

путем подбора цвета, крапа, прозрачности и пр., с целью придания модели большей наглядности [1-4].

Результаты исследований подтверждают, что построение трехмерных компьютерных моделей рудных объектов значительно облегчает процесс их исследования. При этом достигается наиболее полная реализация привлекаемой геолого-геофизической информации и существенно упрощается выявление важнейших особенностей их геологического строения. С практической точки зрения, наиболее эффективны постоянно действующие структурно-геологические и геолого-технологические объемные модели месторождений, которые последовательно развиваются по мере получения новых данных на всех стадиях изучения и эксплуатации месторождений, вплоть до полной отработки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Аузин А.А., Глазнев В.В. Компьютерное геолого-математическое моделирование: проблемы и возможности // Вестн. Воронеж. ун-та. Сер. геол. -2001. -№11. -С.199-204.
2. Аузин А.А., Глазнев В.В. Объемные цифровые модели геологических объектов и некоторые проблемы их создания // Геофизика. -2000. -№5. -С.40-43.
3. Аузин А.А., Глазнев В.В. Трехмерное компьютерное моделирование при геологическом доизучении площадей (ГДП-200) // Геоинформатика. -2001. -№1. -С.35-41.
4. Глазнев В.В. Система для создания трехмерных моделей геологических объектов // Вестн. Воронеж. ун-та. Сер. геол. -2000. -№8. -С.205-207.
5. Аронов В.И. Трехмерная аппроксимация как проблема обработки, моделирования и интерпретации геофизических и геологических данных // Геофизика. -2000. -№4. -С.21-25.
6. Каждан А.Б., Гусков О.И., Шиманский А.А. Математическое моделирование в геологии и разведке полезных ископаемых. - М., -1979. -168 с.
7. Кашик А.С., Голосов С.В. Система комплексной интерпретации и динамической визуализации геофизических данных // Информационный бюллетень ГИС-ассоциации. -2000. -№2(24). -С.8-10.
8. Регламент по созданию постоянно действующих геолого-технологических моделей нефтяных и газонефтяных месторождений: РД 153-39.0-047-00. -М.,-2000. -63 с.
9. Временные требования к организации и производству объемного геологического картирования. -Л., 1991. -57с.
10. Методические рекомендации по геофизическому обеспечению геологосъемочных работ масштаба 1:200000. -СПб., 2000. -240 с.

УДК 550.831

РЕДУЦИРОВАНИЕ НАБЛЮДЕННЫХ ЗНАЧЕНИЙ СИЛЫ ТЯЖЕСТИ В УСЛОВИЯХ ЮГО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ВОРОНЕЖСКОГО МАССИВА

Ю.В.Антонов, Е.Б.Серебряков, Е.Н.Спиридонова

Воронежский государственный университет

В статье рассмотрены вопросы редуцирования аномалий силы тяжести в условиях равнинного рельефа. Показано, что при наличии горизонтального залегания осадочных отложений над оврагами возможно возникновение ложных аномалий.

Вопросы редуцирования наблюдаемых значений силы тяжести, как правило, имеют первостепенное значение при обработке данных гравиметрических съемок в горной местности. Данной проблеме посвящено огромное количество статей и ряд монографий. Авторы не будут подробно останавливаться и анализировать эту проблему, поэтому и не приводят обширный список литературы. В условиях равнин, каковой является Русская платформа, эта проблема считается не столь значительной. Тем не менее, результаты исследований даже в такой зоне, как Прикаспийская низменность, показали [1,2], что все же надо этот фактор учитывать, хотя может быть и не в такой степени, как в горах. В условиях расчлененного равнинного рельефа стандартная обработка наблюдений силы тяжести не избавляет ин-

терпретируемые аномалии от так называемых ложных аномалий, сопоставимых с объектами поиска и обусловленных разновысотностью точек наблюдений. Основным источником этих помех являются интенсивные региональные аномалии, вертикальный градиент которых при наблюдениях на рельефе проявляется в виде ложных локальных аномалий. Для исключения ложных аномалий этого типа в условиях Воронежской антеклизы нами опробована следующая методика обработки интерпретации измерений силы тяжести.

Редуцирование гравиметрических наблюдений ведется по формуле

$$\Delta g = g_{\text{набл}} - g_0 + 0,3086H - 0,0419\sigma H,$$

где Δg – аномальные значения силы тяжести; $g_{\text{набл}}$ – наблюдаемые значения силы тяжести; g_0 – нормаль-

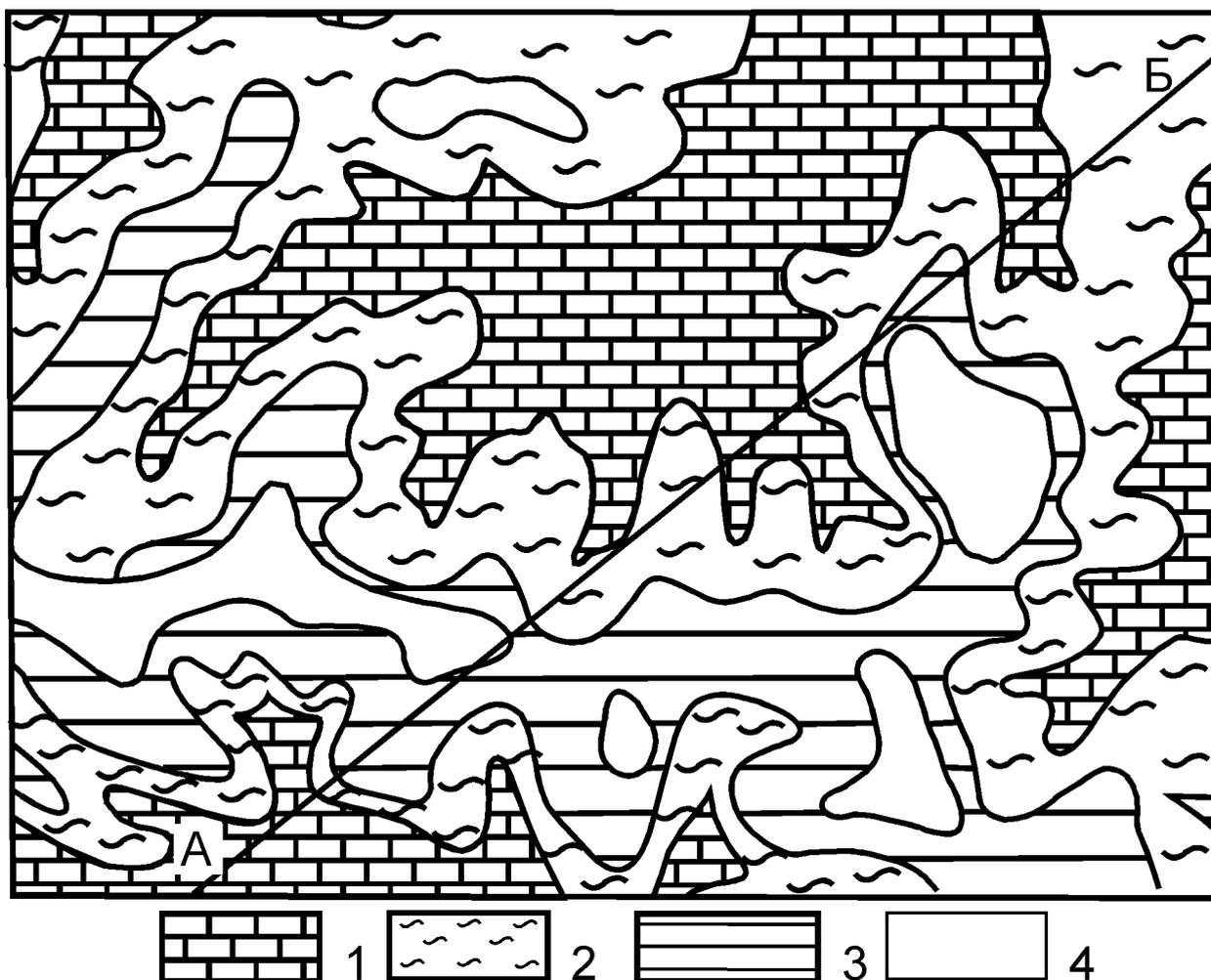


Рис. 1. Геологическая карта участка гравиметрической съемки: 1 - верхнемеловые отложения (писчий мел); 2 - палеогеновые отложения; 3 - неоген-палеогеновые отложения; 4 - неоген четвертичные отложения.

ные значения силы тяжести; H - высота пункта наблюдения; σ - плотность промежуточного слоя; 0,3086 – значение нормального градиента силы тяжести, выражаемое в мГал/м; 0,0419 – коэффициент, определяемый притяжением плоско-параллельного слоя.

При использовании указанной формулы большинство гравиметристов принимают, нормальный вертикальный градиент неизменным на всей территории съемки, а все вопросы, связанные как-то с корреляцией аномалий с рельефом относят за счет неточного знания плотности промежуточного слоя. На самом деле это не так. Во-первых, как показывают измерения вертикального градиента силы тяжести на Воронежском массиве [3], значения градиента силы тяжести на исследуемой территории изменяются в очень широком диапазоне. Но разделить доли влияния промежуточного слоя и вертикального градиента нельзя. Поэтому была предпринята попытка редуцирования силы тяжести с реальными значениями градиента и плотности промежуточного слоя.

Уточним понятия реальных значений градиента и плотности промежуточного слоя. Под реаль-

ным значением градиента и плотности понимаем средние значения этих величин или близкие к ним. Редуцирование проводится только и только с постоянными значениями плотности и градиента. В этом случае все плотностные неоднородности, которые являются предметом гравиметрических исследований, будут отражаться в аномальном поле силы тяжести. В некоторых случаях рекомендуется проводить учет притяжения промежуточного слоя с учетом всех плотностных неоднородностей в самом промежуточном слое, т.е. проводить так называемое “геологическое редуцирование”. Но стоит заметить, что “геологическое редуцирование” не имеет ни какого отношения к стандартному редуцированию наблюдений силы тяжести. “Геологическое редуцирование” является ни чем иным, как исключением притяжения промежуточного слоя со всеми его плотностными неоднородностями, т.е. является элементом разделения суммарного аномального поля силы тяжести от аномальных масс, расположенных ниже и выше относительно некоторой поверхности редуцирования. Причем указанное “геологическое редуцирование” нужное и полезное преобразование,

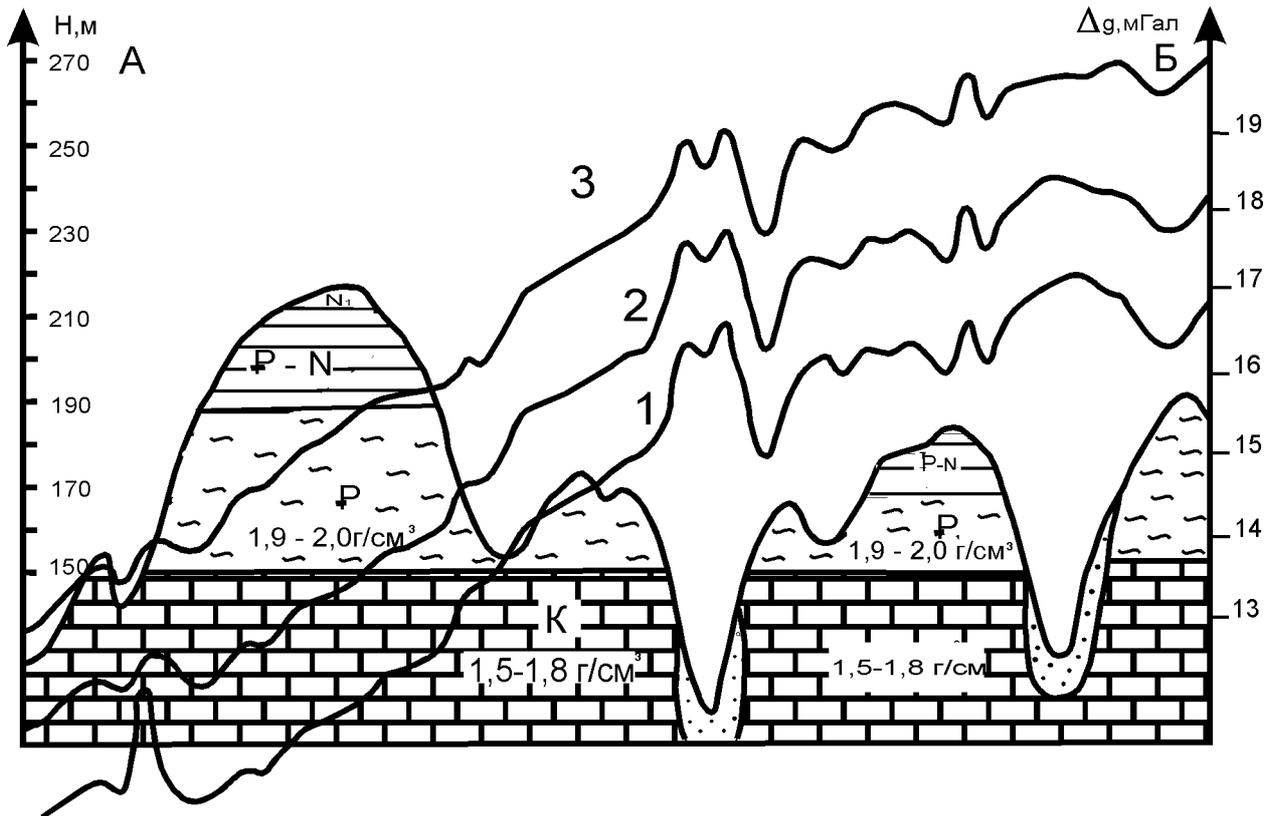


Рис. 2. Геологический разрез по линии А-Б (см. рис. 1) и распределение значений силы тяжести в различных редуциях: 1 - значения силы тяжести при плотности промежуточного слоя $2,3 \text{ г/см}^3$ и стандартном вертикальном градиенте $0,3086 \text{ мГал/м}$; 2 - значения силы тяжести при плотности промежуточного слоя $2,0 \text{ г/см}^3$ и вертикальном градиенте $0,3036 \text{ мГал/м}$; 3 - значения силы тяжести при плотности промежуточного слоя $2,0 \text{ г/см}^3$ и стандартном вертикальном градиенте.

когда нет необходимости в изучении плотностных неоднородностей в промежуточном слое.

Рассмотрим результаты редуцирования на одном из участков в юго - восточной части Воронежского массива, где была проведена гравиметрическая съемка масштаба 1: 50 000. Геологическая ситуация для осадочного чехла достаточно простая (рис. 1). Осадочные отложения залегают горизонтально и имеют различную плотность. Подобный разрез характерен для юго-восточной части Воронежской антеклизы. Верхняя часть разреза сложена неоген-четвертичными отложениями с плотностью $2,0 \text{ г/см}^3$, ниже залегают отложения верхнего мела представленные песчим мелом и небольшим количеством мергелей с очень низкой плотностью: $1,5 - 1,8 \text{ г/см}^3$.

На рис.2 представлен геологический разрез по одному из профилей на указанном участке. Кривая силы тяжести, полученная со стандартной плотностью, имеет четкую корреляцию с рельефом, что указывает на неправильный выбор плотности промежуточного слоя. Действительно, прямые измерения плотности и гравиметрические определения показывают, что плотность промежуточного слоя составляет около $2,0 \text{ г/см}^3$. Кривая силы тяжести, полученная при значении плотности $2,0 \text{ г/см}^3$ уже в меньшей мере зависит от рельефа.

Значение вертикального градиента на данном участке по результатам измерений из [3] было при-

нято равным $0,3036 \text{ мГал/м}$. Так как съемка вертикального градиента проведена в масштабе 1:1 000 000, то было взято среднее значение для градиента на этом участке. Конечно, было бы желательным иметь измеренные значения вертикального градиента силы тяжести по более густой сети наблюдения, но это пока не представляется возможным. После введения поправки за истинное значение градиента кривая силы тяжести практически не зависит от рельефа. Но зато обращает на себя внимание, что над оврагами появились положительные аномалии. Указанные аномалии попытались объяснить русловыми отложениями в палеодолинах. К этому выводу вроде бы имеются веские основания: плотность рыхлых отложений в руслах рек больше плотности меловых отложений. Однако простые расчеты показывают, что при известных значениях плотностей мела и русловых отложений глубина палеодолин по результатам интерпретации в два-три раза превышает глубины, полученные по бурению. Что же является причиной указанных расхождений между результатами интерпретации аномалий силы тяжести и реальным геологическим разрезом.

В предшествующих работах [4,5] всесторонне анализировались источники гравитационных аномалий в осадочном чехле, которые связывались, как правило, с литологическими изменениями осадочных отложений или же с карстовыми образованиями. Однако, как показали исследования, источника-

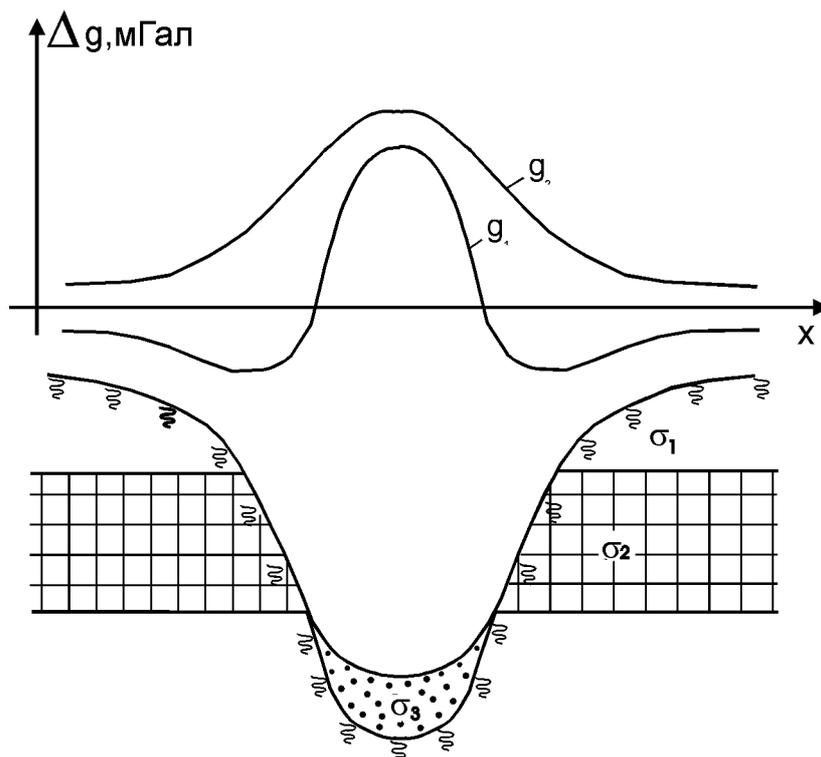


Рис. 3. Принципиальная схема появления аномалий силы тяжести при наблюдениях на расчлененном рельефе: 1 - аномалия силы тяжести, создаваемая пластом пониженной плотности (заштриховано); 2 - аномалия силы тяжести, создаваемая русловыми отложениями.

ми аномалий могут служить осадочные отложения, слагающие промежуточный слой, даже если они залегают горизонтально. Ранее почти во всех геофизических работах без исключения отмечалось, что осадочные отложения на территории Воронежской антеклизы залегают горизонтально и никакого влияния на гравитационное поле не оказывают. Такое утверждение справедливо только в том случае, если горизонтально залегающие осадочные отложения не вскрыты руслами рек и оврагов. Последнее условие в пределах Воронежской антеклизы не выполняется, что создает дополнительные сложности при геологической интерпретации аномалий силы тяжести

Рассмотрим ситуацию, когда осадочные отложения в руслах рек и оврагов вскрыты (рис. 3). Пусть геологический разрез двуслойный. Конкретно для нашей ситуации неоген-палеогеновые отложения имеют плотность σ_1 , меловые отложения – σ_2 и русловые отложения – σ_3 . При этом выполняется условие $\sigma_1 > \sigma_2$ и $\sigma_3 > \sigma_2$. Если при редуцировании брать условно плотность промежуточного слоя σ_1 , то после редуцирования слой меловых отложений создаст аномалию силы тяжести с избыточной плотностью $(\sigma_2 - \sigma_1)$. Как правило, аномалии подобного типа связывают с аномалиями русловых отложений. Дело в том, что меловые отложения имеют плотность меньше, чем русловые. Поэтому последние создают аномалии положительного знака. Следовательно, наблюдаемая кривая силы тяжести над руслом является суммой притяжений собственно русловых отложений и отложений мела. Причем

аномалии в этом случае одного знака. На водоразделах притяжение второго слоя с пониженной избыточной плотностью даст отрицательную аномалию, Ниже этого слоя на дне русла или оврага будем иметь аномалию примерно той же амплитуды, но противоположного знака. В итоге от горизонтально лежащего размытого слоя будем иметь аномалию, примерно равную притяжению пласта с удвоенной мощностью. Как правило, если второй слой размыт не полностью, речные наносы имеют плотность выше, чем мел, и тоже создают положительную аномалию. В итоге притяжения от меловых и русловых отложений суммируются. Суммарную наблюдаемую аномалию принимают за аномалию от русловых отложений, в результате интерпретации получаем завышенные глубины речных палеодолин в два-три раза, что собственно установлено бурением.

Если же меловые отложения размыты полностью и русло реки находится внутри пород более древнего возраста, плотность пород почти всегда выше плотности русловых отложений, то ситуация меняется в обратную сторону. В этом случае русловые отложения создают аномалию отрицательного знака, которая будет компенсировать положительную аномалию от меловых отложений. При соответствующих соотношениях мощности меловых и русловых отложений, а также их плотностей, может возникнуть такая ситуация, когда аномалии от мела и русловых отложений компенсируют друг друга, и суммарная аномалия будет близкой или равной нулю.

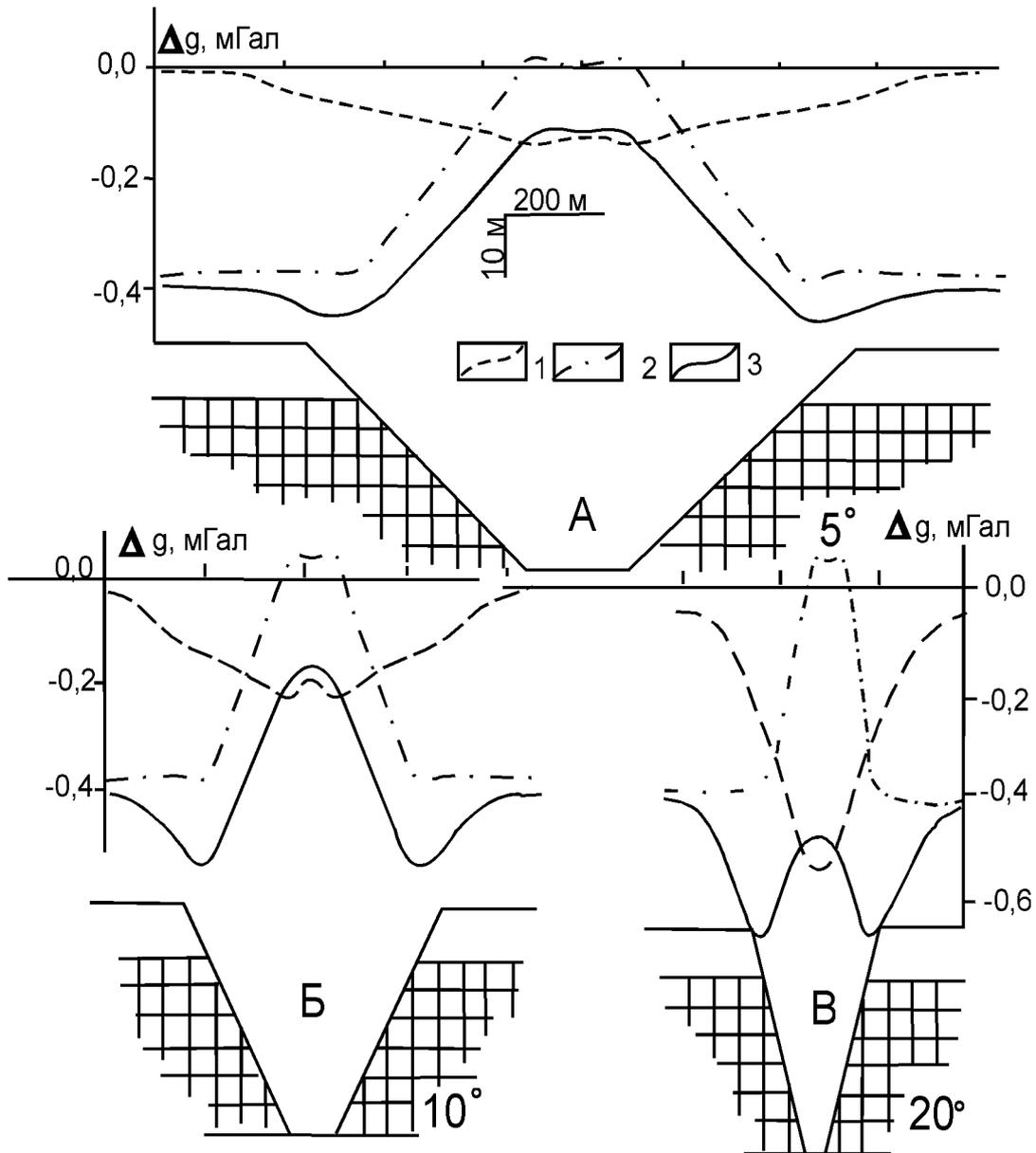


Рис. 4. Характер распределения силы тяжести над врезами в рельефе, при наличии пласта пониженной плотности: А - аномалия силы тяжести при склонах в 5° ; Б - то же самое при 10° ; В - то же самое при 20°

Амплитуда и форма аномалий от врезов в рельефе зависит от глубины вреза, угла склонов вреза и ширины речных долин, ручьев и оврагов. На рис. 4 представлены некоторые теоретические расчеты для ряда моделей. В качестве модели взят овраг со склонами $5, 10$ и 20 градусов. Мощность первого слоя равна 10 м, а мощность второго слоя, у которого избыточная плотность относительно первого отрицательна и равна $0,3 \text{ г/см}^3$, ≈ 30 м. Были рассчитаны притяжения от пласта с пониженной избыточной плотностью и поправка за рельеф, а также их суммарное действие. Как видно из представленного рисунка 4, действие пласта казалось бы небольшой мощности, составляет около $0,4$ мГал и практически не зависит от угла склона. Эта закономерность выдерживается, когда ложе долины неширокое. Как только ложе долины увеличивается, то амплитуда аномалии начинает расширяться, и пре-

вращаться в две ступени, крутизна которых начинает зависеть от угла склона.

Таким образом, можно констатировать, что при интерпретации локальных аномалий силы тяжести в условиях расчлененного рельефа в юго-восточной части необходимо учитывать вышеизложенные выводы. В частности над оврагами и реками, имеющиеся аномалии силы тяжести, необходимо сравнивать с аномалиями магнитного поля, как это рекомендовано в [4,5]. При отсутствии в этих местах магнитных аномалий, можно считать, что аномалии силы тяжести связаны с осадочными отложениями и проводить интерпретацию с учетом конкретной геологической обстановки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Блох Ю.И., Смирнова И.А. Определение особых точек по гравитационным аномалиям в условиях расчленен-

- ного равнинного рельефа // Изв. вузов. Геол. и разведка. -1993. -№ 1. -С.143-147.
2. Смирнова И.А. Методика учета влияния горизонтально-слоистого разреза рельефообразующих пород как мешающего фактора при интерпретации материалов гравиметрических работ. // Изв. вузов. Геол. и разведка. -1994. -№ 6. -С.102-108.
 3. Антонов Ю.В., Жаворонкин В.И., Слюсарев С.В. Новые возможности гравиметрии в изучении геологического строения земной коры // Геофизика. -1999. -№3. -С. 47 – 52.
 4. Антонов Ю.В., Воронова Т.А., Серебряков Е.Б. Источники гравитационных аномалий в осадочном чехле Воронежской антеклизы // Изв. вузов. Геол. и разведка. -1999. -№ 1. -С.105-112.
 5. Антонов Ю.В., Воронова Т.А., Серебряков Е.Б. Гравитационное влияние погребенного карста в карбонатных отложениях верхнего мела на Воронежской антеклизе // Изв. вузов. Геол. и разведка. -1999. -№ 6. -С. 109–114.

