ГЕОЛОГІЯ

УДК 550.831

П.А. Миненко, доктор физ.-мат. наук, доц.

Криворожский педагогический институт Государственного высшего учебного заведения „Криворожский национальный университет“, г. Кривой Рог, Украина, e-mail: maestozo.1_pavel@mail.ru

ПРЯМЫЕ И ОБРАТНЫЕ ЗАДАЧИ ГРАВИМЕТРИИ С УЧЕТОМ ПОГЛОЩЕНИЯ СОБСТВЕННОГО ПОЛЯ ПЛАНЕТАМИ

P.A. Minenko, Dr. Sci. (Phys.-Math.), Assoc. Prof.

Krivorozhsky Teacher Training Institute of the State Higher Educational Institution „Krivorozhsky National University“, Krivoy Rog, Ukraine, e-mail: maestozo.1_pavel@mail.ru

DIRECT AND INVERSE PROBLEMS OF GRAVIMETRY WITH REGARD FOR OWN GRAVITATIONAL FIELD ABSORPTION BY PLANETS

Цель. Установить интенсивность проявления эффекта поглощения горными породами гравитационного излучения (ГИ), используя естественные лаборатории типа Земля вместе с измеренным на их поверхности гравитационным полем (ГП), для чего необходимо получить формулы решения прямых и обратных задач планетарной гравиметрии (ПЗГ и ОЗГ) с учетом различных схем поглощения собственного ГИ внутри планеты.

Методика. Неоднозначность решения обратных задач при поисках углеводородов и других месторождений полезных ископаемых (МПИ) по ГП вынуждает повысить точность ранее полученных оценок параметров поглощения. Если поглощение очень большое, то ГИ от нефтегазовых структур и рудных МПИ, залегающих на глубинах от 1 до 10 км, будут полностью экранированы расположенными над ними пластами горных пород. Тогда поисковые возможности гравиметрии будут равны нулю. Если же поглощение очень малое, тогда все гравитационные аномалии можно считать созданными локальными изменениями плотности в земной коре. Оценки линейного плотностного коэффициента (ЛПК) поглощения ГИ по различным весьма приближенным экспериментальным данным колеблются в больших пределах: 10^{-9}–10^{-24} м^2/кг. Поэтому в ОЗГ автор использовал экспериментально измеренные значения ГП на полюсах и экваторах планет, а в ПЗГ – экспоненциальное распределение ЛПК с показателем отрицательной первой степени для линейной модели среды, и в квадрате – для нелинейной. Полученные уравнения были решены относительно ЛПК.

Результаты. Для описания явления поглощения ГИ наиболее приемлема нелинейная модель ЛПК.

Научная новизна. На основании решений ОЗГ для нелинейных моделей установлено, что пределы области существования ЛПК для планет значительно сужены, находятся, в основном, в пределах 10^{-10}–10^{-13} м^2/кг и не могут существенно экранировать месторождения нефти, газа и руд. А поэтому интерпретацию гравитационного поля можно выполнять по формулам, не учитывающим поглощение ГИ, что значительно проще и эффективнее.

Практическая значимость. Полученные сведения позволяют проводить с помощью гравиметрии поиски МПИ на любых реально возможных глубинах по экономичным для вычислений формулам, без учета факта существования явления поглощения ГИ.

Ключевые слова: *гравиметрия, поглощение поля, прямая и обратная задача, линейный плотностной коэффициент, нелинейная модель, природа поля*

Постановка проблемы. Известен метод решения решения прямых и обратных задач гравиметрии с учетом поглощения поля на моделях шаров, заполненных ртутью, разработанный Майораной Г. в 1952 году. Вычисленное им ЛПК равно 3х10^{-13} м^2/кг. Однако, Томашек Р. по данным измерений с гравиметром во время затмения Солнца в 1954 году, установил, что величина этого коэффициента, по крайней мере, в 1000 раз меньше. Расчет по данным наблюдений за приливами дал сходную оценку (не более 10^{-16} м^2/кг), поэтому результат Майо-раны Г. считали ошибочным. Основной недостаток известных методов состоит в том, что они разработаны для локальных моделей и для изучения поля на поверхности планет в поисково-разведочных целях мало пригодны [1] из-за расхождения гравитационного излучения с увеличением расстояния от центра планеты.

Цель. Установить интенсивность проявления эффекта поглощения горными породами гравитационного излучения (ГИ), используя естественные лаборатории типа Земля вместе с измеренным на их поверхности гравитационным полем (ГП), для чего необходимо получить формулы решения прямых и обратных задач планетарной гравиметрии (ПЗГ и ОЗГ) с учетом различных схем поглощения собственного ГИ внутри планеты.

Поставленная цель достигнута тем, что в известный метод решения ПЗГ для планет без учета поглощения ГИ, предложенный в 1976 году Грушинским Н.П., в формулу потенциала тяготения введен, с одной стороны, ЛПК поглощения μ, предложенный в 1955 году Зеелигером Х., а с другой стороны, в нее введены нелинейные схемы поглощения ГИ, предложенные автором.

Методика исследований. Неоднозначность решения обратных задач при поисках углеводородов и других месторождений полезных ископаемых (МПИ) по ГП вынуждает повысить точность ранее полученных оценок параметров поглощения ГИ. Если поглощение очень большое, то ГИ от нефтегазовых структур и рудных МПИ, залегающих на глубинах от 1 до 10 км, будут полностью экранированы расположенными над ними пластами горных пород. Тогда поисковые возможности гравиметрии будут равны нулю, а по изменению поля можно изучать только изменение глубин до кристаллического фундамента. Если же поглощение очень малое, тогда все гравитационные аномалии можно считать созданными локальными изменениями плотности в земной коре. Оценки линейного плотностного коэффициента (ЛПК) поглощения ГИ, по различным весьма приближенным экспериментальным данным, колеблются в больших пределах: 10^{-9}-10^{-24} м^2/кг. Поэтому в ОЗГ автор использовал экспериментально измеренные значения ГП на полюсах и экваторах планет, а в ПЗГ – экспоненциальное распределение ЛПК с показателем отрицательной первой степени для линейной модели среды, и в квадрате – для нелинейной. Полученные уравнения решаются относительно ЛПК.

Изложение основного материала. Согласно приведенной методике сначала решим прямую задачу потенциала тяготения для сферы по методу Грушинского Н.П. для Земли с однородной плотностью σ, но с поглощением ГИ. Запишем выражение потенциала V для сферического слоя мощностью $R_{02} - R_{01}$ в точке, расположенной на расстоянии ρ_1 от центра Земли, с учетом общего коэффициента поглощения ГИ $k_1 = exp(-\mu\rho\sigma)$ при постоянных значениях σ и μ.

$$\mathrm{V} = 2\pi k \int_{R_{01}}^{R_{02}} \frac{RdR}{\mu\rho_1} \int_{\rho-R}^{\rho+R} e^{-\mu\rho\sigma} d(\mu\rho\sigma), \quad (1)$$

где k – гравитационная постоянная; R – текущее расстояние от каждой точки масс внутри шара до его центра; ρ – радиус шара.

Интегрируя выражение потенциала (1) по $\mu\rho\sigma$, получим

$$\mathrm{V} = 2\pi k e^{-\mu\rho\sigma} \times$$
$$\times \int_{R_{01}}^{R_{02}} \frac{RdR}{\mu\rho_1(\mu\sigma)^2}(e^{\mu R\sigma} - e^{-\mu R\sigma}), \quad (2)$$

где $\rho = R_{02} = R = \rho_1 - h$.

Полагая $R_{01} = 0$, $h = 0$ и интегрируя (2) по R, получим точное выражение потенциала (1)

$$\mathrm{V} = \frac{2\pi k e^{-\mu\rho\sigma}}{\mu\rho_1(\mu\sigma)^2}(e^{\mu R\sigma}(\mu R\sigma -$$
$$-1) + (\mu R\sigma + 1)e^{-\mu R\sigma}).$$

Из потенциала получим выражение силы тяжести

$$\mathrm{g} = -\frac{dV}{d\rho_1} = \frac{2\pi k(\mu R\sigma + 1)}{\mu\rho_1^2(\mu\sigma)^2}((\mu R\sigma -$$
$$-1) + (\mu R\sigma + 1)e^{-2\mu R\sigma}).$$

При $\rho_1 = \rho + h; h \to 0; \rho_1 \to \rho = R; u = \mu\sigma\rho$ окончательно получим

$$\mathrm{g} = \frac{2\pi k(u+1)}{\mu u^2}((u-1) +$$
$$+(u+1)e^{-2u}) = \frac{2\pi k}{\mu}E, \quad (3)$$

где

$$E = E(u) = E(\mu\sigma\rho) = (u+1)((u -$$
$$-1) + (u+1)e^{-2u}) / u^2.$$

Теперь решим обратную задачу гравиметрии, используя полученное решение прямой задачи (3),

$$g_1 - \frac{2\pi k\sigma}{\beta}E(\beta\rho_{1p}) = 0;$$

$$g_2 - \frac{2\pi k\sigma}{\beta}E(\beta\rho_{2e}) = 0. \quad (4)$$

Некоторые результаты решения ОЗГ для планет земной группы, выполненные по схеме (4) отдельно для каждого уравнения, приведены в табл. 1. Из нее следует, что для всех планет достигается равенство силы тяжести для модели без поглощения поля и для модели с поглощением поля при различной средней плотности планеты $\sigma > \sigma_0$, а при известной плотности σ_0 ЛПК поглощения поля равен нулю. Из (3) и табл.1 следует вывод, что во всех случаях ЛПК возрастает с ростом средней плотности планеты и убывает с увеличением ее радиуса. Однако, у планет сфероидной формы, для этой модели, при реальном распределении силы тяжести, эта закономерность нарушается и имеем на экваторе ЛПК больше, чем на полюсе. Частично это связано с местным увеличением мощности коры планеты с массами меньшей плотности, чем средняя плотность планеты. Но этим противоречие не исчерпывается, и данная модель слабо описывает явление поглощения ГП. Тем не менее, установлен тот факт, что в любой точке поверхности планеты измеренное значение силы тяжести достигается эквивалентным набором трех параметров: средней плотности планеты, длины ее радиуса и ЛПК

$$g_0(R) = f(\sigma_1, R, \mu_1) =$$
$$= f(\sigma_2, R, \mu_2) = \ldots = f(\sigma_i, R, \mu_i).$$

Изменяя плотность в большую сторону от средней плотности планеты, при одном и том же ее радиусе, мы получаем ЛПК больше нуля. Приближая плотность к средней плотности планеты, при том же радиусе, в пределе при $u = \mu\rho\sigma = 0$, т.е. при ЛПК $\mu = 0$, из выражения (3) мы получаем известное выражение силы тяжести на поверхности сферы в модели без поглощения поля

$$g_0 = \frac{4\pi k \sigma_0 \rho^3}{3\rho^2}. \quad (5)$$

Приравнивая (3) и (5) при различной плотности, получим

$$\frac{4\pi k \sigma_0 \rho^3}{3\rho^2} = \frac{2\pi k \sigma \rho (u+1)}{u^3} \times$$
$$\times ((u-1) + (u+1)e^{-2u}). \quad (6)$$

Выполняя сокращения, имеем:

$$\frac{\sigma_0 u^3}{3} = \frac{\sigma(u+1)}{2}((u-1) +$$
$$+ (u+1)e^{-2u}). \quad (7)$$

Таблица 1

Параметры поглощения гравитационного излучения веществом в планетах по первой модели

Планета	Плотность без поглощен., σ, кг/м^3	Плотность вычислен. с поглощен., σ, кг/м^3	Полюс-экватор; предел ЛПК, $\mu_{пред.}$, м^2/кг	Линейно-плотност. коэф. поглощения гравитац. поля, μ, м^2/кг	Полный коэф.погл. на экват. или на полюсе, $k_1 = e^{-\mu\sigma R}$, относ.ед.	Сила тяжести на полюсе, g, м/с^2	Сила тяжести на экваторе g, м/с^2
Земля	5 517	5572 5572 6130 6130	Полюс Экватор Полюс Экватор 4,26e-11	0.2483e-11 0.5465e-11 1.5797e-11 1,6724e-11	0.92 0.82 0.54 0.52	9,8639	9,7979
Венера	5 239	5 291 5821	Полюс Полюс 4,74e-11	0,4750e-11 1,8050e-11	0,86 0,53	8,875	8,865
Луна	3 340	3 374 3374 3443 3443	Полюс Экватор Полюс Экватор 25,8e-11	2.3570e-11 2.6801e-11 4.8783e-11 5,0600e-11	0,87 0,85 0,75 0,74	1,6252	1,6232
Солнце	1409	1452 1565	Полюс Полюс 15,3e-13	3,05e-13 5,85e-13	0,73 0,53	274,0	274,0

В табл. 2 сведены ЛПК для планет с различным радиусом, но при одной и той же плотности, реализующей внешнее поле силы тяжести каждой планеты. Здесь явно видно, что с ростом плотности ЛПК растет. На экваторе ЛПК всегда больше, чем на полюсе. Получено также решение прямой задачи гравиметрии для модели совмещенных двух шаров различной плотности (формулы здесь не приведены). Решением обратной задачи установлено, что для одного однородного шара ЛПК всегда больше, чем для модели совмещенных двух шаров различной плотности (табл. 2), и с уменьшением радиуса планеты ЛПК растет.

Из (7) при бесконечной плотности также получено предельное значение ЛПК для каждой планеты с параметрами (σ_0, ρ): $\mu_{пред} = 3/(2\rho\sigma_0)$, но с одной оговоркой – это касается только модели поглощения, описываемой формулой (1).

Далее рассмотрим модель с учетом расхождения поля в сферическом теле. Например, из (1) при тех же обозначениях получим

$$V = 2\pi k \sigma \int_{R_{01}}^{R_{02}} \frac{R\,dR}{\mu \rho_1} \times$$
$$\times \int_{\rho - R}^{\rho + R} e^{-\mu^2 \rho^2} d(\mu\rho). \quad (8)$$

Точное решение прямой задачи гравиметрии для этой модели имеет вид

$$V_z = \frac{\pi k \sigma}{\mu}(\sqrt{\pi}(1 - \frac{1}{4\mu^2\rho^2}) \times$$
$$\times \mathrm{erf}(2\mu\rho) + \frac{2}{\mu\rho} e^{-4\mu^2\rho^2}). \quad (9)$$

Это выражение справедливо для шара с постоянной плотностью, но учитывает эффект расхождения гравитационного излучения с увеличением расстояния от центра сферы.

Для переменной плотности и для сравнения поглощения поля на других планетах следует ввести множитель $\mu = \sigma\mu_o$. В табл. 3 приведены решения ОЗГ по модели (9) и отдельно для полюса и экватора по схеме

$$\begin{aligned} V_z(2\mu_{op}\sigma\rho_p) &= V_z(\sigma_o\rho_p); \\ V_z(2\mu_{oe}\sigma\rho_e) &= V_z(\sigma_o\rho_e). \end{aligned} \qquad (10)$$

Таблица 2

Параметры поглощения гравитационного излучения при одинаковой средней плотности в моделях планет

Планета и ее средняя плотность, σ, кг/м^3	Плотность в модели, σ, кг/м^3	ЛПК на экваторе, μ, м^2/кг		ЛПК на полюсе, μ, м^2/кг	
		1 шар	2 шара	1 шар	2 шара
Юпитер, 1370	6130	1,55e-11	1,47e-11	1,49e-11	1,416e-11
Земля, 5517	6130	1,661e-11	1,52e-11	1,616e-11	1,478e-11
Марс, 3940	6130	8,47e-11	7,97e-11	8,27e-11	7,77e-11
Юпитер, 1370	6900	1,56e-11	1,48e-11	1,50e-11	1,42e-11
Земля, 5517	6900	2,4e-11	2,23e-11	2,37e-11	2,20e-11
Марс, 3940	6900	9,12e-11	9,03e-11	8,53e-11	8,17e-11

Таблица 3

Текущие значения линейного плотностного коэффициента для сфероидной Земли и планет по 2-й модели

Планета	Для полюса: Радиус, R_p, км; g_p, м/с^2; Плотн. σ, кг/м^3	Для полюса: ЛПК μ_{op} 10^{-12} м^2/кг	Для экватора: Радиус, R_e, км; g_e, м/с^2; Плотн. σ, кг/м^3	Для экватора: ЛПК μ_{oe}, 10^{-12} м^2/кг	Отношение ЛПК μ_{oe}/μ_{op}
Земля	6356	0,1897	6378	нет решения	–
	9,8639	2,7296	9,7979	нет решения	–
	5517	28,440	5517	29,009	1,02
Марс	3374	0,373	3396	0,3670	0,984
	3,7618	9,906	3,7132	10,158	1,0254
	3940	74,0	3862	74,9	1,012
Венера	6051,76	0,430	6051,8	0,433	1,012
	8,875	1,4611	8,865	1,45	0,99315
	5239	31,8513	5234	31,853	1,00006
Луна	1736,8	1,733	1738	2,9263	1,69
	1,6252	10,8455	1,6232	6,396	0,59
	σ =3340	173,53	σ =3340	174,18	1,004
	σ =3711	190,8	σ =3711	191,3	1,003
Сатурн	59776,4	0,03797	66268,0	0,038004	1,002
	10,6156	-	8,6375	-	
	σ =517	-	σ =300	-	
	σ =574	0,05	σ =517	35,9	
Юпитер	66856,46	0,01672	71492	0,0166	0,993
	28,3428	-	24,7865	-	-
	σ =1327	-	σ =1020	-	-
	σ =1474	0,0332	σ =1206	0,038	1,145
	-	2,06	-	2,33	1,131
	-	9,5675	-	10,95	1,144
Солнце	699246	1,03895	701160	1,0432	1,004
	274		274		
	1409		1409		
Солнце	699246	0,00757	701160	0,00522	0,6896
	274	0,1311	274	0,0882	0,6728
	1395	1,0164	1381	1,02568	1,0091
Солнце	699246	0,003182	701160	0,0033567	1,055
	284	0,215994	284	0,2019512	0,935
	1409	0,950607	1409	0,9562086	1,006

Для сферических планет имеем одно решение

$$\mu_o = \mu_{op} = \mu_{oe}.$$

Для одних и тех же экспериментально измеренных значений силы тяжести и средней плотности на полюсе Земли имеем, кроме нулевого, еще три значения ЛПК. Это говорит как о том, что поглощение поля есть, так и о том, что его вообще нет. Солнце имеет только одно значение ЛПК. А три ЛПК – только при плотности на 1% меньшей, чем экспериментально измеренная, или при большей на 3,5% силе тяжести.

Из табл. 3 следует, что для Марса, кроме нулевого ЛПК, также существуют еще три ненулевых ЛПК, при которых, по второй модели, на полюсе планеты удовлетворяется измеренное значение силы тяжести. На экваторе имеем, как и для Земли, только одно ЛПК, а три ЛПК у Марса будет при уменьшении его плотности на 2%. Для Луны (как самого меньшего тела) имеем также три значения ЛПК и на экваторе.

Более того, для каждой плотности найдутся соответствующие значения ЛПК. Для крупных планет и Солнца трех ЛПК, для той же измеренной плотности, пока не обнаружено, но для некоторых значений большей и меньшей плотности ЛПК найдены и приведены в табл. 3.

Очень большой разницы между ЛПК на полюсе и экваторе у сфероидных планет нет, за исключением Луны, хотя сжатие у нее очень малое.

Поскольку по второй модели, в отличие от первой, ЛПК>0 получены также и для тех плотностей планет, которые дают ЛПК=0, то, вполне равновероятно, существует поглощение поля или его нет.

И, наконец, приведем решение обратной задачи относительно ЛПК для третьей модели, получаемой из второй модели путем замены $\mu = \sigma\mu_o$ на

$$\mu = \sqrt{\sigma}\mu_o. \tag{11}$$

Уравнения (10) для этой модели имеют вид

$$\begin{aligned} V_z(2\mu_{op}\sqrt{\sigma}\rho_p) &= V_z(\sigma_o\rho_p); \\ V_z(2\mu_{oe}\sqrt{\sigma}\rho_e) &= V_z(\sigma_o\rho_e). \end{aligned} \tag{12}$$

Результаты решения ОЗГ для 3-й модели, выполненные по этой схеме, приведены в табл. 4.

Существенной разницы между решениями по 2-й и 3-й моделях нет. Они имеют аналогичное распределение, но все три решения для полюса Венеры отличаются в 13,8158 раз, а для полюса и экватора Луны – в 17,303 раза. Для Солнца соответствующие значения двух ЛПК по второй модели в 26,6405 раз больше, чем для 3-й. Все эти соотношения вполне объясняются заменой (11) для планет с различной плотностью. Выражение для соотношения ЛПК по двум моделям *i*-той планеты имеет вид

$$\mu_{2,i} / \mu_{3,i} = 10^3 / \sqrt{\sigma_i}.$$

Подставляя в эту формулу, соответственно, средние плотности Венеры, Луны и Солнца: 5239, 3340 и 1409 кг/м^2, получим приведенные выше численные соотношения. Для Земли оно должно быть равно 13,4632.

Два первых корня из трех находятся в неустойчивой области решений, а третий – в устойчивой, что, возможно, имеет какой-то физический смысл и подлежит интерпретации. К тому же, для Солнца и Земли мы имеем только по одному решению в устойчивой области, которые имеют один порядок с предельными значениями для бесконечной плотности.

Таблица 4

Текущие значения линейного плотностного коэффициента
для сфероидной Земли и планет по 3-й модели

Планета	Для полюса		Для экватора		
	Радиус R_p, км g_p, м/с^2 Плотн. σ, кг/м^3	ЛПК μ_{op} 10^{-10}м^2/кг	Радиус R_e, км g_e, м/с^2 Плотн. σ, кг/м^3	ЛПК μ_{oe}, 10^{-10} м^2/кг	Отношение ЛПК μ_{oe} / μ_{op}
Земля	6356 9,8639 5517	0,00188	6378 9,7979 5517	0,00190	1,0106
Венера	6051,76 8,87015 5239	0,0311 0,1058 2,3059	6051,8 8,87003 5239	0,0311 0,1058 2,3059	1,0 1,0 1,0
Луна	1736,8 1,6252 σ =3340	0,10016 0,6268 10,029	1738 1,6232 σ =3340	0,1691 0,369 10,066	1,69 0,59 1,0037
Солнце	699246 274 1409	0,039	701160 274 1409	0,03916	1,0041

Научная новизна. На основании решений ОЗГ для нелинейных моделей установлено, что пределы области существования ЛПК для планет значительно сужены, находятся, в основном, в пределах 10^{-10}–10^{-13} м^2/кг и не могут существенно экранировать месторождения нефти, газа и руд. А поэтому интерпретацию гравитационного поля можно выполнять по формулам, не учитывающим поглощение ГИ, что значительно проще и эффективнее.

Поскольку явление поглощения собственного гравитационного поля субстратом планеты возможно, и оно описывается тем же математическим законом, что и другие явления (перенос тепла, диффузия, гамма-излучение), то для него также следует составить аналогичную физическую модель.

Запишем выражение силы притяжения для разнесенных на расстояние ρ двух тел, каждое из которых представлено одной молекулой, состоящей из равного количества Z протонов и нейтронов массой m

$$F_g = \frac{4kZ^2m^2}{\rho^2}. \qquad (13)$$

Предположим, что каждая пара протон-нейтрон движется в ядре по спаренным орбитам, и между ними непрерывно происходит обмен электроном или позитроном, т.е. протон по очереди становится нейтроном, а нейтрон – протоном. В масштабах этих частиц есть свои неоднородности. И в каждом случае обмена один электрон нейтрона находится ближе к позитрону протона, в результате чего происходит захват электрона протоном (или позитрона нейтроном в обратном направлении). При этом электрон с зарядом e в свободном состоянии проходит расстояние l со скоростью V за время t. Возможно, что эти акты обмена происходят и между частицами разных орбит, если они оказываются на близких расстояниях. Не исключено, что происходит несколько актов обмена n у одной пары частиц одновременно или за один оборот частицы на орбите при скорости V, близкой к скорости света c, хотя это и не обязательно. Вполне возможно, что переход электронов или позитронов на другие частицы в ядрах атомов происходит по параллельным отрезкам в магнитном поле, которое создается одной молекулой внутри другой молекулы. При таких условиях каждый электронный переход представляет собой линейный ток $I = et$ на отрезке l, создающий магнитное поле, которое взаимодействует с таким же током внутри другой молекулы, расположенной на расстоянии ρ. Силу взаимодействия элементарных токов перехода в разных молекулах при одновременных актах обмена запишем формулой

$$F_m = \frac{\mu_o Z^2 (etl\mathrm{n})^2}{4\pi\rho^2} \qquad (14)$$

Приравнивая выражения (13) и (14), получим равенство, не зависящее от расстояния между молекулами и атомного номера вещества

$$4km^2 = \frac{\mu_o (et\ln)^2}{4\pi} = \frac{\mu_o (eVn)^2}{4\pi f^4}, \qquad (15)$$

где $f = 1/t = V/l$ – частота актов обмена.

Преобразуем (15) и получим формулу для частоты обменных переходов

$$\mathrm{f}^2 = \left(\frac{\mu_o}{4\pi k}\right)^{1/2}\left(\frac{e\mathrm{Vn}}{2m}\right), \qquad (16)$$

При n =1 и $V \cong c$ в формулу (16) входят только общеизвестные физические константы, и для них частота излучения и длина волны равны

$$\mathrm{f} = 7,5 \times 10^8; \ \lambda = 0,4.$$

Излучение с такими параметрами интенсивно поглощается. Но реальные скорости перехода и количество одновременных актов обмена неизвестны. Вполне возможно, что они зависят от расстояния ρ между телами, а от него уже зависит степень параллельности линий перехода зарядов и, соответственно, интенсивность магнитного поля. Но, в любом случае, $\infty > n \geq 1$, а $0 < V < c$. Поэтому оценка частоты и длины волны по (16) имеет вид

$$\mathrm{f} = \sqrt{\mathrm{nV}} \times 4.5 \times 10^4; \quad \lambda = 6700/\sqrt{\mathrm{nV}}. \qquad (17)$$

Из оценок (17) следует, что при различных n и V длина волны электромагнитного излучения, отождествляемого с гравитационным, может быть и гиперкороткой и гипердлинной, т.е. излучение может быть везде проникающим или все обходящим. На всех промежуточных частотах было бы полное или частичное поглощение электромагнитного поля субстратом планеты. Однако нам известно, что поглощение постоянного магнитного поля и низкочастотного излучения немагнитными и слабо магнитными горными породами ничтожно мало и не учитывается при решении обратных задач магнитометрии. Следовательно, рассмотренная модель гравитационного поля допускает его электромагнитную природу, а поэтому при решении ОЗГ нет необходимости в учете поглощения ГИ горными породами.

Выводы. 1. На основании решений обратных задач для нелинейных моделей установлено, что пределы области существования линейного плотностного коэффициента поглощения для планет значительно сужены с двух сторон и находятся, в основном, в пределах 10^{-10}–10^{-13} м^2/кг.

2. Значения ЛПК очень низки. Следовательно, горные породы не могут существенно или хотя бы заметно экранировать гравитационное излучение от месторождений нефти, газа и руд. А поэтому интерпретацию гравитационного поля можно выполнять по формулам, не учитывающим поглощение ГИ.

3. Полученные сведения о низких значениях ЛПК позволяют проводить поиски МПИ с помощью гравиразведки без учета факта существования явления поглощения ГИ на любых реально возможных глубинах.

Перспектива дальнейших исследований. Следует искать другие эффективные модели, позволяющие выделить параметр или процесс, который количественно более точно оценивает интенсивность исследуемого явления на больших глубинах.

Список литературы / References

1. Михайлов И.Н. Гравитация и гравиразведка / И.Н. Михайлов // Геофизика. – 2005. – №1. – С. 38–49.

Mikhaylov, I.N. (2005), "Gravitation and gravimetry", *Geophysics*, no.1, pp. 38–49.

Мета. Встановити інтенсивність прояву ефекту поглинання гірськими породами гравітаційного випромінювання (ГВ), використовуючи природні лабораторії типу Земля разом із виміряним на їх поверхні гравітаційним полем (ГП), для чого необхідно отримати формули розв'язання прямих і обернених задач планетарної гравіметрії (ПЗГ і ОЗГ) з урахуванням різних схем поглинання власного ГВ усередині планети.

Методика. Неоднозначність рішення обернених задач при пошуках вуглеводнів та інших родовищ корисних копалин (РКК) по ГП змушує підвищити точність раніше отриманих оцінок параметрів поглинання. Якщо поглинання дуже велике, то ГВ від нафтогазових структур і рудних РКК, що залягають на глибинах від 1 до 10 км, будуть повністю екрановані розташованими над ними пластами гірських порід. Тоді пошукові можливості гравіметрії будуть рівні нулю. Якщо ж поглинання дуже мале, тоді всі гравітаційні аномалії можна вважати створеними локальними змінами щільності в земній корі за рахунок РКК. Оцінки лінійного щільнісного коефіцієнта (ЛЩК) поглинання ГВ за різними вельми наближеними експериментальними даними коливаються у великих межах: 10^{-9}–10^{-24} м^2/кг. Тому в ОЗГ автор використав експериментально виміряні значення ГП на полюсах і екваторі планети, а в ПЗГ – експоненційний розподіл ЛЩК з показником від'ємного першого ступеня для лінійної моделі середовища, і у квадраті – для нелінійної. Отримані рівняння були вирішені відносно ЛЩК.

Результати. Для опису явища поглинання ГВ найбільш придатна нелінійна модель ЛЩК.

Наукова новизна. На підставі рішень ОЗГ для нелінійних моделей встановлено, що межі області існування ЛЩК для планет значно звужені, знаходяться, в основному, у межах 10^{-10}–10^{-13} м^2/кг і не можуть суттєво екранувати ГВ від родовищ нафти, газу та руд. А тому інтерпретацію гравітаційного поля можна виконувати за формулами, що не враховують поглинання ГВ, що значно простіше та ефективніше.

Практична значимість. Отримані відомості дозволяють проводити пошуки РКК на будь-яких реально можливих глибинах за допомогою гравіметрії, за економічними для обчислень формулами, без урахування факту існування явища поглинання ГВ.

Ключові слова: *гравіметрія, поглинання поля, пряма й обернена задача, лінійний щільнісний коефіцієнт, нелінійна модель, природа поля*

Purpose. To determine the intensity of display of the effect of gravitational radiation (GR) absorption by rocks, using natural laboratories of the type "Earth" together with the gravitational field measured on their surface (GF). To reach the purpose it is necessary to receive formulas for planetary gravimetry direct and inverse problems solution taking into account various schemes of own GR absorption by planets.

Methodology. Ambiguity of solution of the inverse problems for hydrocarbons and other mineral deposits prospecting using GF requires raising accuracy of absorption parameters estimations received earlier. If the absorption is very intensive, the GR from oil and gas structures and ore deposits occurring at depths of 1–10 km will be completely screened by the covering rocks. In that case the attempts of gravimetry prospecting will be useless. If the absorption is too low, it is possible to consider every gravitational anomaly as the one created by local changes of density in earth crust caused by deposits. Estimations of the linear density factor of the GR absorption received by various experimental data differ from 10^{-9} to 10^{-24} m^2/kg. That is why for solution of the inverse problems the author has used experimentally measured values of GF on poles and equators of planets, and for direct problems – exponent distribution of the linear density factor with the indicator in negative first degree for linear model of the environment, and squared one for nonlinear. The received equations have been solved rather linear density factor.

Findings. The nonlinear model of linear density factor is more useful for the description of the phenomenon of GR absorption.

Originality. On the basis of solutions of the inverse problems for nonlinear models the limits of area of appearance of linear density factor for planets lie within 10^{-10}–10^{-13} m^2/kg and it can't essentially shield an oil, gas and ore deposits. Therefore gravitational field interpretation can be carried out under the formulas which do not take into account the GR absorption that is much easier and more effective.

Practical value. The received conclusion allows us to prospect mineral deposits at any possible depths with the help of gravimetry by using formulas more economical for calculations, without account taken of the phenomenon of GR absorption.

Keywords: *gravimetry, field absorption, direct and inverse problem, linear density factor, nonlinear model, field nature*

Рекомендовано до публікації докт. геол. наук І.С. Паранько. Дата надходження рукопису 03.01.12.