

# ГЕОДЕЗИЯ

---

УДК 528:550.482+551:2/3,263

## **О КОМПЛЕКСНОЙ ИНТЕРПРЕТАЦИИ ДАННЫХ ГЕОДЕЗИЧЕСКО-ГРАВИМЕТРИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА ТЕХНОГЕННОЙ ГЕОДИНАМИКИ НА МЕСТОРОЖДЕНИЯХ НЕФТИ И ГАЗА**

*Анатолий Иванович Каленицкий*

Сибирская государственная геодезическая академия, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, доктор технических наук, профессор кафедры астрономии и гравиметрии СГГА, тел. (383)361-01-59, e-mail: kaf.astronomy@ssga.ru

*Эдуард Лидиянович Ким*

Сибирская государственная геодезическая академия, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, начальник штаба гражданской обороны СГГА, тел. (383)361-03-56, e-mail: 52tkrbv@rambler.ru.

Излагаются методика и некоторые результаты комплексной интерпретации данных геодезическо-гравиметрического мониторинга техногенной геодинамики, полученных в двух циклах наблюдений на Вынгапуровском месторождении углеводородов.

**Ключевые слова:** геодинамический полигон, нивелирование, гравиметрия, мониторинг техногенной геодинамики, интерпретация результатов комплексных натуральных измерений.

## **ABOUT COMPLEX INTERPRETATION OF DATA OF GEODETIC AND GRAVIMETRIC MONITORING OF TECHNOGENIC GEODINAMKA ON OIL AND GAS DEPOSITS**

*Anatoly I. Kalenitsky*

Siberian State Academy of Geodesy, 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo St., Prof., Dr., department of astronomy and gravimetry SSGA, tel. (383)361-01-59, e-mail: kaf.astronomy@ssga.ru

*Eduard L. Kim*

Siberian State Academy of Geodesy, 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo St., chief of a staff of civil defense, tel. (383)361-03-56, e-mail: 52tkrbv@rambler.ru

The technique and some results of integrated interpretation of geodetic, gravimetric monitoring technological Geodynamics received two cycles of observations at Vyngapurovskoye hydrocarbons.

**Key words:** Geodynamic landfill, leveling, gravimetry, geodynamics technological monitoring, interpreting the results of field measurements of complex.

До последнего времени традиционно складывался своеобразный подход к изучению геодинамических процессов на месторождениях углеводородов (УВ) с использованием высокоточных геодезических методов натуральных измерений: нивелирования и координирования [1, 2]. В целом ряде случаев дополнительно использовалась еще и гравиметрия в сугубо «геодезическом» приложении к обработке и интерпретации результатов нивелирования. Цель приложения заключалась в учете изменения уклонений отвеса для внесения поправок в данные нивелирования [3].

В настоящее время такой подход к использованию результатов гравиметрии на геодинамических полигонах (ГДП) в пределах месторождений УВ не только устарел, но и ничем не оправдан. Он ведет к *нерациональной* трате значительных средств. Действительно, значения аномалий высот сейчас достаточно точно и непосредственно определяются как разность высот, получаемых, с одной стороны, из спутниковых координатных определений, а с другой – по результатам нивелирования [4]. Изменения этих значений, вычисленных по традиционной методике, в районах освоения месторождений нефти и газа настолько незначительны, что их не требуется учитывать. Самое же главное состоит в том, что преобразование гравитационного поля (поля силы тяжести) в возмущающий потенциал по своей сути является процедурой сугубо сглаживающей (интегральной), выявляющей его глобально-региональные особенности в общеземном масштабе. Дифференциация такого поля с целью оценки изменения трансформант на относительно локальных площадях или участках может привести к их искажению, а, в конечном итоге, – к неправильному истолкованию.

Становится все более очевидным, что результаты детальной высокоточной гравиметрии, как высокоразрешающего *геодезическо-геофизического* метода, следует использовать повсеместно с результатами нивелирования и координирования непосредственно для решения целого ряда задач, возникающих при мониторинге локальной техногенной геодинамики в самых разнообразных случаях [4, 5, 6, 7, 8, 9]. Применительно к специфике условий исследований на месторождениях нефти и газа, к ним, в частности, можно отнести:

- уточнение контура границ залежей нефти и газа;
- выявление, картирование и уточнение (совместно с сейсморазведкой) положения разломов в фундаменте и дизъюнктивных нарушений в осадочном чехле;
- определение направления смещений блоков горных пород в фундаменте и осадочной продуктивной толще;
- определение (уже после первого цикла натуральных измерений) участков повышенной промышленной опасности;
- картирование местоположения флюидоподводящего канала жерловой фации в фундаменте;
- корректирование положения расчетных интерпретационных профилей в пределах площади геодезическо-гравиметрического мониторинга в последующих циклах;

- определение интервалов продолжительности и частоты повторения геодезическо-гравиметрических натуральных измерений с целью выявления короткопериодных, в том числе сезонных, вертикальных смещений земной поверхности по расчетным профилям;

- выработку рекомендаций по объему, детальности и частоте натуральных измерений в последующих циклах геодезическо-гравиметрического мониторинга техногенной геодинамики и предложений по снижению последствий ее воздействия на устойчивость промышленного и гражданского комплекса, природной среды;

- определение объема перемещения масс в осадочном чехле и, как следствие, оценку его воздействия на устойчивость земной поверхности.

Приведем, в связи с вышеизложенным, некоторые результаты количественной интерпретации изменения отметок высот реперов нивелирования и значений аномального поля силы тяжести на них, выявленных в двух циклах натуральных геодезическо-гравиметрических измерений по одному из расчетных профилей на Вынгапуровском ГДП.

Профиль общей длиной 32 км проложен с юга на север. На рис. 1 приведена его средняя и северная части, представляющие наибольший интерес. Отметки высот рельефа местности на всем протяжении профиля изменяются в интервале 110–132 м (рис 1, б).

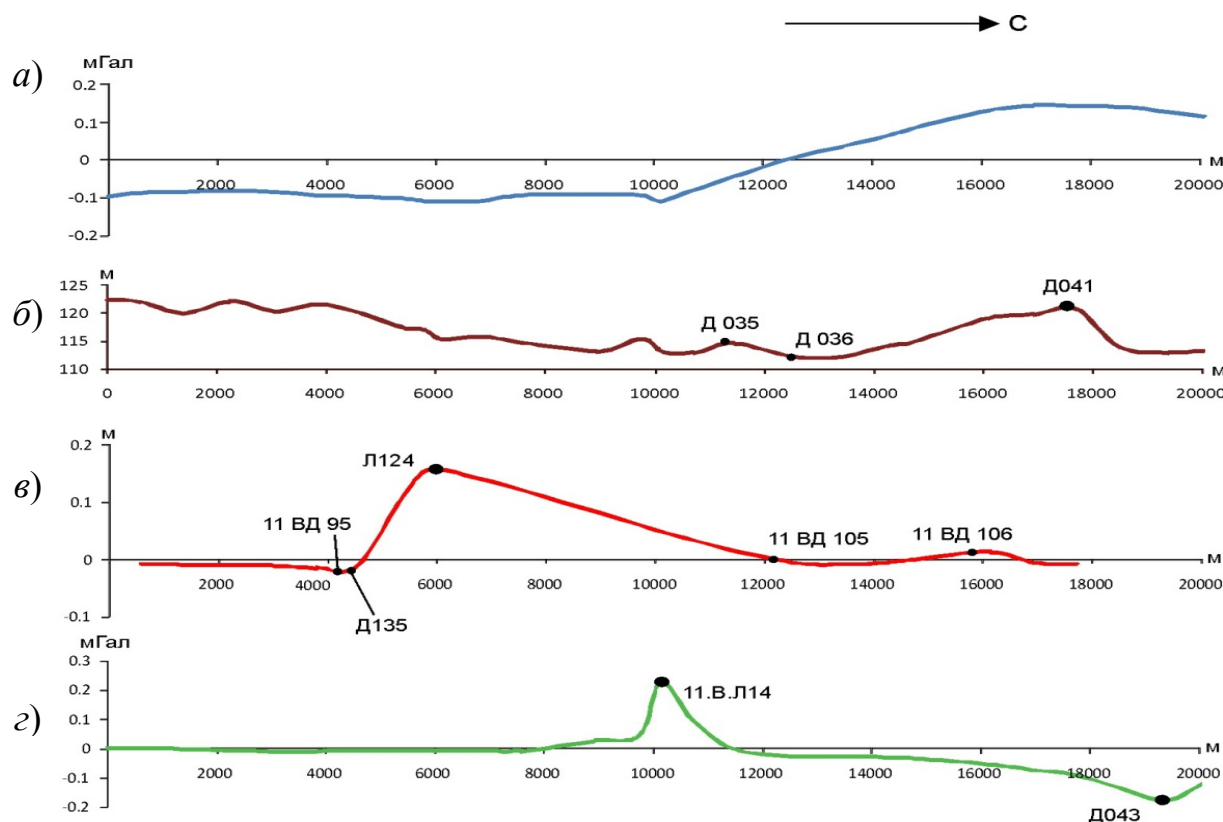


Рис. 1. Графики:

- а) изменения локального поля силы тяжести; б) рельефа местности; в) разности высот пунктов между 2 и 1 циклами наблюдений; г) изменения аномального гравитационного поля между 2 и 1 циклами наблюдений

Профиль пересекает зону продуктивных горизонтов с залежами углеводородного сырья, отражаемую отрицательными (порядок  $-0,10$  мГал) значениями локального поля силы тяжести (рис. 1, а). В северной части профиля выделяется положительная локальная аномалия (до  $+0,13$  мГал), отражающая гравитационный эффект блока горных пород повышенной плотности, находящегося вне зоны продуктивных горизонтов. Следует заметить, что по результатам площадной гравиметрии в первом цикле измерений была выделена серия дизъюнктивных нарушений северо-восточного и северо-западного простирания с пересечением предположительно в районе участка, расположенного западнее пунктов Д035 и Д036 рассматриваемого расчетного профиля на расстоянии  $0,7-0,9$  км от него. Эти нарушения, расходясь веерообразно, пересекают расчетный профиль в средней части представленного на рис. 1 его фрагмента, в том числе вблизи реперов 11ВД95, Д135, 11ВД105 и 11ВД106 ( $x = 4,25-4,52$  км,  $12,25$  км,  $15,81$  км).

Разность аномального гравитационного поля по результатам первого (I) и второго (II) циклов по расчетному профилю отражает существенное перемещение масс в геологическом разрезе с его крайней северной части в район вышеуказанного участка дизъюнктивных нарушений, создавая сугубо узколокальный максимум величиной  $+0,23$  мГал в пункте 11ВЛ14 ( $x = 10,2$  км). Дефицит извлеченных масс создает в северной части профиля отрицательный эффект с минимальным значением, равным  $-0,18$  мГал на пункте Д043 ( $x = 19,4$  км) (см. рис. 1, з).

Предполагаемое перемещение масс в геологическом разрезе, по-видимому, нашло отражение и в своеобразных вертикальных смещениях земной поверхности, зафиксированных в отличии результатов нивелирования II цикла от таковых в I цикле (см. рис. 1, в). В частности, это отражается знакопеременным (до  $\pm 10$  мм) смещением пунктов в интервале от пункта Д036 ( $x = 12,5$  км) к северу до пункта Д041 ( $x = 17,7$  км). Вместе с тем наблюдается возрастающее к югу воздымание поверхности рельефа местности до пункта Л124 ( $x = 6,1$  км), где его величина составила  $157$  мм ( $0,157$  м), а затем резко снижающееся до  $-12$  мм в пункте Д135 ( $x = 4,6$  км) в месте предполагаемого дизъюнктивного нарушения.

Полученные результаты потребовали проведения количественной оценки перемещаемых масс и интерпретации механизма вертикальных смещений земной поверхности.

Было очевидно, что они в значительной степени связаны с извлечением воды в северной части профиля с целью нагнетания ее в продуктивные горизонты для замещения извлекаемых запасов углеводородного сырья. Исходя из этого и с учетом значений плотности воды ( $\sigma_v = 1,0$  г/см<sup>3</sup> =  $1,0$  т/м<sup>3</sup>) и осадочной толщи ( $\sigma = 2,0$  г/см<sup>3</sup> =  $2,0$  т/м<sup>3</sup>), была выполнена оценка объема извлеченных масс воды и степень его распределения в разрезе продуктивных образований. В связи с этим рассмотрим кратко результаты решения обратной и прямой задач гравиметрии с целью интерпретации изменения гравитационного поля вертикальных смещений поверхности.

На рис. 2 схематически показаны кривая отрицательной локальной аномалии в северной части профиля и численные параметры ее изменения относительно точки минимума. Оговоримся сразу же, что в первом приближении аномальные массы извлеченной воды были представлены объемом шара. Это позволяет однозначно определить массу и *предельную* глубину залегания (известно, что при использовании других форм аномальной массы глубина их залегания будет всегда меньше).

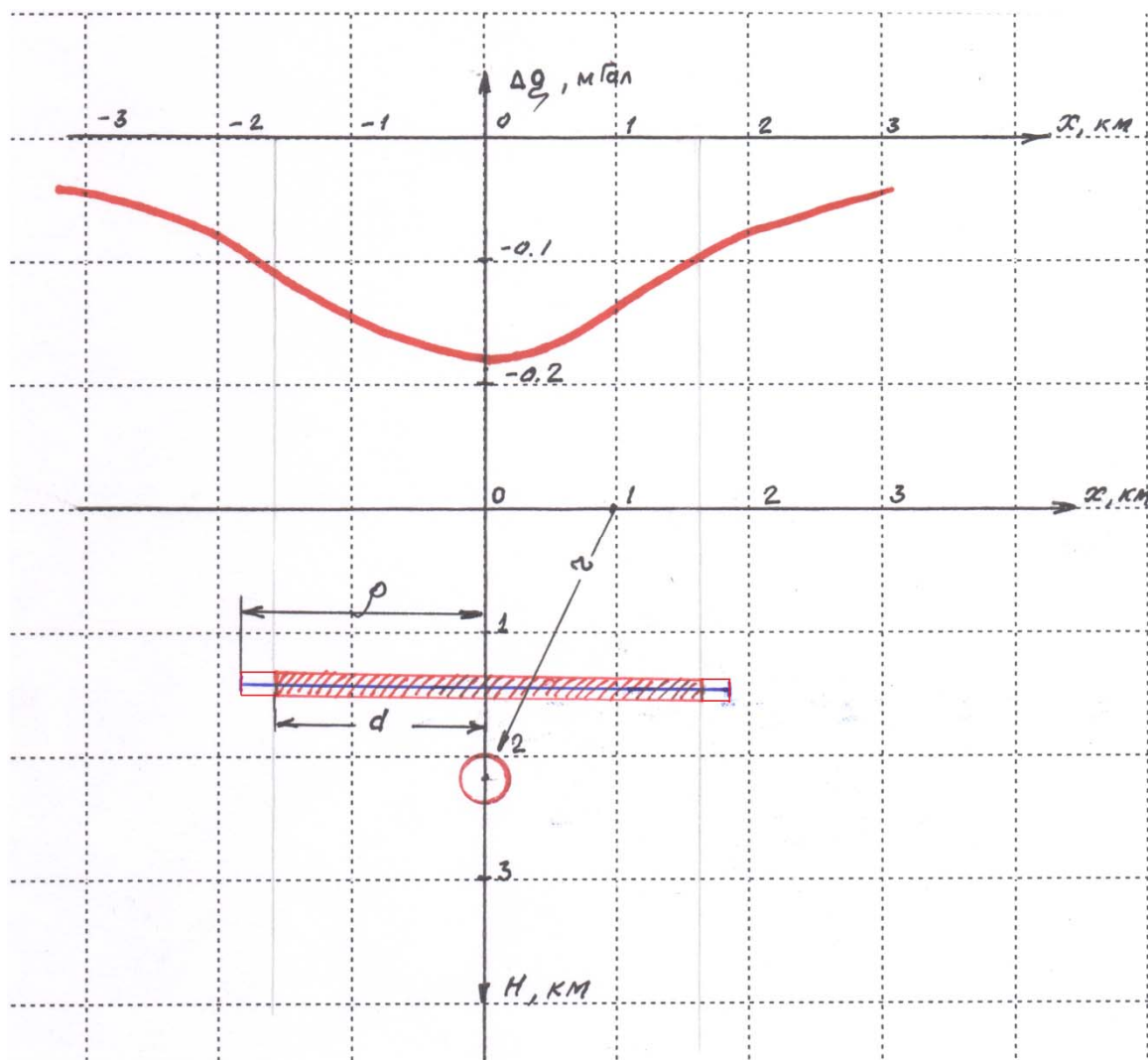


Рис. 2. Схема кривой отрицательной локальной аномалии северной части профиля

Известно [10, 11], что аномальный гравитационный эффект шаровой массы определяется уравнением

$$\Delta g_{\text{ш}}(x, H_{\text{ш}}) = f \cdot M_{\text{ш}} \cdot \frac{H_{\text{ш}}}{r^3}, \quad (1)$$

где  $M_{\text{ш}} = V_{\text{ш}} \cdot \sigma = \frac{4}{3}\pi R^3 \cdot \sigma$  – масса шара;

$\sigma$  – плотность шаровой массы;

$$f = 6,67 \cdot 10^3 \cdot \frac{\text{мГал} \cdot \text{м}^2}{\text{т}};$$

$R$  – радиус шара;

$r = \sqrt{H_{\text{ш}}^2 + x^2}$  – расстояние от результирующей точки на расчетном профиле

до центра шара;

$H_{\text{ш}}$  – глубина центра шара относительно результирующего уровня;

$x$  – расстояние на расчетном профиле результирующей точки относительно точки, в которой гравитационный эффект шара максимальный по величине (соответствующей в плане центру шара).

В рассматриваемом случае определение неизвестных ( $H_{\text{ш}}$  и  $M_{\text{ш}}$ ) может быть выполнено с использованием параметров аномалии в точках максимального по абсолютной величине значения  $\Delta g(x=0)$  и его половинного значения

$\Delta g\left(x_{\frac{1}{2}} = a\right) = \frac{1}{2} \Delta g(x=0)$ . Из выражения (1) следует, что

$$\frac{2}{\left(\sqrt{a^2 + H_{\text{ш}}^2}\right)^3} = \frac{1}{H_{\text{ш}}^3}. \quad (2)$$

Отсюда, учитывая, что  $a = x_{1/2} = 1,615$  км, получаем значение  $H_{\text{ш}} = 2,186$  км. Тогда из выражения (1) следует, что  $M_{\text{ш}} \cong 12\,845\,000$  т, а радиус шара равняется величине  $R_{\text{ш}} = 0,313$  км.

Вместе с тем, очевидно, что резервуар, из которого производился забор водных масс для замещения пространства, откуда извлекалось углеводородное сырье, имеет малое сходство с шаровой емкостью. Скорее всего, это водоносный пласт субгоризонтального простирания. Это означает, что глубина его залегания будет меньше, чем предельная, определенная для шаровой емкости, а горизонтальные размеры – шире.

Определим параметры такого пласта, исходя из следующих соображений.

1. В плане пласт соответствует горизонтальному круговому диску. Площадь поверхности диска по размерам соответствует горизонтальному квадратному пласту такой же толщины. Расстояние от центра диска до стороны, ограничивающей квадратный пласт, составляет величину  $a = x_{1/2}$ . В этом случае сохраняется условие:  $\Delta g\left(x_{\frac{1}{2}} = a\right) = \frac{1}{2} \Delta g(x=0)$ .

2. Масса пласта соответствует массе шара.

На рис. 2 диск и пласт в вертикальном разрезе показаны соответственно утолщенными линиями и штриховкой. Исходя из этого, величина радиуса диска составляет

$$\rho = \frac{2a}{\sqrt{\pi}} \cong 1,890 \text{ км}. \quad (3)$$

Вместе с тем, величина притяжения диска в точке с  $x = 0$  определяется по известной формуле:

$$\Delta g(x = 0) = 2\pi f\sigma \left[ \Delta H - \sqrt{H_2^2 - \rho^2} + \sqrt{H_1^2 + \rho^2} \right] = -0,18 \text{ мГал}, \quad (4)$$

где  $\Delta H = H_2 - H_1$ ;

$H_2$  – глубина нижней границы диска;

$H_1$  – глубина верхней границы диска.

Учитывая, что в этом случае  $H_1 < \rho > H_2$ , а объем диска (как и масса) равен объему (и массе) шара, когда

$$\frac{4}{3}\pi R^3 \cong \pi \rho^2 \cdot \Delta H, \quad (5)$$

окончательно получаем:  $\Delta H = 0,0114 \text{ км} = 11,4 \text{ м}$ ;  $H_1 = 1,4143 \text{ км}$ ;  $H_2 = 1,4257 \text{ км}$ ;  $H_{\text{ср}} = 0,5(H_1 + H_2) = 1,4195 \text{ км} \cong 1,420 \text{ км}$ .

Выполним аналогичные расчеты для положительной аномалии силы тяжести в средней части представленного профиля, для которой имеем:  $\Delta g(x = 0) = +0,23 \text{ мГал}$ ,  $x_{1/2} = a = 0,44 \text{ км}$ . В результате получаем  $H_{\text{ш}} = 0,57 \text{ км}$ ,  $M_{\text{ш}} \cong 11,2 \cdot 10^6 \text{ т}$ , что соответствует объему  $V_{\text{ш}} \cong 11,2 \cdot 10^6 \text{ м}^3$ . Это составляет 8,7 % от всего объема извлеченной водной массы на севере профиля. Повидимому, не менее 90 % водной массы было закачано в продуктивные пласты взамен извлеченного углеводородного сырья.

Вместе с тем, небольшие горизонтальные размеры аномалии свидетельствуют о том, что массы, создающие ее, имеют относительно небольшую протяженность в направлении по профилю и значительно большую – вкрест него. В таком случае приходится говорить об аномальной зоне, представляющей суб-вертикальную пластину, в пределах которой водные массы мигрировали, повидимому, снизу вверх по дизъюнктивному нарушению из-за несогласного залегания продуктивных пластов, перекрытых водонепроницаемым покрытием (предположительно глинистым). При этом основная масса воды заполнила объем самого нарушения, а остальная его часть нашла выход в приповерхностные отложения как с северной, так и, особенно, с южной стороны, способствуя разбуханию объема и поднятию их верхней поверхности. Это и отразили результаты нивелирования во II цикле натуральных измерений. По разностной кривой изменения высот земной поверхности видно, что с южного и северного краев поднятия отмечаются небольшие просадки рельефа местности, которым по плановому положению также соответствуют зоны дизъюнктивных нарушений в осадочном чехле.

Оценим по гравиметрическим данным параметры аномальной зоны, представив ее в виде вертикальной материальной пластины (рис. 3).

Введем обозначения:  $\sigma$  – аномальная плотность масс пластины,  $h$  – толщина пластины,  $\zeta_1$  и  $\zeta_2$  – соответственно ее верхняя и нижняя границы ( $h < \zeta_1$ ). Предположим, что  $\zeta_2 = H_{\text{ш}} \cong 2,2 \text{ км}$  – предельный уровень забора водных масс,  $\sigma \cdot h = \mu$ , а  $h = 0,01 \text{ км}$ .



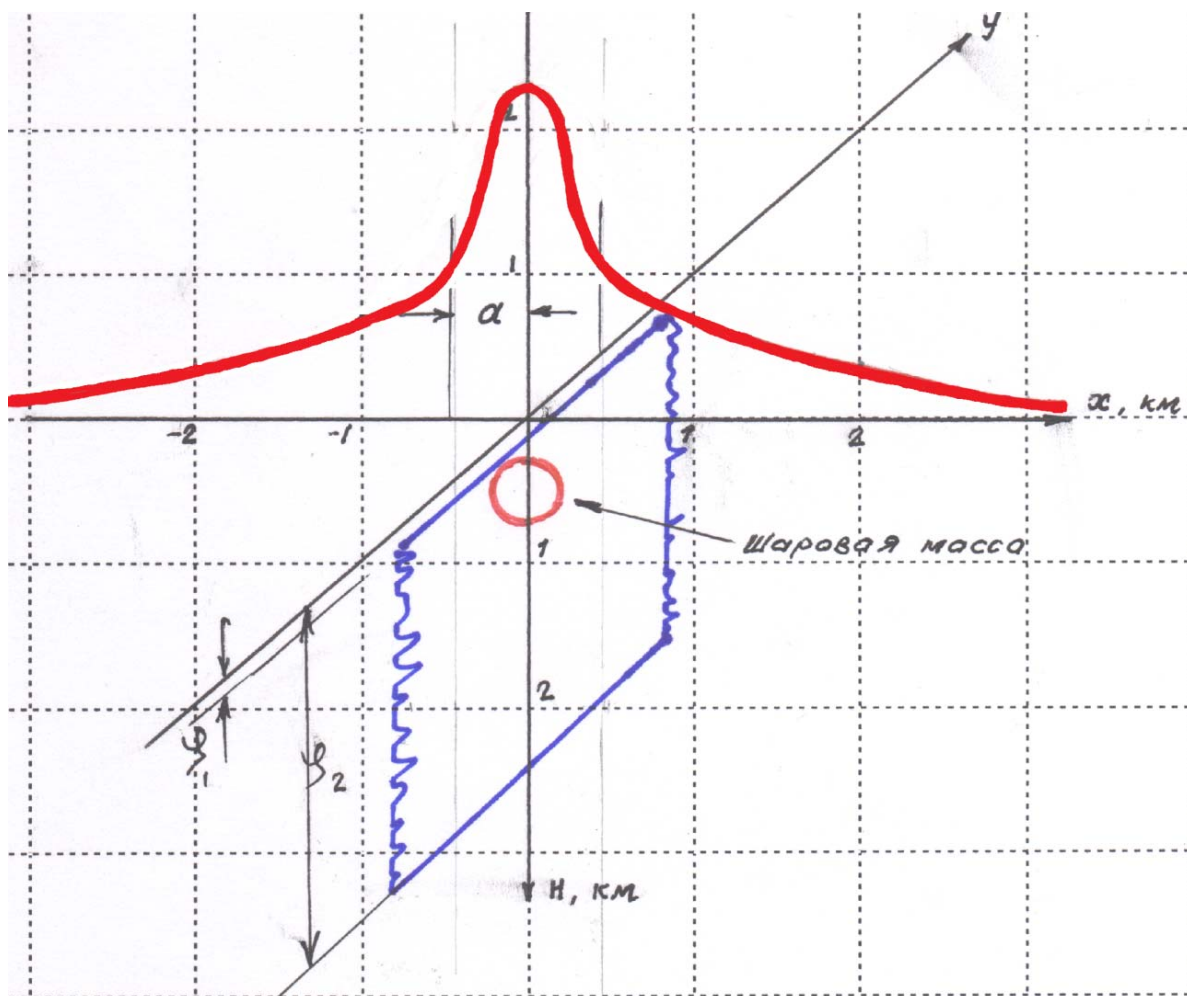


Рис. 3. Параметры аномальной зоны, в виде вертикальной материальной пластины

Согласно [11] для любой точки на профиле на расстоянии  $x$  от эпицентральной точки можно записать:

$$\Delta g(x, y=0) = f \cdot \mu \cdot \ln \frac{x^2 + \zeta_2^2}{x^2 + \zeta_1^2}. \quad (6)$$

Для эпицентральной точки и точки на расстоянии  $a = x_{1/2} = 0,44$  км от нее выражение (6) можно записать в виде:

$$\left\{ \begin{array}{l} \Delta g(x=0) = f \cdot \mu \cdot \ln \frac{k^2 \cdot \zeta_1^2}{\zeta_1^2} = f \mu \cdot \ln k^2, \\ \Delta g(x=a) = f \cdot \mu \cdot \ln \frac{a^2 + k^2 \cdot \zeta_1^2}{a^2 + \zeta_1^2} = \frac{1}{2} f \mu \cdot \ln k^2, \end{array} \right. \quad (7)$$



где

$$k = \frac{\zeta_2}{\zeta_1}. \quad (8)$$

Из решения системы уравнений (7) находим, что реальное значение  $k$  составляет величину

$$k = \frac{a^2}{\zeta_1^2}.$$

Тогда, с учетом (8), окончательно получаем

$$\zeta_1 \cdot \zeta_2 = a^2, \quad \zeta_1 = \frac{a^2}{\zeta_2} \quad \text{или} \quad \zeta_2 = \frac{a^2}{\zeta_1} = \frac{0,1936 \text{ км}^2}{\zeta_1 \text{ км}}. \quad (9)$$

На основании этого выражения нетрудно рассчитать таблицу изменения значений  $\zeta_2$  в зависимости от величины  $\zeta_1$  с учетом того, что  $a = 0,44$  км. Соотношения значений  $\zeta_2$  и  $\zeta_1$  можно представить в виде графика (рис. 4). Наиболее реальный интервал изменения соотношения этих величин представлен на графике в виде заштрихованной области.

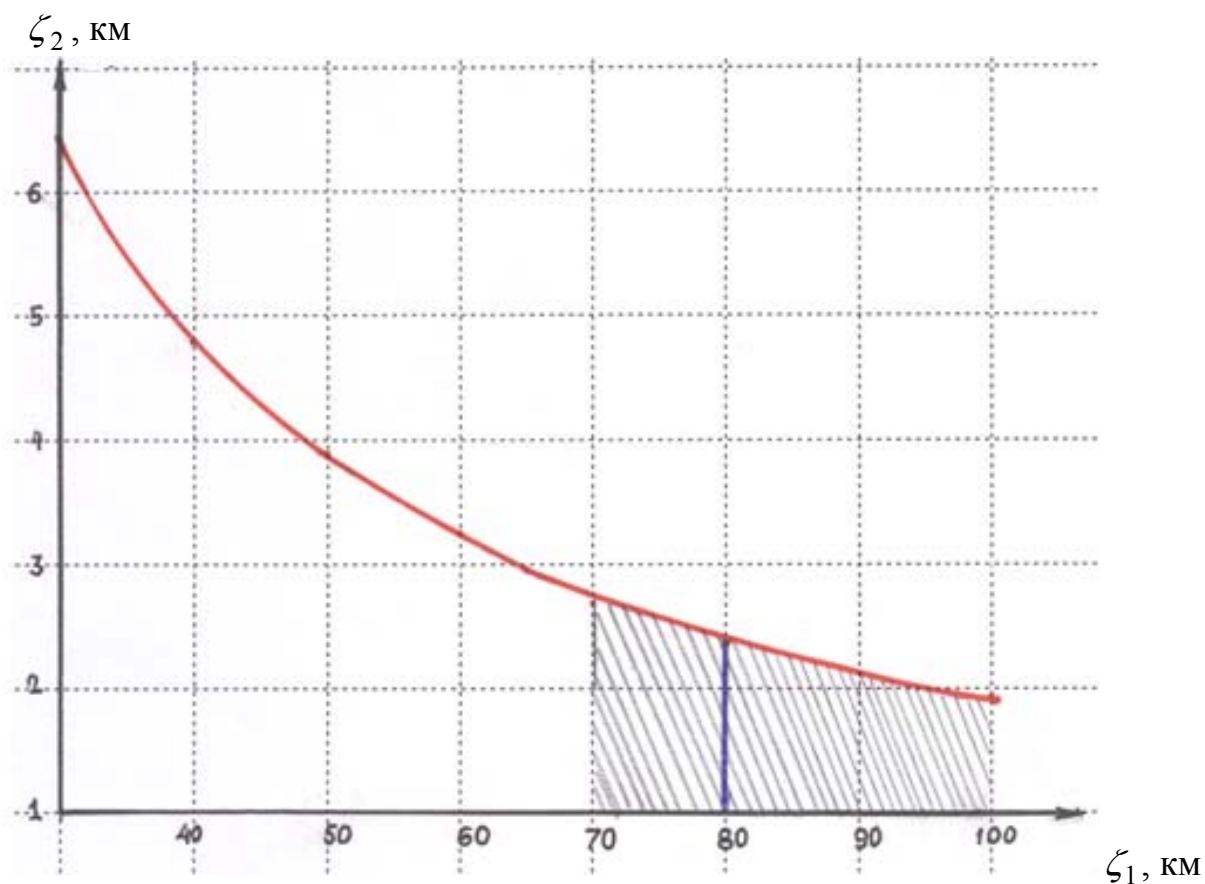


Рис. 4. График соотношения  $\zeta_2$  и  $\zeta_1$

Будем считать результативным в ней соотношение  $\zeta_2$  к  $\zeta_1$ , выделенное в указанном интервале утолщенной линией:  $\zeta_1 = 80 \text{ м} = 0,08 \text{ км}$ ,  $\zeta_2 = 2,42 \text{ км}$ . Требовалось определить ширину ( $h$ ) пластины при вышеупомянутом условии, что  $h < \zeta_1$ . Кроме того, требовалось учесть долю пористости осадочных образований в предполагаемой зоне дизъюнктивных нарушений с тем, чтобы (хотя бы приближенно – данными по этому поводу авторы не располагали) оценить (с учетом насыщения водой) её плотность ( $\sigma$ ) по отношению к плотности «ненарушенных» горных пород.

Определение значения  $\sigma$  было выполнено из следующих соображений:

- 1) пористость горных пород в зоне дизъюнктивных нарушений составляет 25 %;
- 2) плотность необводненных горных пород составляет  $2,0 \text{ г/см}^3 = 2,0 \text{ т/м}^3$ ;
- 3) плотность их в результате обводнения составляет  $\sigma_{обв} = 2,0 + 1,0 \cdot 0,25 = 2,25 \text{ г/см}^3$  ( $\text{т/м}^3$ ).

Таким образом, значение плотности обводненных горных пород в зоне дизъюнктивных нарушений принято равным  $\Delta\sigma_a = 2,25 \text{ г/см}^3 = 2,25 \text{ т/м}^3$ .

Тогда с учетом исходного выражения (6) и величины  $\Delta g_{\max}(x=0) = +0,23 \text{ мГал}$  находим значение  $h = 20,3 \text{ м} \cong 0,020 \text{ км}$ .

Таким образом, вычисленные параметры обводненной зоны (предположительно дизъюнктивной), представленной в виде субвертикальной (слегка отклоняющейся вниз к северу) полуплоскости значительного простирания вкрест расчетного профиля, характеризуются следующими значениями: ширина зоны около 20 м, простирание по глубине – от 80 до 2 420 м.

Особо следует отметить, что достоверность определяемых параметров аномальных процессов, как в зоне извлечения водных масс, так и на площади их нагнетания в продуктивную толщу была бы значительно выше, если бы данные натурных геодезическо-гравиметрических измерений во втором цикле были бы не профильными, а площадными, как в первом.

Вместе с тем, становится очевидной высокая степень необходимости комплексной оценки особенностей проявления техногенной геодинамики на участках интенсивной добычи не только углеводородного сырья, но и других ископаемых, а также при строительстве и эксплуатации крупных инженерных сооружений на основе разумного рационального применения натурных высокоточных геодезическо-гравиметрических измерений и незаформализованных методов качественной и количественной интерпретации их результатов. При этом особо следует учитывать, что гравиметрия должна применяться как опережающий метод, позволяющий на предварительном этапе уточнить геолого-тектоническую обстановку в районе исследований, выделить (с использованием данных других методов зондирования и морфометрического анализа) зоны повышенного промышленного риска [6–9].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Кузьмин Ю.О., Жуков А.И. Современная геодинамика и вариации физических свойств горных пород. – М.: МГТУ, 2004. – 262 с.
2. Панжин А.А. GPS-технологии в геодезическом мониторинге НДС техногенного участка // Геомеханика в горном деле: сб. науч. тр. – Екатеринбург: ИГД УрО РАН, 1999. – С. 68–85.
3. Огородова Л.В. Высшая геодезия. Часть III. Теоретическая геодезия: учебник для вузов. – М.: Геодезиздат, 2006. – 384 с.
4. Каленицкий А.И., Гуляев, Ю.П. Гравиметрический метод оценки состояния и поведения оснований и сооружений // Изв. вузов. Сер. Строительство. – 1994. – № 3. – С. 120–123.
5. Каленицкий А.И. Геодезическо-гравиметрический мониторинг техногенной геодинамики инженерных сооружений // Геодезия и картография. – 2000. – № 8. – С. 24–27.
6. Каленицкий А.И., Ким Э.Л. О результатах применения гравиметрии на Западно-Суторминском геодинамическом полигоне // Вестник СГГА. – 2011. – Вып. 2 (15). – С. 3–6.
7. Результаты применения гравиметрии и высокоточного нивелирования при локализации участков повышенного геодинамического риска на месторождениях углеводородов / А.И. Каленицкий, Э.Л. Ким, М.Д. Козориз, В.А. Середович // Вестник СГГА. – 2010. – Вып. 1 (12). – С. 14–20.
8. Каленицкий А.И., Ким Э.Л. Результаты первого цикла натуральных геодезическо-гравиметрических измерений на Вынгапуровском геодинамическом полигоне // Геодезия и картография. – 2011. – № 8. – С. 30–35.
9. Результаты комплексных геодезическо-гравиметрических наблюдений на геодинамическом полигоне Спорышевского месторождения УВ / А.И. Каленицкий, Э.Л. Ким, В.А. Середович, М.Д. Козориз // ГЕО-Сибирь-2011. Пленарное заседание: сб. матер. VII Междунар. научн. конгресса «ГЕО-Сибирь-2011», 19–29 апреля 2011 г., Новосибирск. – Новосибирск: СГГА, 2011. – С. 62–71.
10. Андреев Б.А., Клушин И.Г. Геологическое истолкование гравитационных аномалий. – Л.: Недра, Ленингр. отд., 1965. – 495 с.
11. Гладкий К.В. Гравиразведка и магниторазведка. – М.: Недра, 1967. – 317 с.
12. Проблемы обеспечения точности координатно-временных определений на основе применения ГЛОНАСС технологий / Толстиков А.С., Ащеулов В.А., Антонович К.М., Сурнин Ю.В. // Вестник СГГА. – 2012. – Вып. 2 (18). – С. 3–11.
13. Колмогоров В.Г. К вопросу о возможности изучения деформационного состояния земной поверхности по результатам повторного высокоточного нивелирования // Вестник СГГА. – 2012. – Вып. 1 (17). – С. 9–14.
14. Дементьев Ю.В., Каленицкий А.И. О возможности и необходимости определения аномалий силы тяжести в полной топографической редукции // Вестник СГГА. – 2011. – Вып. 3 (16). – С. 3–14.

Получено 12.12.2012

© А.И. Каленицкий, Э.Л. Ким, 2012