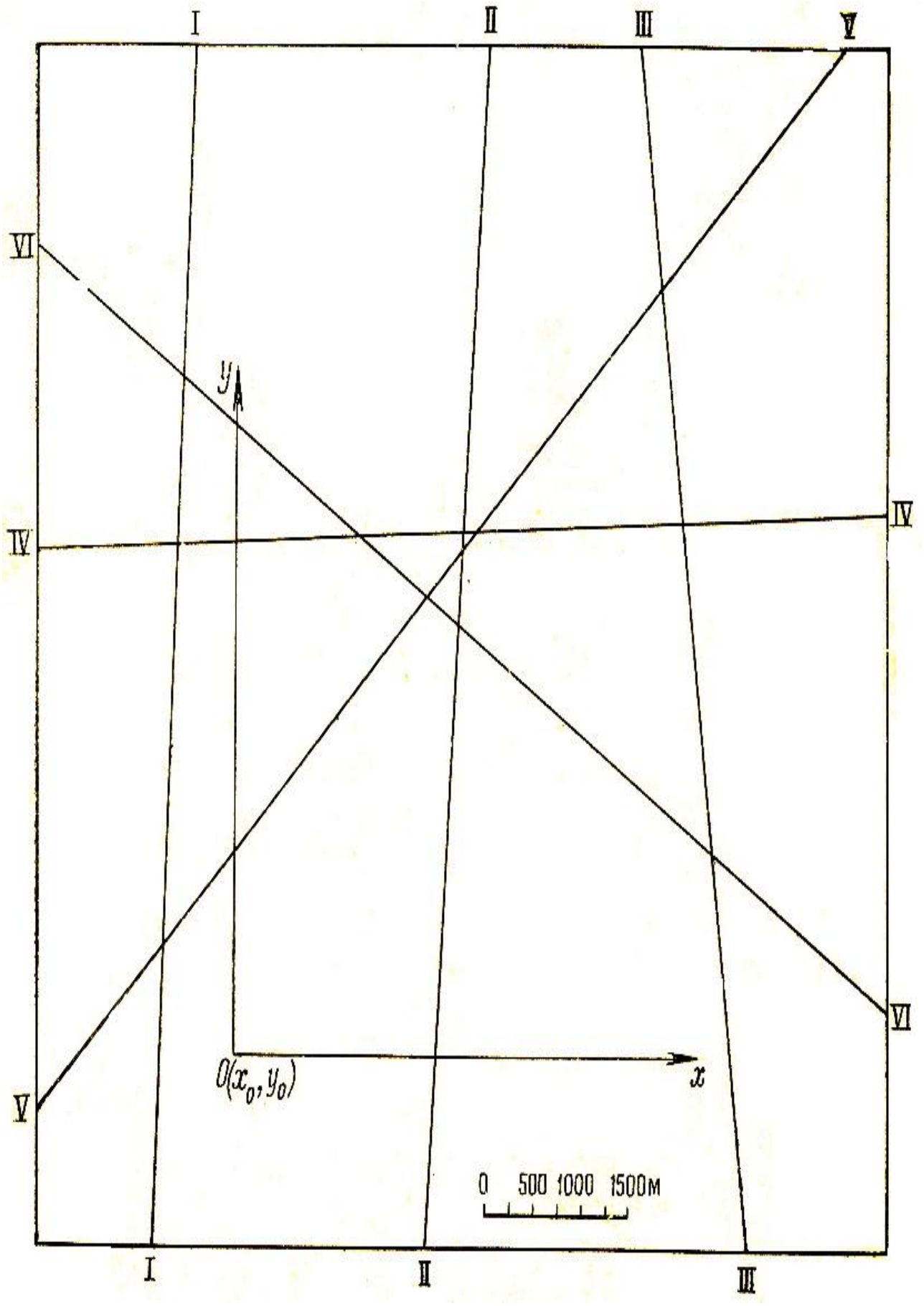

Рис. 13. Схема расположения сейсмических профилей в масштабе 1:25000

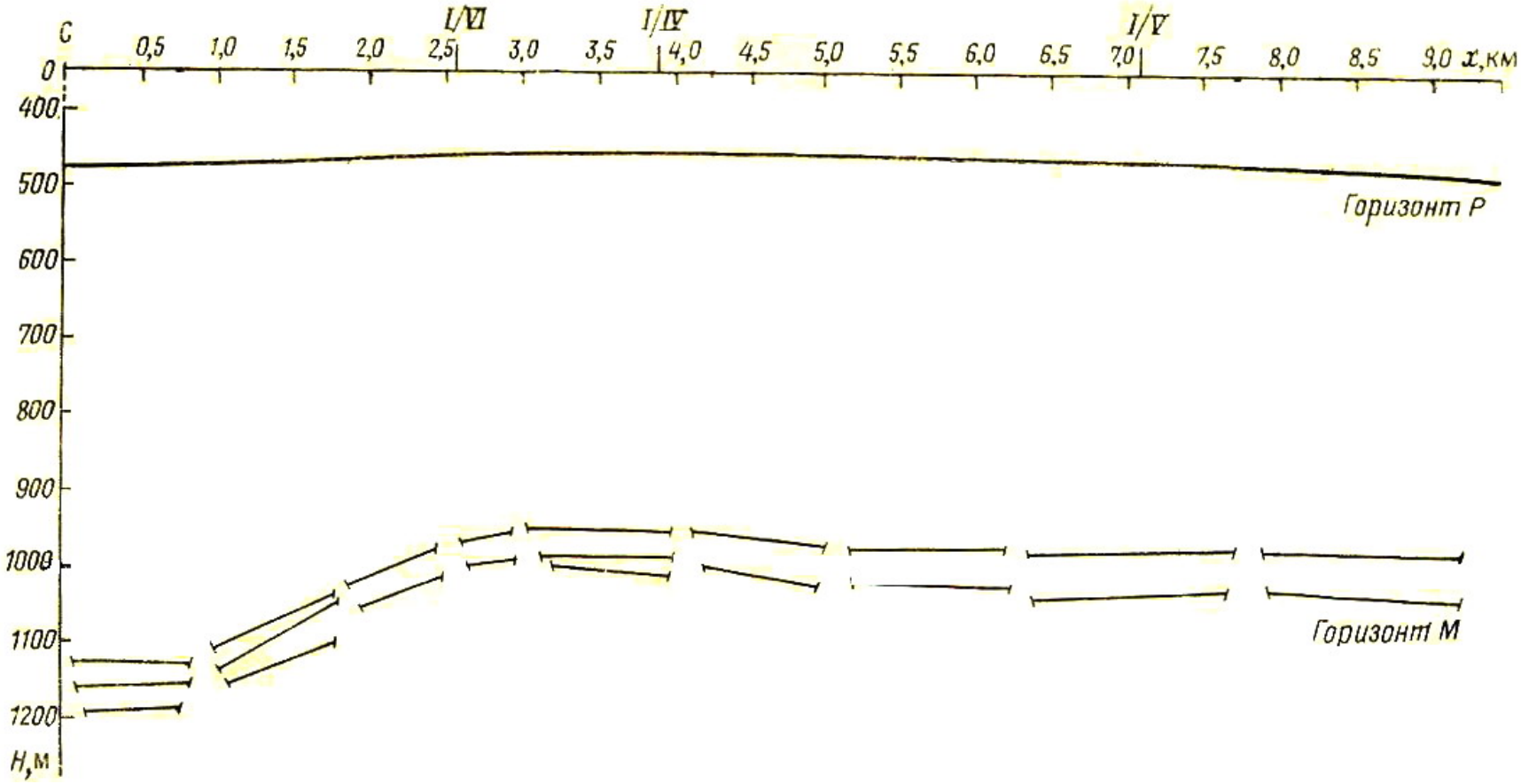

Рис. 14. Сейсмический разрез по профилю I в масштабе 1: 25000

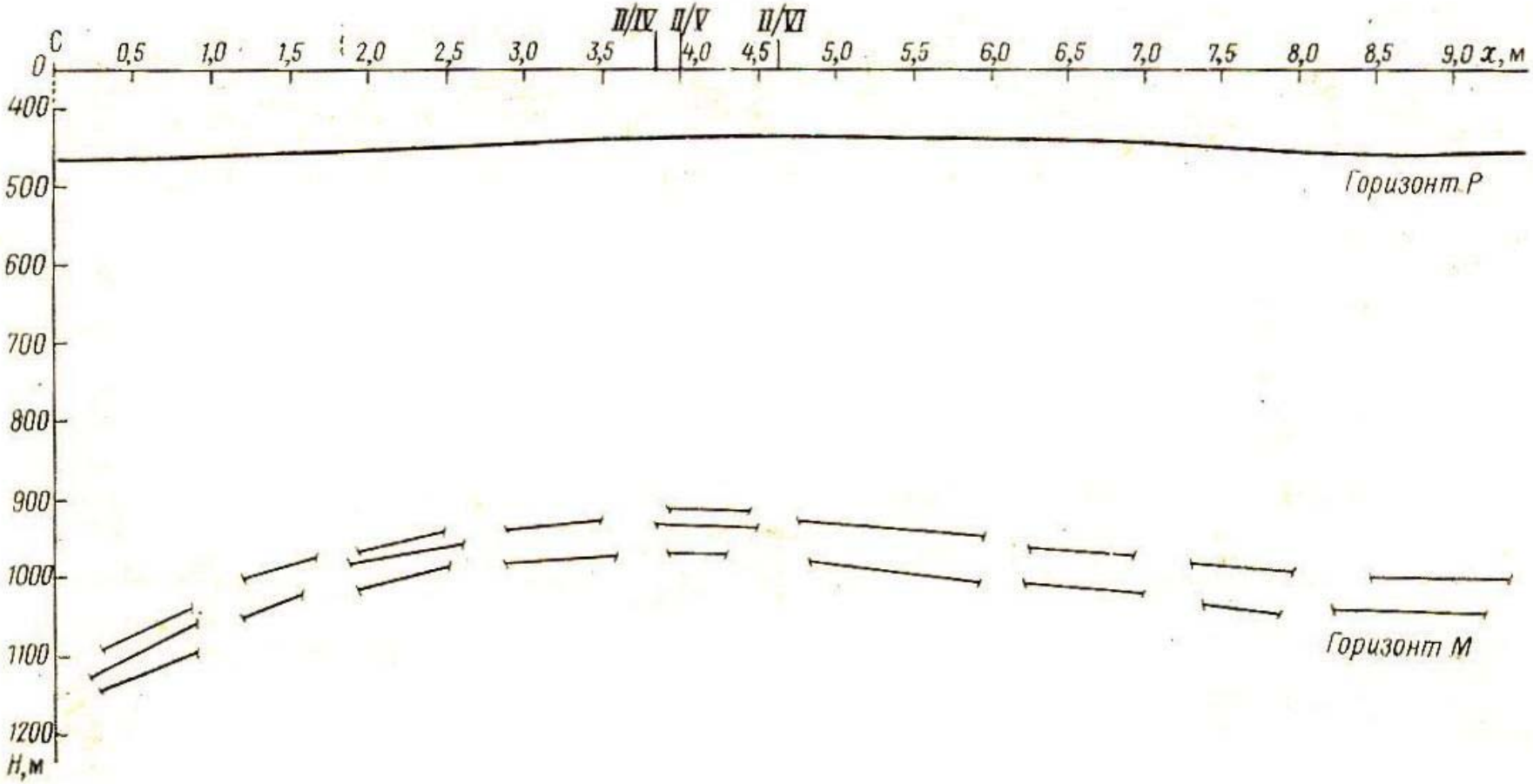

Рис. 15. Сейсмический разрез по профилю II в масштабе 1: 25000

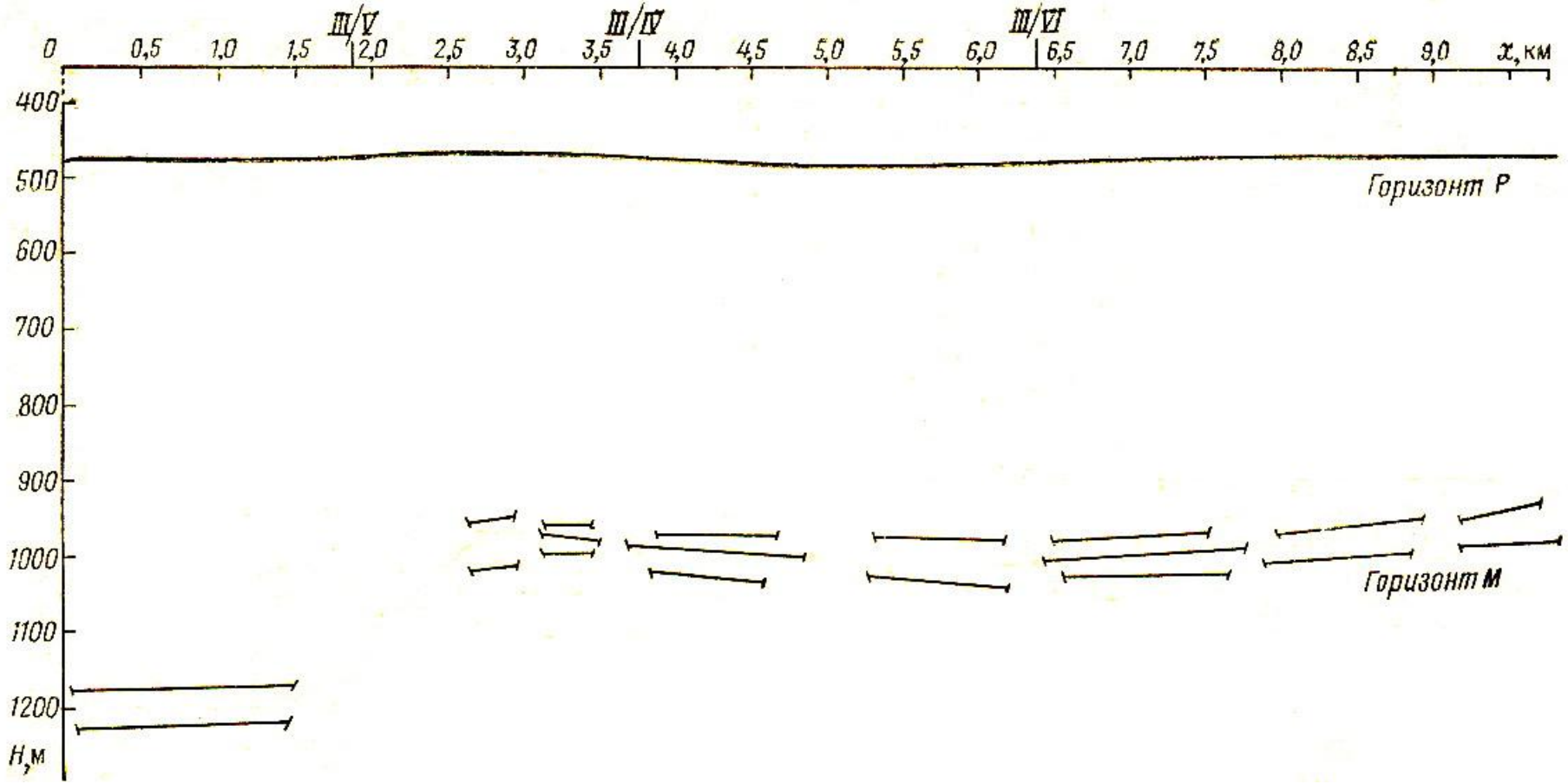

Рис. 16. Сейсмический разрез по профилю III в масштабе 1: 25000

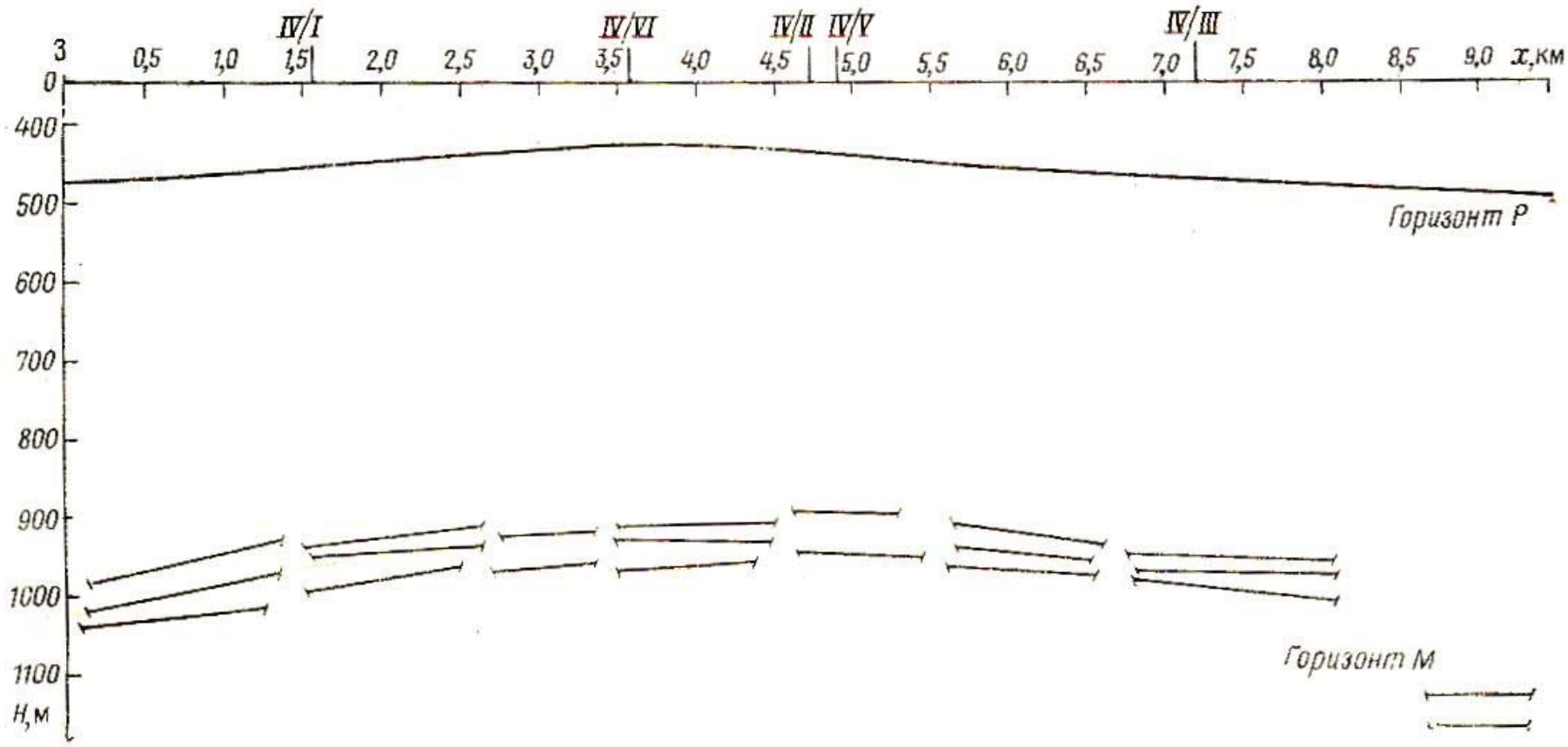

Рис. 17. Сейсмический разрез по профилю IV в масштабе 1: 25000

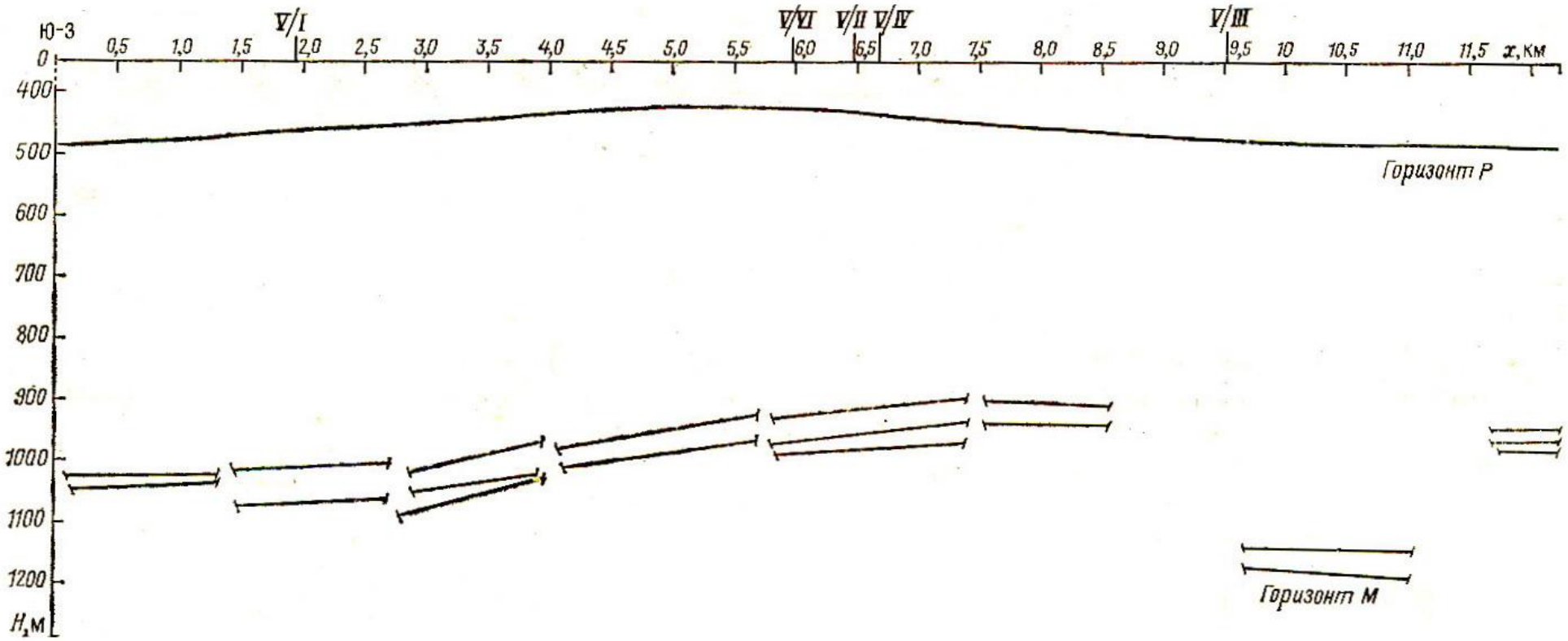

Рис. 18. Сейсмический разрез по профилю V в масштабе 1: 25000

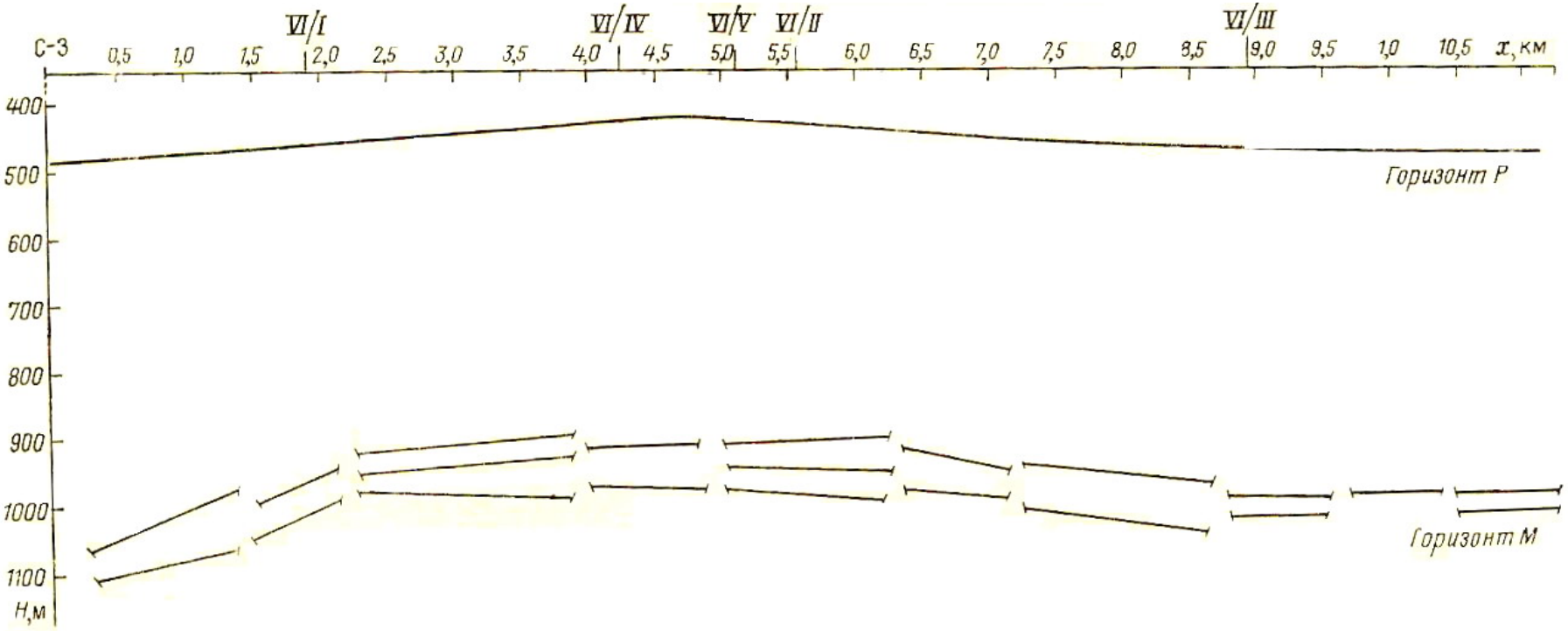

Рис. 19. Сейсмический разрез по профилю VI в масштабе 1: 25000

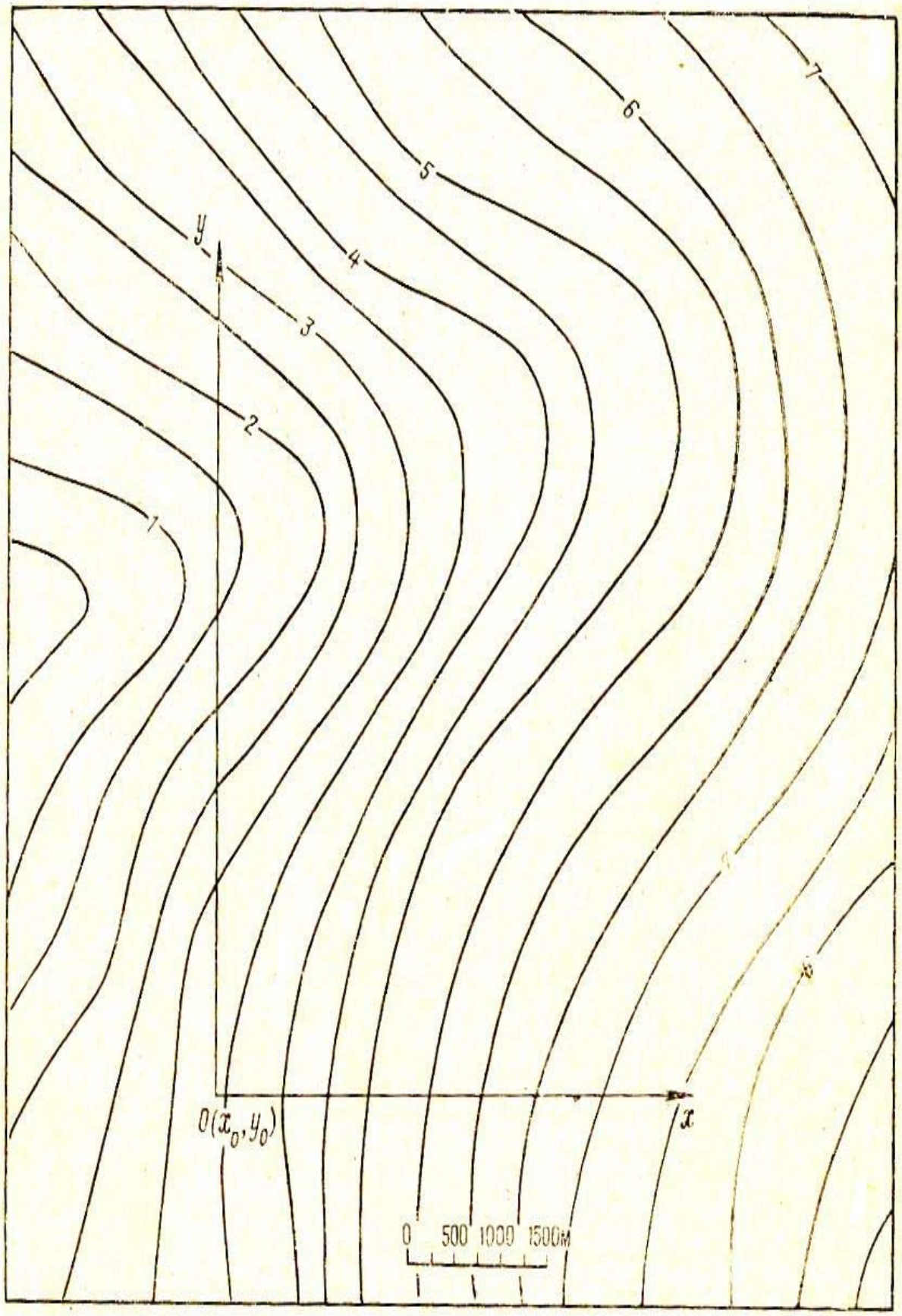

Рис. 20. Карта аномалий силы тяжести в редукции Буге в масштабе 1:25000

ВАРИАНТ 3

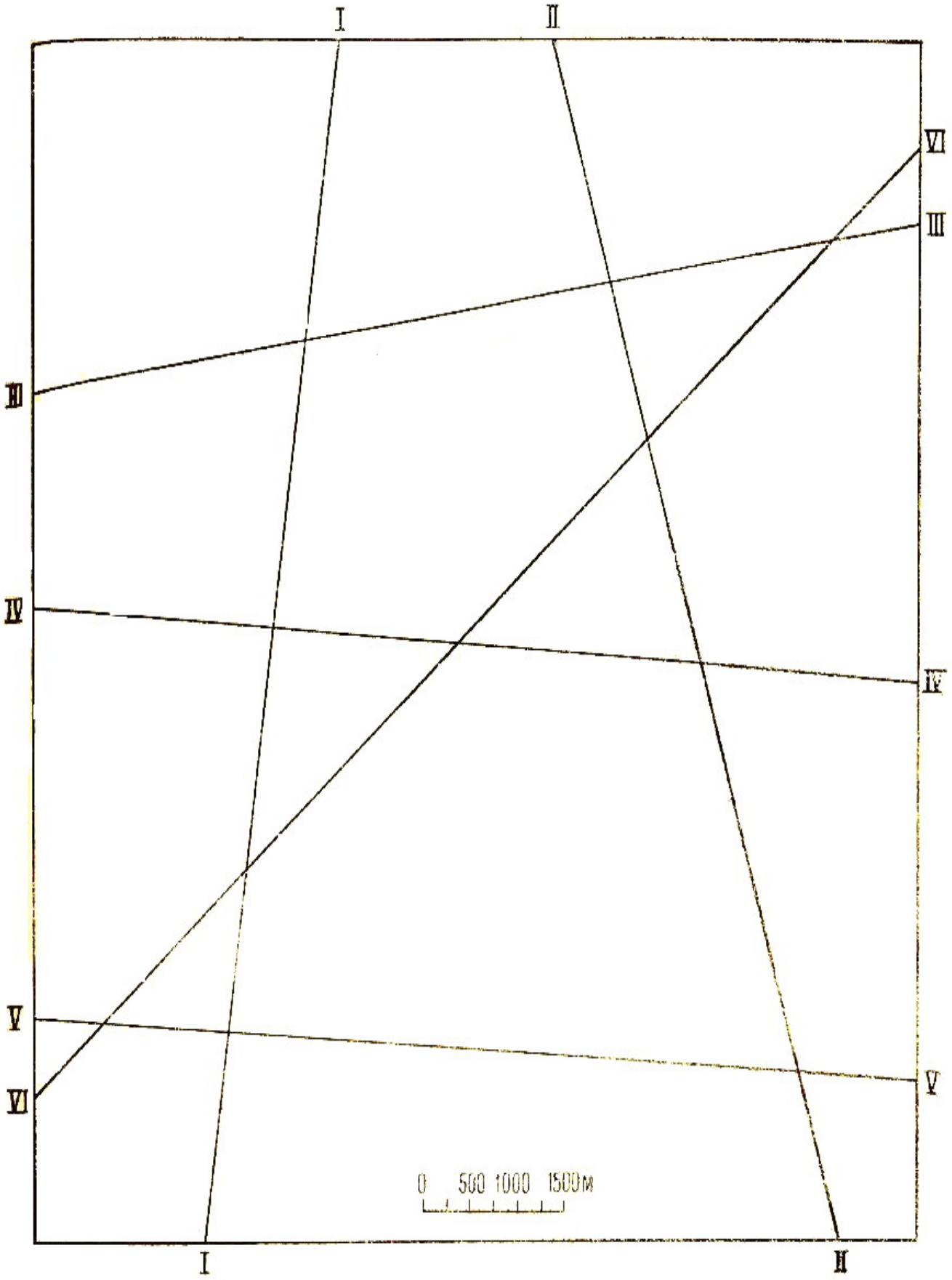

Рис. 21. Схема расположения сейсмических профилей в масштабе 1:25000

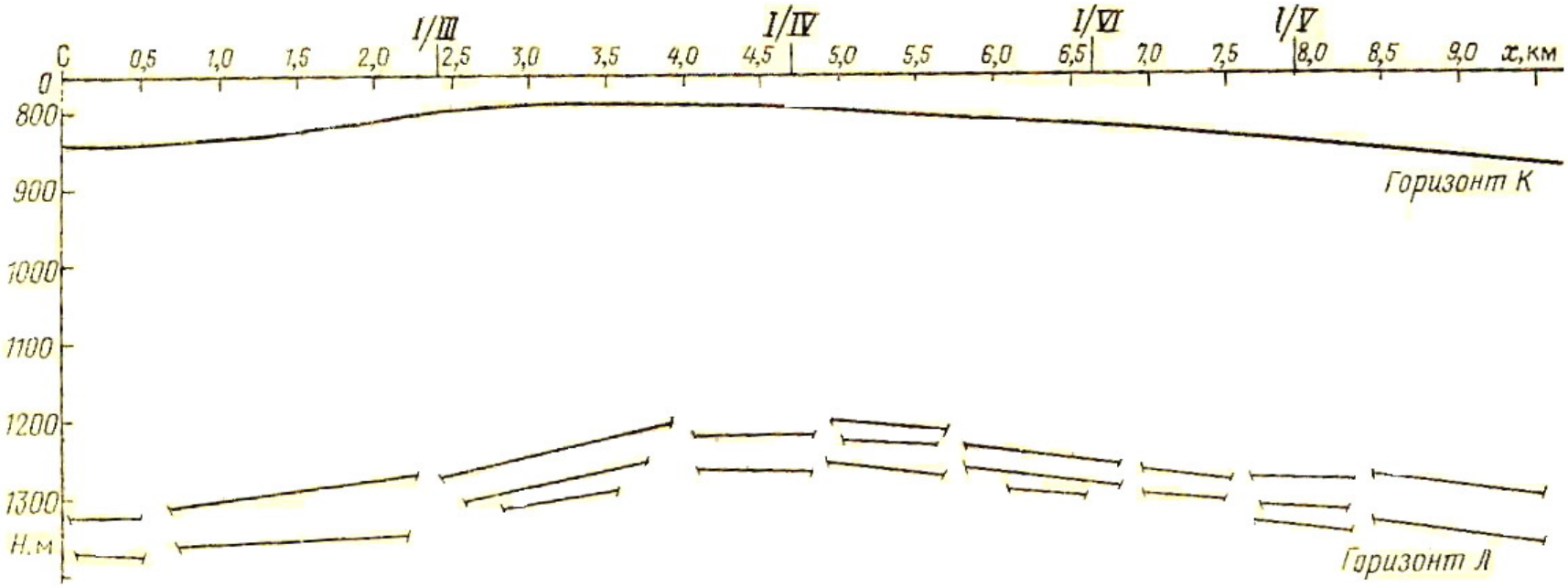

Рис. 22. Сейсмический разрез по профилю I в масштабе 1: 25000

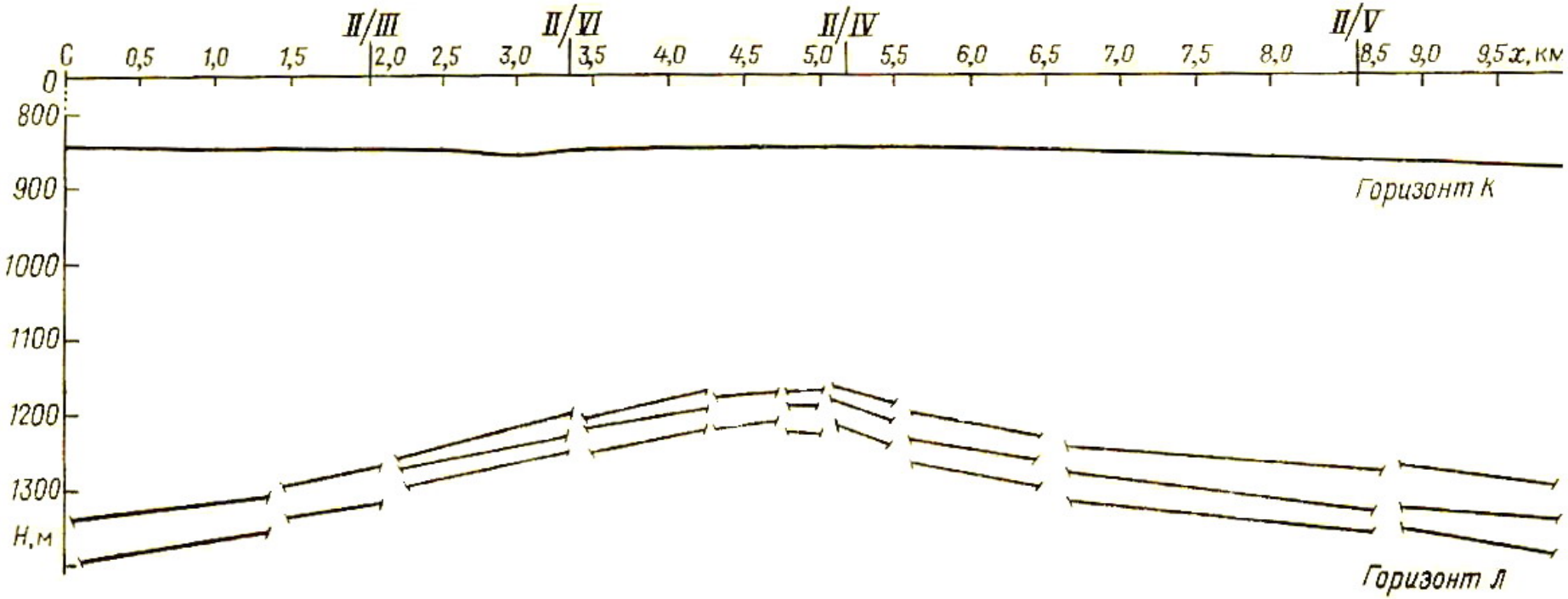

Рис. 23. Сейсмический разрез по профилю II в масштабе 1: 25000

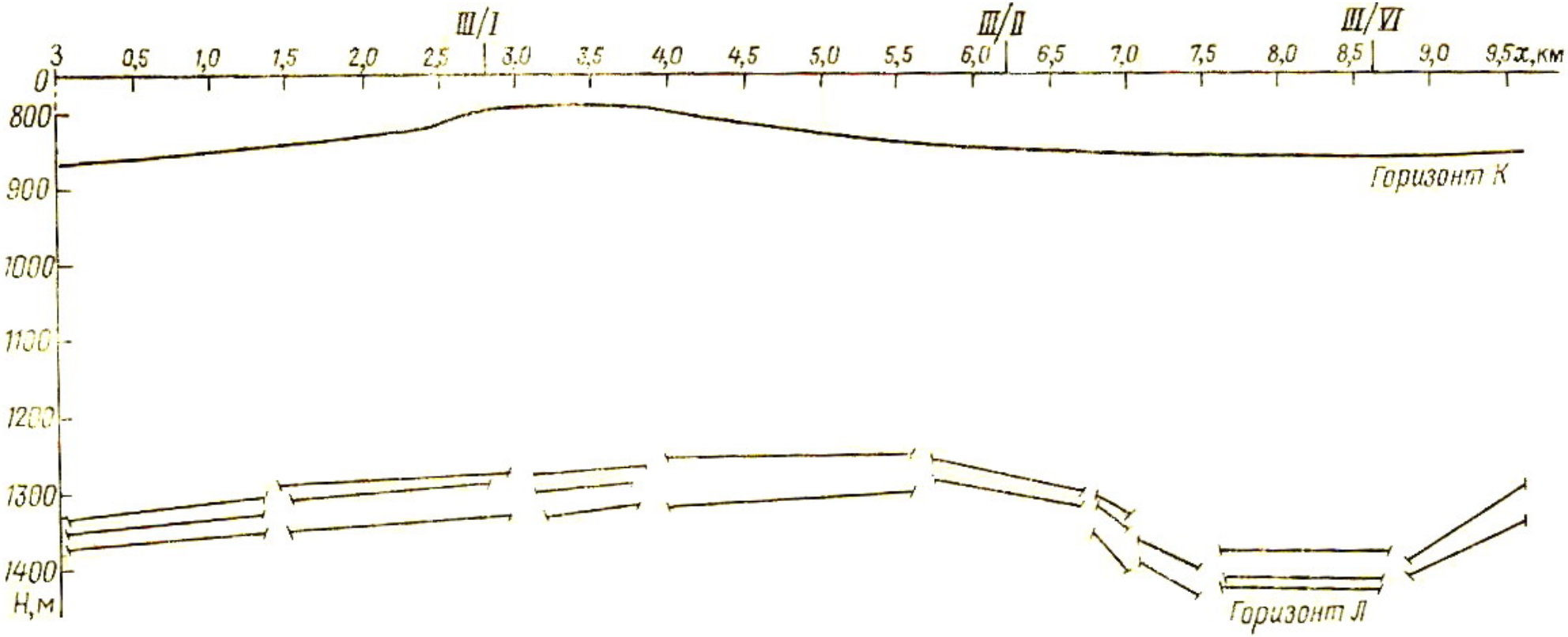

Рис. 24. Сейсмический разрез по профилю III в масштабе 1: 25000

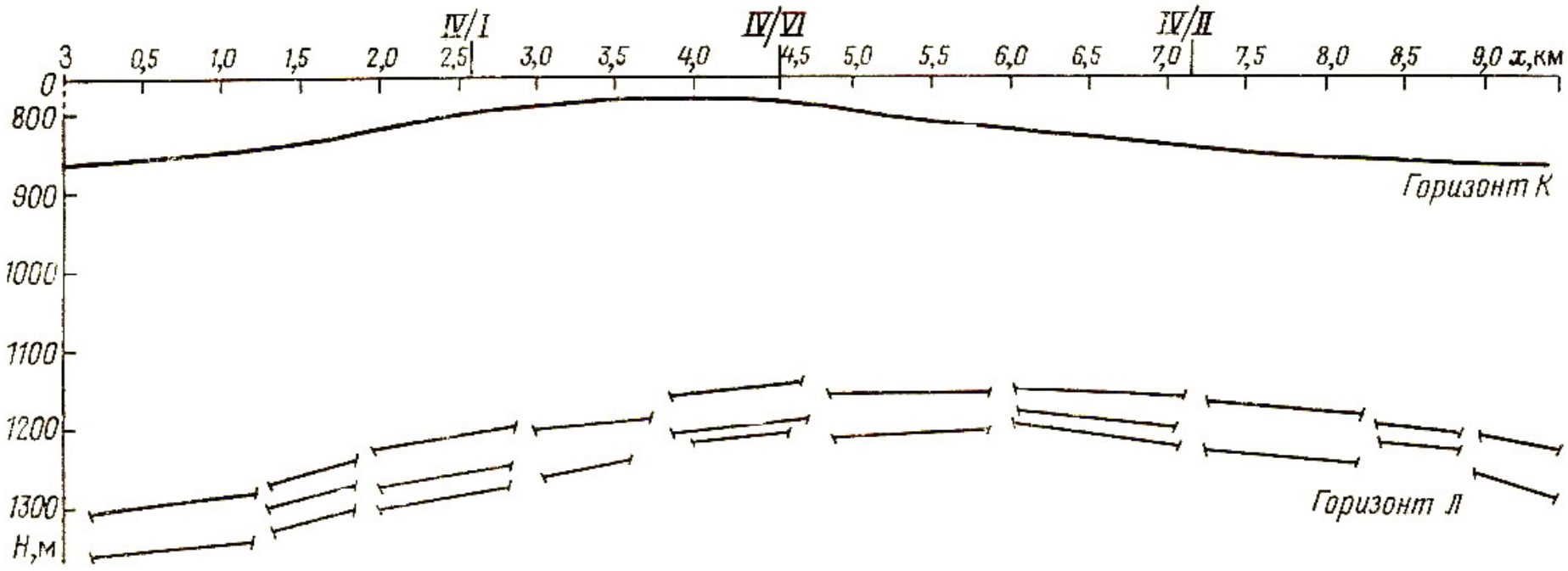

Рис. 25. Сейсмический разрез по профилю IV в масштабе 1: 25000

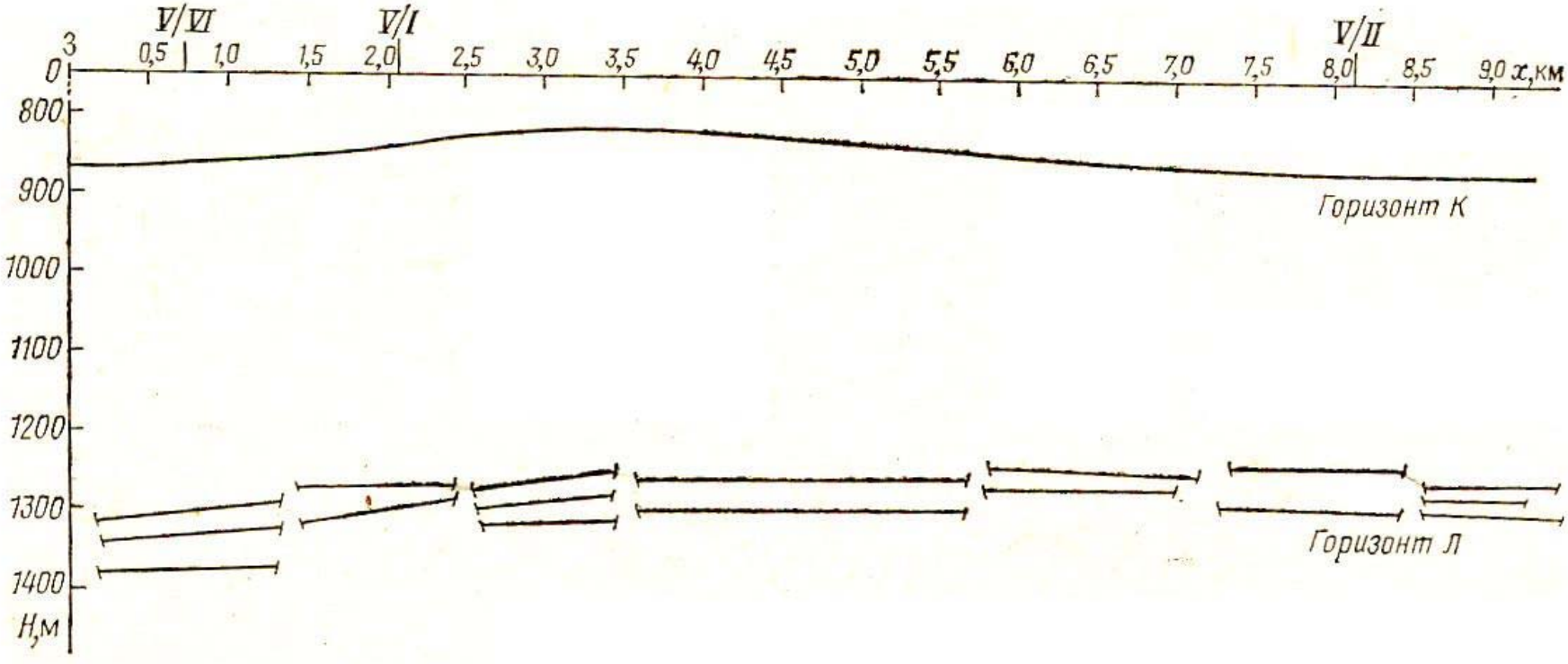

Рис. 26. Сейсмический разрез по профилю V в масштабе 1: 25000

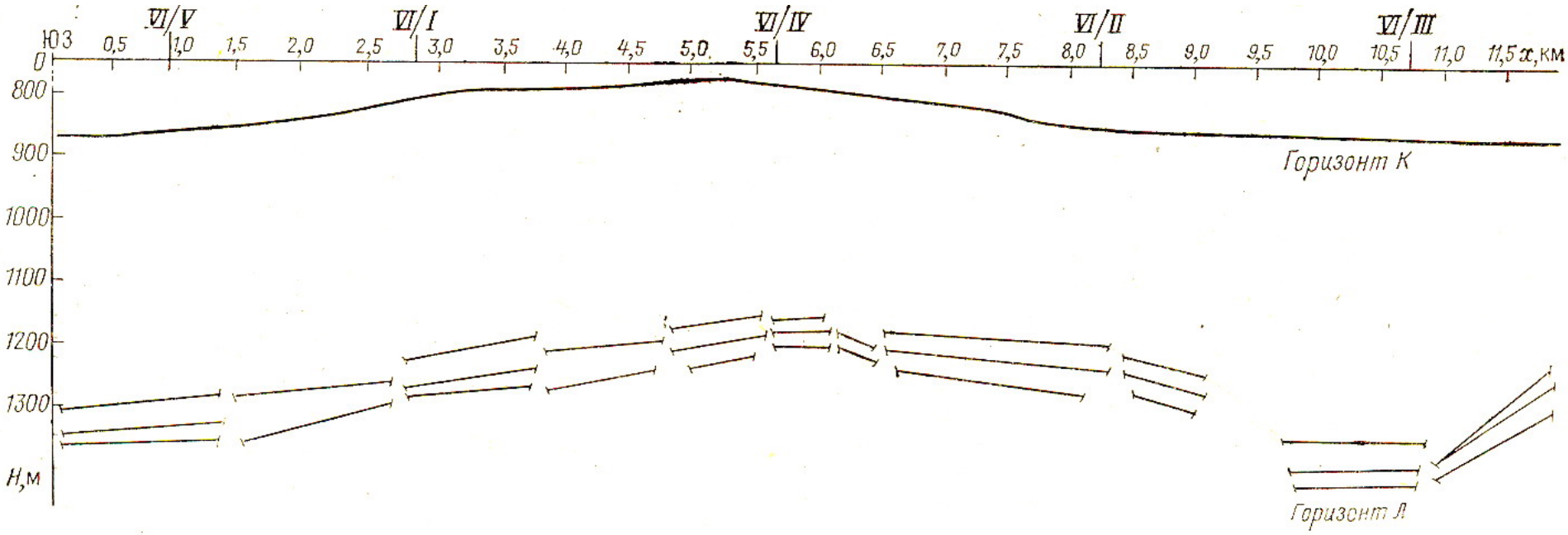

Рис. 27. Сейсмический разрез по профилю VI в масштабе 1: 25000

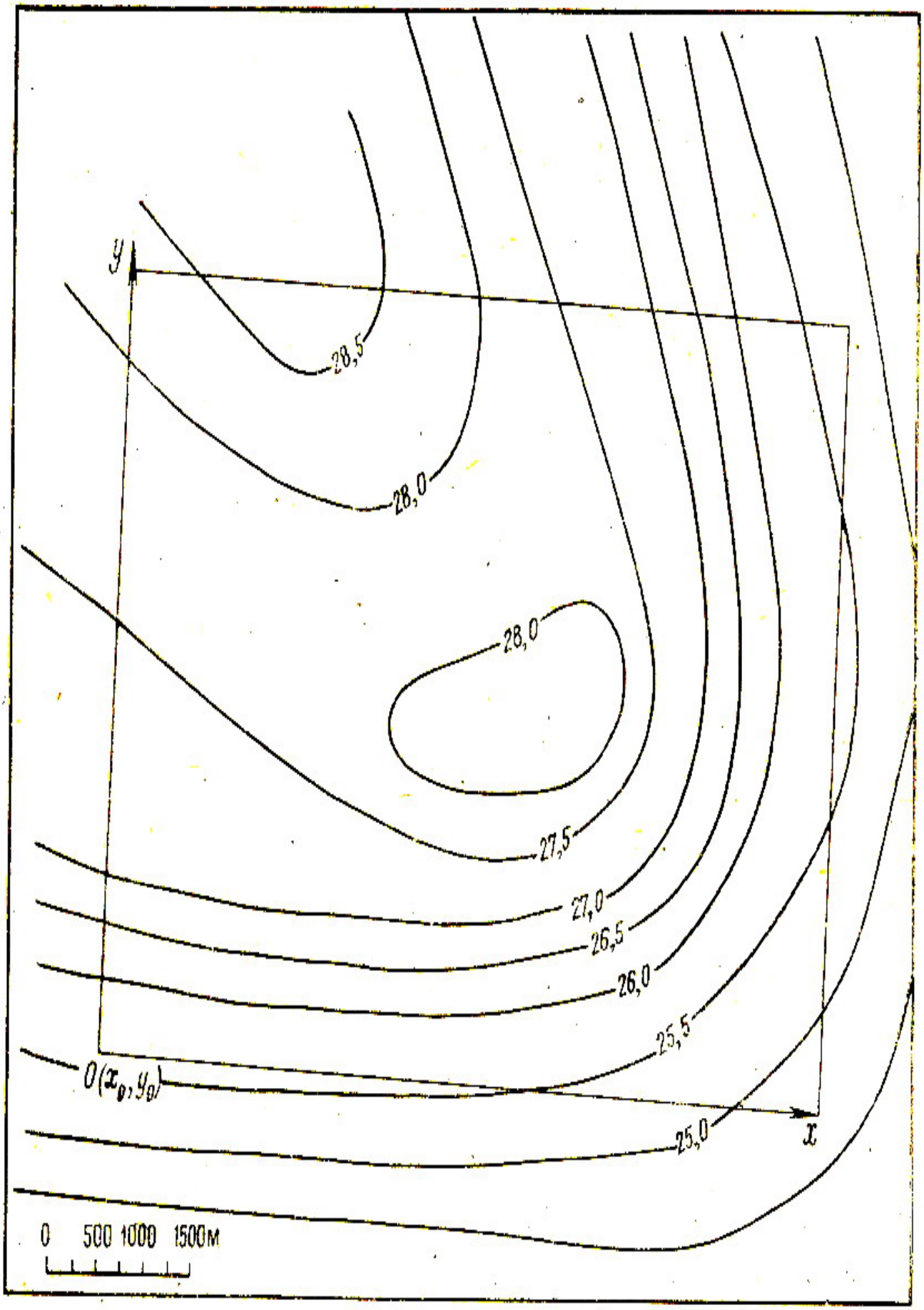

Рис. 28. Карта аномалий силы тяжести в редукции Буге в масштабе 1:25000

ВАРИАНТ 4

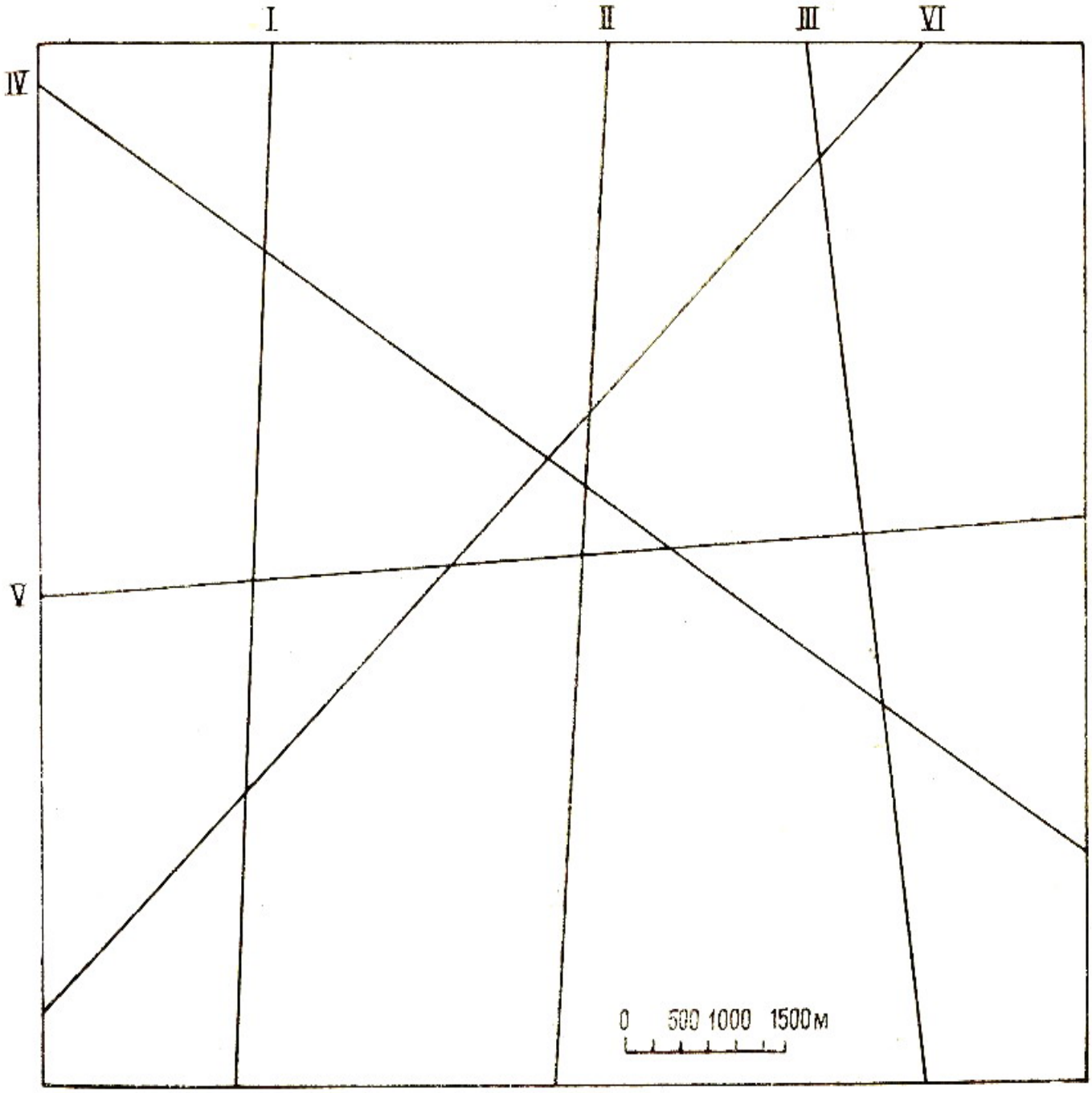

Рис. 29. Схема расположения сейсмических профилей в масштабе 1:25000

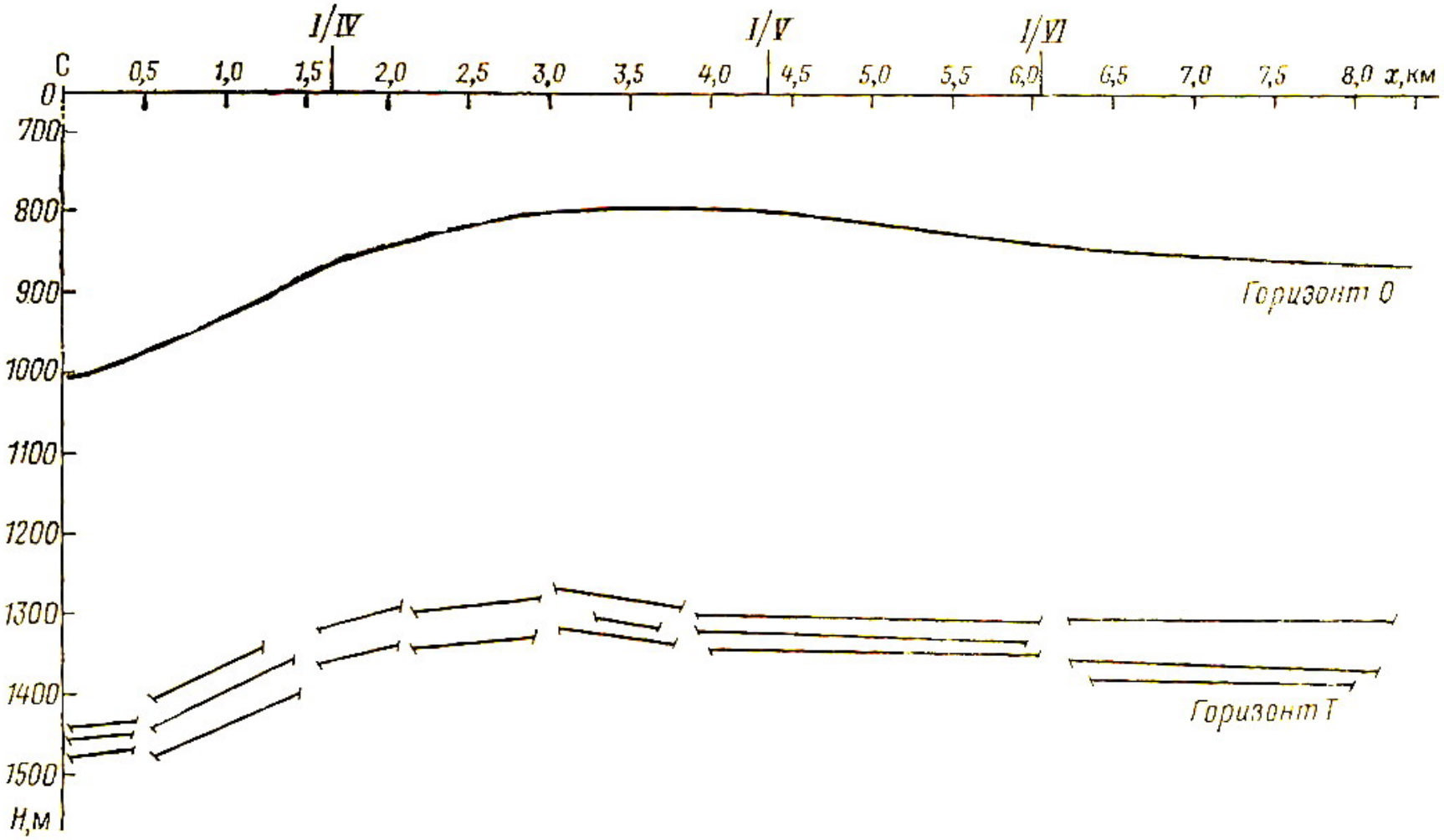

Рис. 30. Сейсмический разрез по профилю I в масштабе 1: 25000

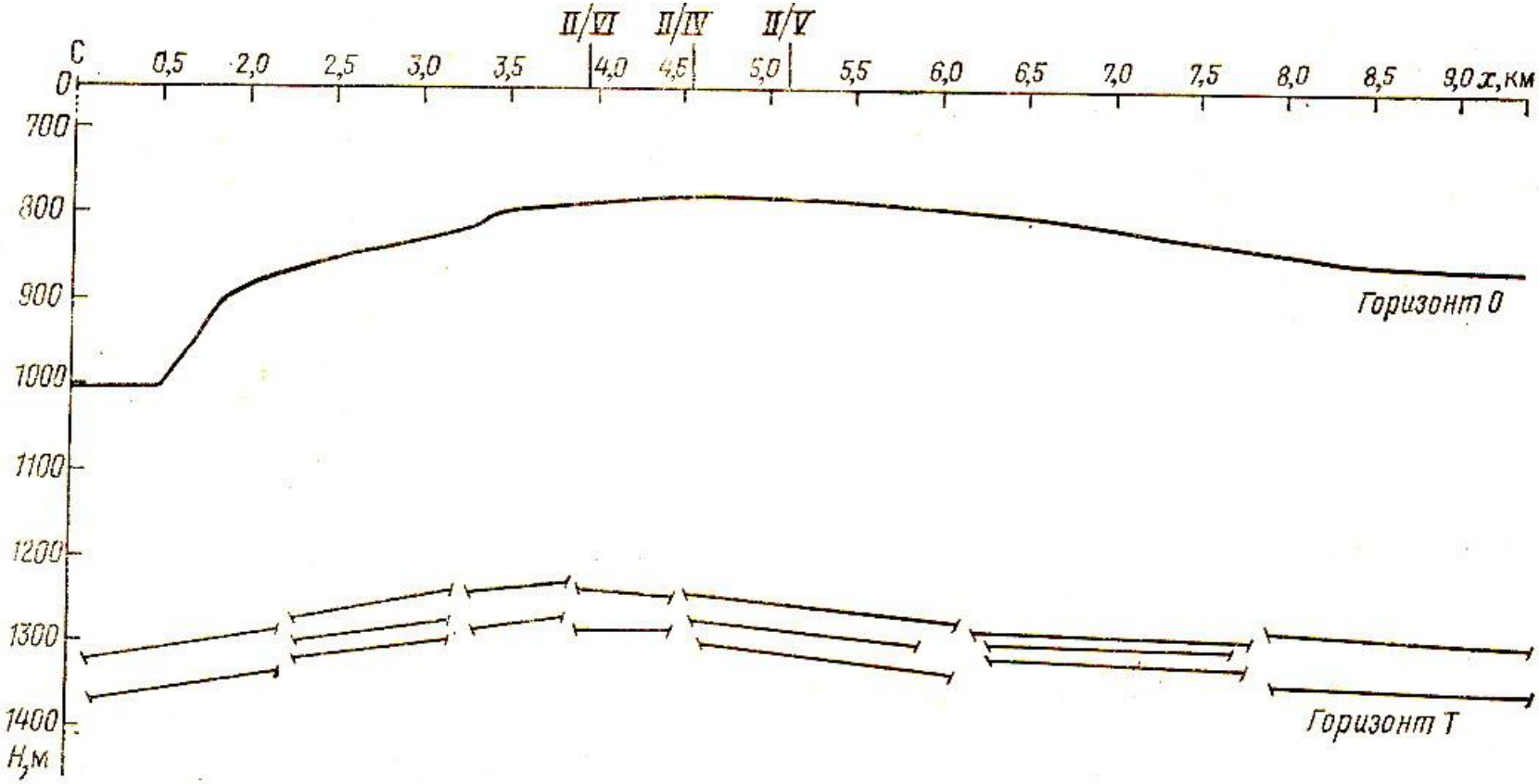

Рис. 31. Сейсмический разрез по профилю II в масштабе 1: 25000

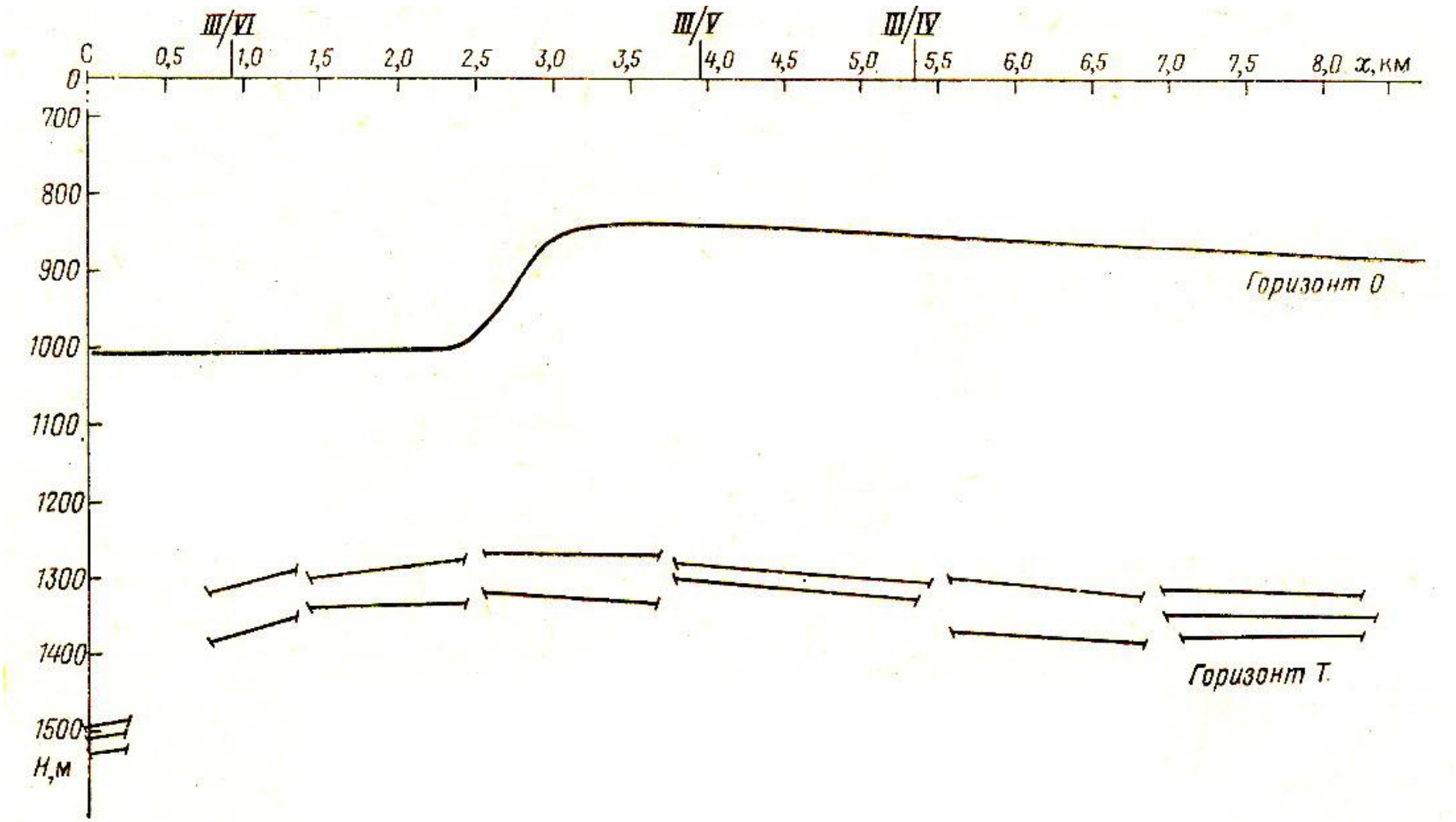

Рис. 32. Сейсмический разрез по профилю III в масштабе 1: 25000

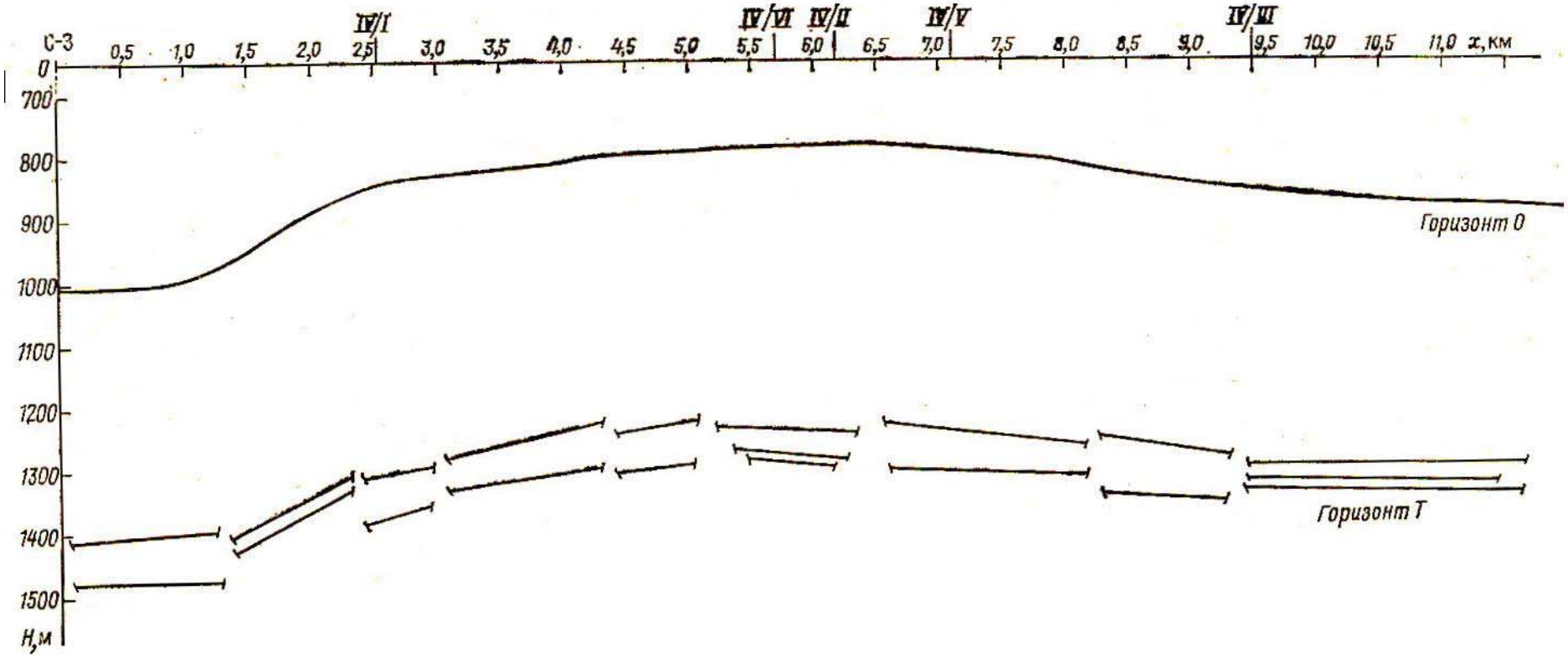

Рис. 33. Сейсмический разрез по профилю IV в масштабе 1: 25000

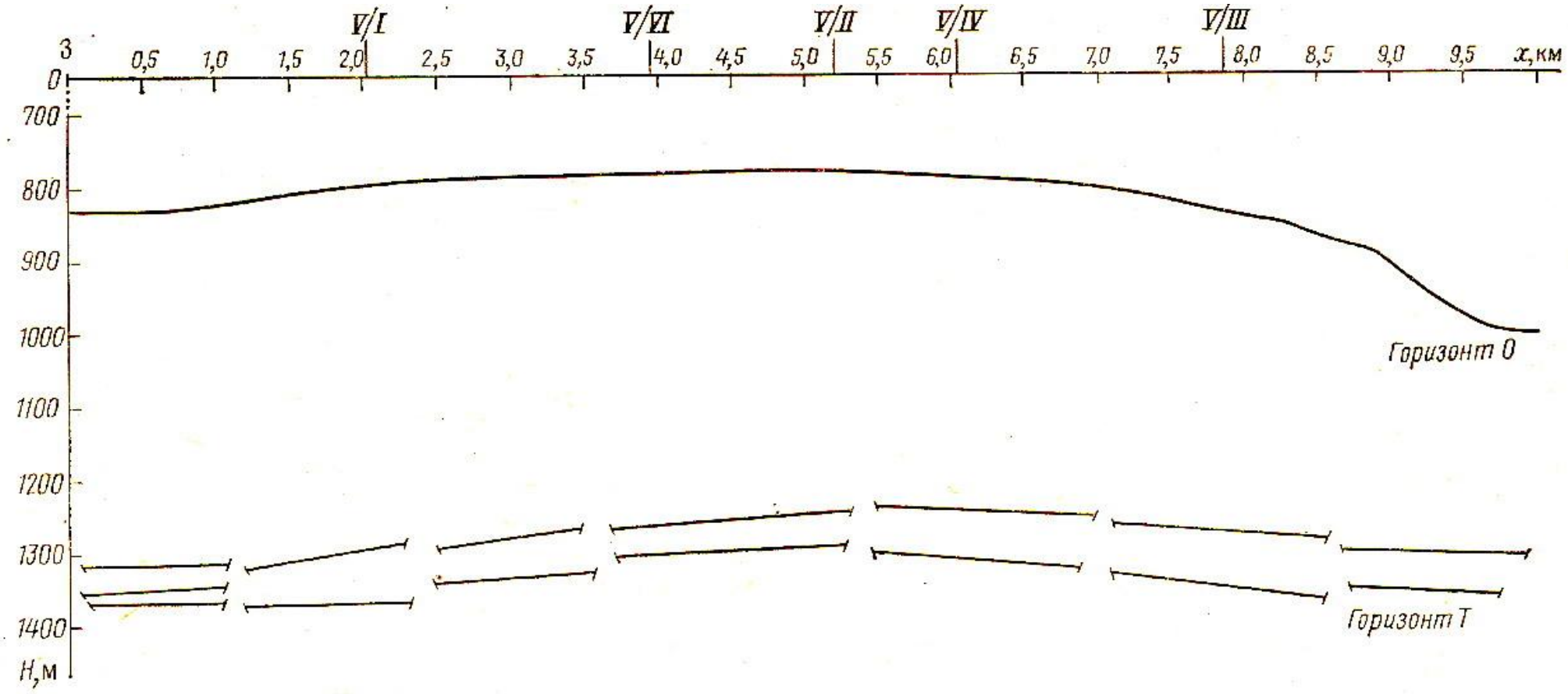

Рис. 34. Сейсмический разрез по профилю V в масштабе 1: 25000

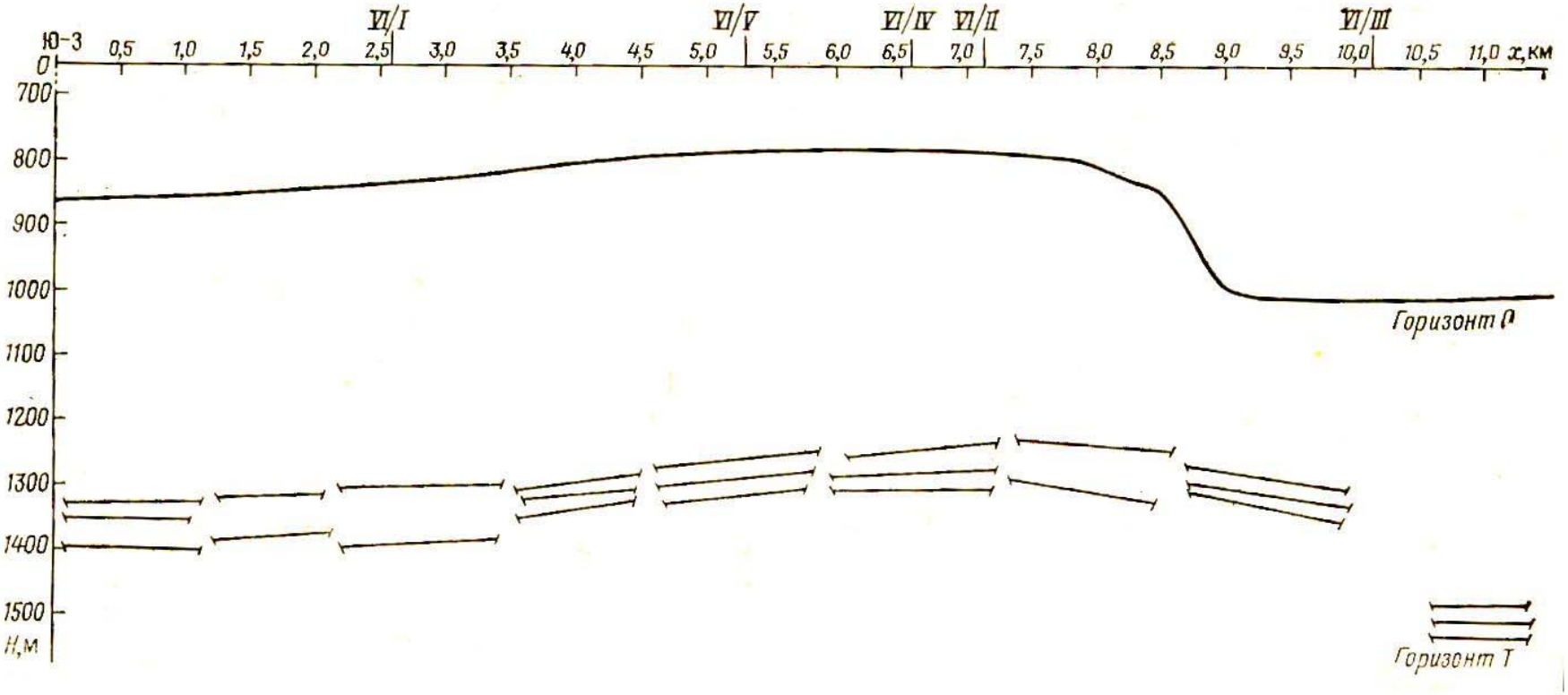

Рис. 35. Сейсмический разрез по профилю VI в масштабе 1: 25000

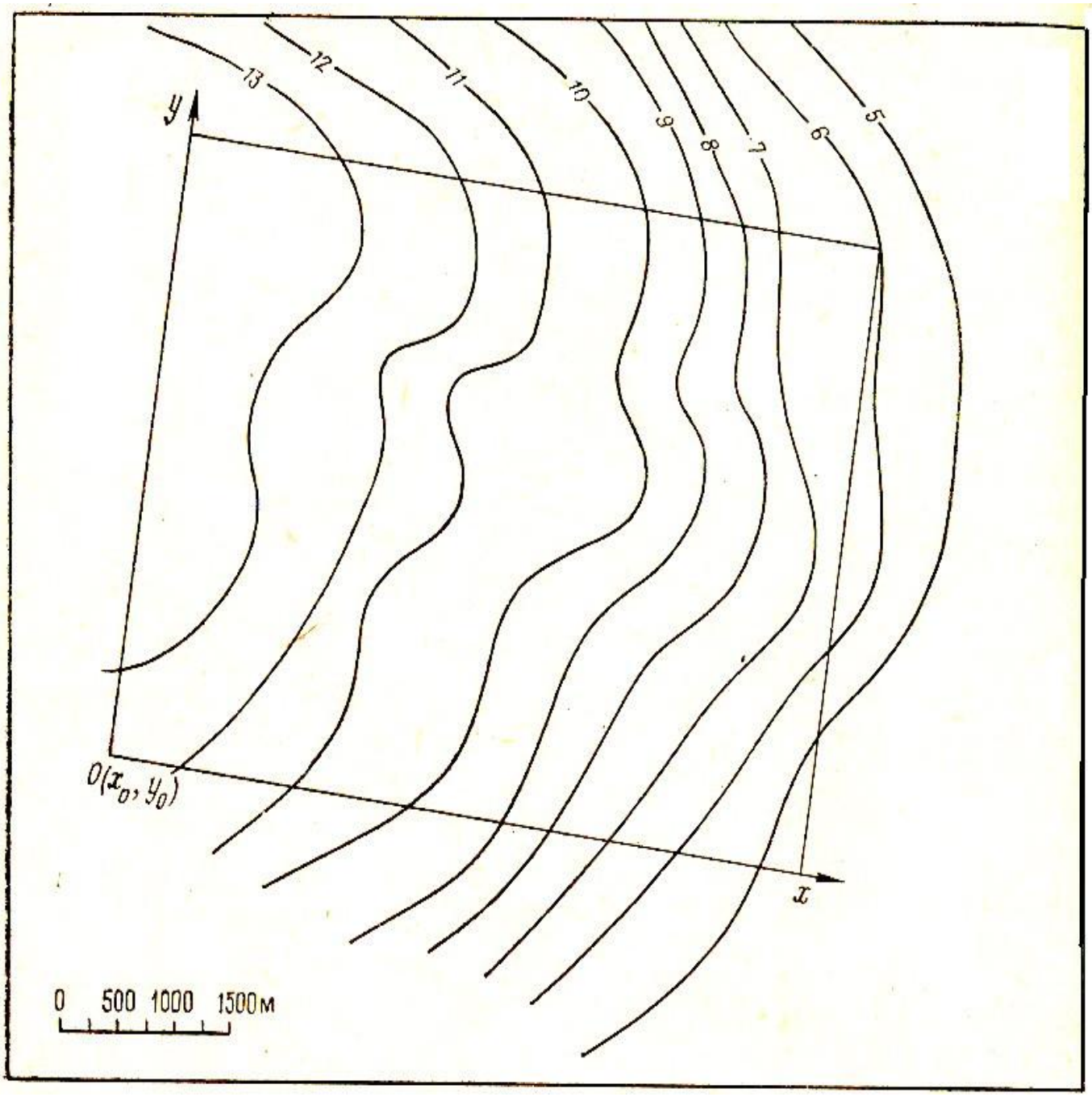

Рис. 36. Карта аномалий силы тяжести в редукции Буге в масштабе 1:25000