

მსკელ ნოდიას გეოფიზიკის ინსტიტუტი

შრომათა კრებული

ИНСТИТУТ ГЕОФИЗИКИ ИМ. М. З. НОДИА

СБОРНИК ТРУДОВ

MIKHEIL NODIA INSTITUTE OF GEOPHYSICS

PROCEEDINGS

2009

მიხეილ ნოდიას გეოფიზიკის ინსტიტუტი
შრომები, ტ. LXI
Институт геофизики им. М. З. Нодиа
Труды, т. LXI
Mikheil Nodia Institute of Geophysics
Proceedings, vol. LXI

შრომათა კრებული

Сборник трудов

Proceedings

თბილისი

Тбилиси 2009 Tbilisi

რედაქტორი ვ. კ. ჭიჭინაძე
Редактор В. К. Чичинадзе
Editor V. Chichinadze

რეცენზენტი გეოლ.-მინ. მეცნიერებათა დოქტორი გ. გ. გუგუნავა
Рецензент
Доктор геол.-мин. Наук Г. Е. Гугунава
Reviewer
Doctor of geology and Mineralogy G. Gugunava

ISSN 1512-1135

დაიბეჭდა გამომცემლობა „გლობუსის“ სტამბაში

ОБ ЭКВИВАЛЕНТНЫХ РАСПРЕДЕЛЕНИЯХ ОБЛАСТЕЙ ИЗ КЛАССА П (КЕ_N, δ, D)

Капаиадзе Д.В., Миндели П.Ш., Амилахвари З.Л.

Институт геофизики им. М.З Нодиа, 0193, Тбилиси, ул. М. Алексидзе 1.

Известно, что единичная масса в начале координатной системы и единичный круг $\Omega_1 = \{x: |x| < 1\}$ с постоянной плотностью $\delta = \frac{1}{\pi}$ во внешней области $R^2 - \Omega_1$ имеют один и тот же логарифмический потенциал, т.е.

$$\ln \frac{1}{|x|} = \frac{1}{\pi} \int_{|y| < 1} \ln \frac{1}{|x-y|} dy, \quad |x| > 1 \quad (1)$$

Кроме того для эллипса

$$S_2 = \left\{ (x_1, x_2): \frac{x_1^2}{a^2} + \frac{x_2^2}{b^2} \leq 1 \right\} \quad (c^2 = a^2 - b^2),$$

с постоянной плотностью и отрезок $(-c, c)$ с переменной плотностью ψ_1 во внешней области $R^2 - S_2$ имеют один и тот же логарифмический потенциал. Следовательно, эллипс S_2 и отрезок $(-c, c)$ с плотностью ψ_1 – гравиметрически эквивалентные тела

$$\int_{S_2} \ln \frac{1}{|x-y|} dy = \int_{-c}^c \psi_1(y) \ln \frac{1}{|x-y|} dS_y, \quad x \in R^2 - S_2 \quad (2)$$

Введем некоторые определения. Пусть Q односвязная кусочно-гладкая ограниченная область на плоскости R^2 . Мы скажем, что для области Q с плотностью $\delta = \text{const}$ существует правильное сингулярное эквивалентное распределение, если выполняются следующие условия [1, с.6].

1. Существует множество (замкнутое) $E \subset \bar{Q}$, для которого двумерная мера Лебега равна нулю и $\Omega - E$ – связанное множество ($\Omega - E$ есть область).
2. На компакте E существует обобщенная мера μ такая, что

$$\int_Q \delta \ln \frac{1}{|x-y|} dy = \int_E \ln \frac{1}{|x-y|} d\mu(y) \quad x \in R^2 - Q \quad (3)$$

(E, μ) называется правильное (свойство 1) сингулярное эквивалентное распределение (свойство 2). [1, с.6].

Равенство (1) означает, что единичная масса в центре круга для единичного круга есть правильное сингулярное эквивалентное распределение (СЭР), а отрезок $(-c, c)$ с плотностью ψ^1 есть правильное сингулярное эквивалентное распределение для эллипса. [1, 2].

Теперь рассмотрим односвязную ограниченную область Ω , граница которой удовлетворяет условию: каждая гладкая часть для $\partial\Omega$ есть отрезок прямой или дуга некоторой окружности. Предполагается, что граница содержит по крайней мере один отрезок

и одну дугу окружности [1]. Класс таких областей обозначается через $\Pi (KE_N, \delta, D)$ [1]. Здесь $\delta = \text{const}$ – плотность на Ω , D – односвязная ограниченная область, которая содержит Ω , $\Omega \in \Pi (KE_N, \delta, D)$.

Определение 1. Считаем, что СЭР есть регулярное, если множество $E = \bigcup_1^n e_K$, где e_K – кусочно-гладкая кривая из C^∞ и плотность ψ_K принадлежит $C^\infty(e_K)$ ($K=1, 2, \dots, n$).

Определение 2. Считаем, что СЭР есть квазирегулярное, если множество E состоит из регулярного СЭР и конечного числа изолированных точек.

Определение 3. Считаем, что СЭР есть естественное, если пересечение $E \cap \partial\Omega$ состоит только из особых точек внешнего потенциала V_1 , где

$$V_1(x) = \int_{\Omega} \delta \ln \frac{1}{|x-y|} dy, \quad x \in R^2 - \bar{\Omega}$$

Определение 4. Точка $x_0 \in \partial\Omega$, есть особая точка для V_1 , если для некоторого k ($k=1, 2, 3, \dots$) производная порядка k в точке x_0 равна бесконечности $V_1^{(k)}(x_0) = \infty$.

Заметим, что для области $\Omega \in \Pi (KE_N, \delta, D)$ особая точка для потенциала

$$V_1(x) = \int_{\Omega} \delta \ln \frac{1}{|x-y|} dy \quad (\delta = \text{const})$$

есть только негладкие точки $\partial\Omega$, а для гладкой точки x_0 существует конечная производная для любого $k=1, 2, 3, \dots$

Определим логарифмические потенциалы для ограниченной кусочно-гладкой области Q

$$V'(x) = \int_Q \ln \frac{1}{|x-y|} f(y) dy \quad f \in C(\bar{Q}),$$

$$U''(x) = \int_Q \ln \frac{1}{|x-y|} \psi(y) dS, \quad \psi \in C(\partial Q).$$

Определим также следующие множества

$$S_1 = \{x : |x| < R_1\}, \quad S = \{x : R_1 < |x| < R_2\}$$

Положительные постоянные обозначаются через C_i ($i=1, 2, 3, \dots$), а пустое множество через \emptyset .

Справедливо следующее утверждение.

Теорема 1. Область $\Omega \in \Pi (KE_N, \delta, D)$ не имеет естественного регулярного СЭР. Кроме того, область Ω не имеет также естественного квазирегулярного СЭР.

Доказательство. Допустим противное, т.е. что существует регулярное СЭР.

Следовательно, множество $E = \bigcup_{K=1}^n e_K$, плотность $\mu \in C^\infty(e_K)$ ($K=1, 2, \dots, n$), для которых выполняется равенство

$$\delta \int_{\Omega} \ln \frac{1}{|x-y|} dy = \int_E \mu(y) \ln \frac{1}{|x-y|} dS, \quad x \in R^2 - D. \quad (4)$$

Без уменьшения общности можно предполагать, что некоторый отрезок I ($I \subset \partial\Omega$) и ось ox_2 – параллельные прямые. В противном случае сделаем поворот координатной системы, после которого равенство (4) сохраняется. Из (4) следует, что для любой плотности $\psi \in C(\partial\Omega)$ имеем

$$\delta \int_{\Omega} U''(y) dy = \int_E U''(y) \mu(y) dS, \quad \psi \in C(\partial\Omega).$$

Отсюда нетрудно доказать, что

$$\int_{\Omega} u(y) dy = \int_{\Gamma} u(y) \mu_1(y) dS_y, \quad \mu_1 = \frac{\mu}{\delta}$$

где u – гармоническая функция из пространства $C(\bar{\Omega})$.

Заметим, что в области существует решение задачи Дирихле для любой непрерывной функции $g \in C(\partial\Omega)$. Из (5) следует, что

$$\int_{\Omega} \frac{\partial V^f(x)}{\partial x_2} dx = \int_{\Gamma} \frac{\partial V^f(x)}{\partial x_2} \mu_1(y) dS_y, \quad f \in C(S),$$

где $S = \{x : R_1 < |x| < R_2\}$, $\bar{\Omega} \subset S, \{x : |x| < R_1\}$. Очевидно, что V^f – гармоническая функция из $C(\bar{\Omega})$. Из последнего интегрального равенства, в силу формулы Грина-Гаусса, получаем

$$\int_{\partial\Omega-I} V^f(x) \cos(\hat{\nu}_x, x_2) dS_x = \int_{\Gamma} W^f(x) \mu_1(y) dS_y, \quad (5)$$

Интеграл на I равен нулю ($\cos(\hat{\nu}_x, x_2) = 0, x \in I, \nu_x \perp ox_2$), где

$$W^f(y) = \int_S \frac{\partial U(x, y)}{\partial x_2} f(x) dx$$

Интегральное равенство (5) можно переписать

$$\int_{S_1} U^{\psi_1}(x) f(x) dx = \int_S W^{\mu_1}(x) f(x) dx,$$

Здесь $\psi_1(x) = \cos(\hat{\nu}_x, x_2)$, $x \in \partial\Omega - I$. Из последнего интегрального равенства получаем

$$U^{\psi_1}(x) = W^{\mu_1}(x), \quad x \in S. \quad (6)$$

Поскольку $\Omega - E$ связанное множество и $\psi_1(x) = 0, x \in I$, то равенство (6) выполняется также на $\Omega - E$. Таким образом равенство (6) выполняется на $R^2 - E$.

Пусть $e_1 \in \partial\Omega$ – дуга некоторой окружности. По условию граница $\partial\Omega$ содержит хотя бы одну дугу окружности. Пусть далее, $x_0 \in e_1 \subset \partial\Omega$ некоторая гладкая точка для $\partial\Omega$. $\sigma_1 = \{x : |x - x_0| < \varepsilon_1\} \cap \partial\Omega$ – гладкая дуга на $\partial\Omega$, ε_1 – достаточно малое число. Можно предполагать, что вектор $\nu_{x_0} = \nu_0$ – параллелен оси ox_1 . В противном случае для равенства (6) сделаем поворот координатной системы, после которого $\nu \parallel ox_1$. Для любой плотности

$\psi \in C(\sigma_2)$, $\sigma_2 = \left\{ x = (x_1, x_2) : |x - x_0| < \frac{\varepsilon_1}{2}, x_2 > x_2^0 \right\}$ имеем

$$\int_{\partial\Omega-I} U^{\psi}(x) \cos(\hat{\nu}_x, x_2) dS_x = \int_{\Gamma} W^{\psi}(x) \mu(x) dS_x.$$

Отсюда получаем

$$\int_{\sigma_2} U^{\psi}(x) \cos(\hat{\nu}_x, x_2) dS_x = \int_{\Gamma} W^{\psi}(x) \mu_1(x) dS_x - \int_F U^{\psi}(x) \cos(\hat{\nu}_x, x_2) dS_x, \quad (7)$$

где $F = \partial\Omega - I - \sigma_2$, $\cos(\hat{\nu}_x, x_2) = \pm \frac{1}{\sqrt{1 + [r'(x_1)]^2}}$.

Здесь $x_2 = \tau(x_1)$ – уравнение σ_2 , $x_1 \in (a, b) = \{x_1 : (x_1, x_2) \in \sigma_2\}$.

Поскольку $\nu_0 \parallel ox_1$, то касательная прямая в точке x_0 параллельна оси ox_2 . Значит $r'(x_1^0) = \pm\infty$. Кроме того нетрудно доказать, что

$$-\frac{\partial}{\partial x_1} \frac{1}{\sqrt{1 + [\tau'(x_1)]^2}} = \frac{\tau''(x_1) \cdot \tau'(x_1)}{[1 + [\tau'(x_1)]^2]^{\frac{3}{2}}}$$

Известно, что выражение

$$\rho(x_1, x_2) = \left| \frac{\tau''(x_1)}{[1 + [\tau'(x_1)]^2]^{\frac{3}{2}}} \right|$$

есть кривизна кривой σ_1 в точке $(x_1, x_2) \in \sigma_2$. Отметим, что кривизна дуги σ_1 окружности постоянна, которая отлична от нуля.

Для завершения доказательства понадобится вспомогательное утверждение.

Лемма. Пусть $\psi \in C(\sigma)$, тогда справедливо неравенство

$$\|\psi\|_{k^1(\sigma)} \leq C \|U^\psi\|_{k^1(\omega)}, \quad (8)$$

где $\sigma = \left\{ x : |x - x_0| < \frac{\epsilon_1}{4} \right\} \cap \sigma_2$, $\omega = \left\{ x : |x - x_0| < \frac{\epsilon_1}{2} \right\}$, $C_0^1(\omega)$ — подпространство

финитных функций из $C^1(\omega)$, $\bar{\omega} \cap E = \emptyset$.

Доказательство леммы. Для любой функции $f \in C_0^1(\omega)$ имеем

$$\int_{\sigma} \psi(x) f(x) dS_x = -\frac{1}{4\pi} \int_{\sigma} \psi(x) V^{\Delta} f(x) dS_x = -\frac{1}{4\pi} \int_{\omega} U^{\psi}(x) \Delta f(x) dx$$

Отсюда получаем

$$\sup_{\|f\|_{k^1(\sigma)} \leq 1} \left| \int_{\sigma} \psi(x) f(x) dS_x \right| \leq C \sup_{\|f\|_{k^1(\omega)} \leq 1} \left| \int_{\omega} U^{\psi}(x) f(x) dx \right|$$

Следовательно

$$\|\psi\|_{k^1(\sigma)} \leq C \|U^{\psi}\|_{k^1(\omega)} \quad (9)$$

Лемма доказана.

Теперь рассмотрим единичный шар

$$\Psi_1 = \|U^{\psi}\|_{k^1(\omega)} \leq 1, \quad \psi \in C(\sigma)$$

Возьмем функционал из Φ_1

$$L = \pm \frac{\partial \delta_{x_1}}{\partial t_1} \times \delta_{x_1}, \quad (x_1, x_2) \in \sigma,$$

где $\delta_{x_1}, \delta_{x_2}$ — одномерные меры Дирака, а

$$\frac{\partial \delta_{x_1}}{\partial t_1} \left\{ \left(\frac{\partial \delta_{x_1}}{\partial t_1}, g(t_1) \right) = -\frac{\partial g(x_1)}{\partial t_1} \right\}, \quad g_1 \in C_0^1(R^1)$$

Обобщенная производная [3] меры Дирака δ_{x_1} . Нетрудно видеть, что функционал $L \in \Phi_1$. Пусть $U^{\psi} = L$, $\psi \in \{C^3(\sigma)\}^*$.

Из равенства (7) получаем

$$\left| \pm \frac{\partial}{\partial x_1} \frac{1}{\sqrt{1 + [\tau'(x_1)]^2}} \right| \leq C_1 \|\psi\|_{k^1(\sigma)} + C_2 \|\psi\|_{k^1(\sigma)} \leq C_4 \|U^{\psi}\|_{k^1(\omega)} \leq C_4. \quad (10)$$

Левую сторону можно переписать

$$\left| \frac{\tau'(x_1) \cdot \tau''(x_1)}{[1 + [\tau'(x_1)]^2]^{\frac{3}{2}}} \right| = |\tau'(x_1)| \cdot \left| \frac{\tau''(x_1)}{[1 + [\tau'(x_1)]^2]^{\frac{3}{2}}} \right| = |\tau'(x_1)| \cdot \rho(x_1, x_2)$$

Перейдем к пределу, когда $x_1 \rightarrow x_1^0$. Из (10) и из последнего равенства получаем $(\rho(x_1, x_2) = const, \quad x \in \sigma)$

$$\infty \leq C_4 = const.$$

Мы пришли к противоречию. Полученное противоречие доказывает теорему в случае естественного регулярного СЭР.

В случае квазирегулярного СЭР теорема доказывается аналогично тому, как это делается для регулярного СЭР.

Теперь рассмотрим ограниченную, кусочно-гладкую односвязную область Ω , которая удовлетворяет условиям: любая гладкая часть границы $\partial\Omega$ принадлежит C^∞ , граница $\partial\Omega$ содержит некоторый отрезок прямой линии и существует гладкая точка $x_0 \in \partial\Omega$, для которой кривизна $\rho(x_0) \neq 0$. Тогда справедливо обобщение доказанного утверждения.

Теорема 2. Пусть односвязная, ограниченная область Ω удовлетворяет сформулированным условиям. Тогда область Ω не имеет естественного регулярного СЭР. Кроме того, Ω не имеет также естественного квазирегулярного СЭР.

Для доказательства теоремы 2 достаточно повторить рассуждения теоремы 1.

Теперь рассмотрим трехмерное пространство R^3 . Пусть $\Omega \subset R^3$ – односвязная ограниченная, кусочно-гладкая область, которая удовлетворяет условиям: граница $\partial\Omega$ содержит некоторый круг и часть поверхности некоторого шара (круг – часть некоторой плоскости).

Теорема 3. Пусть область $\Omega \subset R^3$ удовлетворяет сформулированным условиям. Тогда область Ω не имеет естественного регулярного СЭР. Кроме того, Ω не имеет также естественного квазирегулярного СЭР.

Для доказательства теоремы 3 используются ньютоновские потенциалы

$$V^f(x) = \int_{\Omega} \frac{1}{|x-y|} f(y) dy, \quad f \in C(\overline{\Omega}),$$

$$U^\psi(x) = \int_{\partial\Omega} \frac{1}{|x-y|} \psi(y) dS_y, \quad \psi \in C(\partial\Omega)$$

Заметим, что в трехмерном случае множество $E = E_1 \cup E_2 \cup E_3$, где E_1 – кусочно-гладкие поверхности, E_2 – кусочно-гладкие кривые, E_3 – изолированные точки. Предполагается, что $\Omega - E$ – связанное множество.

Литература

1. Страхов В.Н. Нерешенные проблемы математической теории плоской задачи гравиметрии и магнитометрии. Изв. АН СССР. Физика Земли. 1979. №8. С. 3-28.
2. Страхов В.Н. Некоторые примеры эквивалентности и слабой единственности плоской обратной задачи потенциала. Изв. АН СССР. Физика Земли. 1973. № 5 С. 39-62.
3. Владимиров В.С. Обобщенные функции в математической физике. Москва, Наука. 1979. С. 318.

ეკვივალენტური განაწილების შესახებ
არეგულარული Π (KE_N, δ, D) კლასიდან

კაპანაძე ჯ., მინდელი პ., ამილახვარი ზ.

რეზიუმე

განხილულია ამოცანა ეკვივალენტური განაწილების შესახებ არეგულარული Π (KE_N, δ, D) [1] კლასიდან ორგანოზომილებიან შემთხვევაში. დამტკიცებულია, რომ არისათვის $\Omega \in \Pi$ (KE_N, δ, D) არ არსებობს ბუნებრივი რეგულარული სინგულარული ეკვივალენტური განაწილება და არც ბუნებრივი კვაზირეგულარული სინგულარული ეკვივალენტური განაწილება.

ჩამოყალიბებულია დამტკიცებული თეორემის განზოგადება სამგანზომილებიან სივრცეში ნიუტონის პოტენციალებისათვის.

ОБ ЭКВИВАЛЕНТНЫХ РАСПРЕДЕЛЕНИЯХ ОБЛАСТЕЙ ИЗ КЛАССА Π (KE_N, δ, D)

Капанაძე Д.В., Миндели П.Ш., Амилახвари З.Л.

Реферат

Рассматривается задача о сингулярных эквивалентных распределениях для областей из класса Π (KE_N, δ, D) на плоскости R^2 . Доказывается, что для области $\Omega \in \Pi$ (KE_N, δ, D) [1] естественное регулярное сингулярное эквивалентное распределение (СЭР) не существует. Кроме того, устанавливается, что для области $\Omega \in \Pi$ (KE_N, δ, D) естественное квазирегулярное СЭР не существует.

Формулируется обобщение доказанного утверждения в пространстве R^3 .

ONEQUIVALENT DISTRIBUTIONS FOR DOMAINS FROM Π (KE_N, δ, D)

Капанაძე D., Миндели P., Амилახвари Z.

Abstract

It is proved that for the domains belonging to the class Π (KE_N, δ, D) (see [1]) there is no natural regular SED. Moreover, there is no even natural quasi-regular SED. A generalization of these assertions is given. Finally, the results are extended to Newtonian potentials.

ИССЛЕДОВАНИЕ ДЕФОРМАЦИЙ ЗЕМЛИ, РЕГИСТРИРУЕМЫХ КВАРЦЕВЫМ ЭКСТЕНЗОМЕТРОМ, ВЫЗВАННЫХ ЛОКАЛЬНЫМИ ФЛЮКТУАЦИЯМИ АТМОСФЕРНОГО ДАВЛЕНИЯ

Картвелишвили К. З.

Институт геофизики им. М. З. Нодиа, 0193, Тбилиси, ул. Алексидзе, 1.

Возможности исследования длиннопериодных сейсмических колебаний земной поверхности, регистрируемых экстензометрами, нередко ограничиваются низким отношением сейсмического сигнала к фону помех. Особенно остро этот вопрос встает при выделении собственных колебаний Земли.

Повышение реальной чувствительности кварцевых экстензометров с емкостными преобразователями требует тщательного изучения структуры регистрируемых шумов. исследования их природы.

Известно, что основным источником длиннопериодных шумов, регистрируемых маятниковыми приборами, является атмосферное давление. Так, корреляция между длиннопериодными шумами, регистрируемыми сейсмографами и изменениями атмосферного давления, отмечалась в различных работах [1,2,3]. Теоретические исследования [4] показали, что при определенных геологических и метеорологических условиях, с локальными баровариациями может быть связана значительная часть мощности сейсмических шумов на периодах более 20 с. Поэтому, большой интерес представляет анализ одновременных записей атмосферного давления и деформации, которые можно рассматривать как двумерные временные ряды. Для их описания использовался математический аппарат спектрально - корреляционного анализа [5,6]

Используемый в Тбилисской подземной приливной Лаборатории земных приливов Института геофизики экстензометр с емкостным преобразователем малых смещений КД - 2 дает возможность проводить измерения изменений базы прибора на величину $10^{-3} - 10^{-4}$ мкм. Достижение столь высокой чувствительности позволило поставить задачу исследования уровня и структуры, регистрируемых штанговым экстензометром помех.

Для того, чтобы получить представление о качественной картине вариаций уровня и характера регистрируемых экстензометрами шумов, были просмотрены материалы наблюдений за 1976 - 1977 годы. При этом, какой - либо закономерной периодичности сезонных или суточных вариаций длиннопериодных шумов заметить не удалось.

Чтобы установить пределы изменения мощности длиннопериодных шумов, были проанализированы одновременные записи компонентов экстензометра №30° W, и №66,5° E, а также микробарометра. Выбранным участкам записи тоже, как минимум, за 5 часов не предшествовали землетрясения с магнитудой $M \geq 5,5$. Мощность шумов на записях обоих компонент Тбилисского экстензометра в пределах погрешности вычислений имеет одинаковую величину.

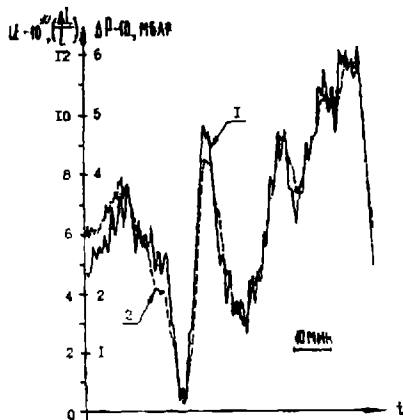


Рис. 1. Записи выходных сигналов компоненты N30°W Тбилисского экстензометра (1) и барометра (2) 14 апреля 1977 г.

На рисунках 1-2 показаны участки, пропущенных через цифровой фильтр с полосой пропускания $60^{-1} + 3600^{-1}$ Гц, одновременных записей выходных сигналов экстензометра и барометра. За время наблюдений, в указанной полосе частот изменения атмосферного давления, как правило, не превышали 1 миллибар, а деформации - 10^{-9} , величины значительно уступающие земноприливным деформациям. Отметим, что для компонента N30° W повышение давления сопровождается изменением выходного сигнала преобразователя, соответствующем удлинению базы прибора, или укорочению эталона длины (рис. 1). В то же время, при повышении давления, выходной сигнал компонента N66,5° E указывает на уменьшение базы прибора или увеличение эталона длины (рис. 2). Подобие записей выходных сигналов экстензометра и барометра позволяет предположить, что баровариации в данных условиях являются основным источником длиннопериодных шумов.

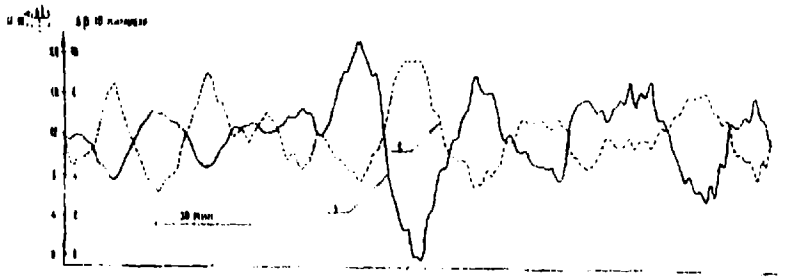


Рис. 2. Записи выходных сигналов компоненты N66,5°E Тбилисского экстензометра (1) и (2) 1 июля 1977 г.

Разделим все регистрируемые экстензометром помехи на две группы. В первую отнесем шумы, которые тем или иным образом связаны с баровариациями в месте установки экстензометра. Эта связь может осуществляться через деформации как эталона длины, так и окружающих пород, поскольку, согласно исследованиям, проведенным для

датчиков КД - 2 - [7], регистрируемые шумы не могут быть вызваны влиянием баровариаций непосредственно на емкостный преобразователь, все остальные шумы отнесем ко второй группе.

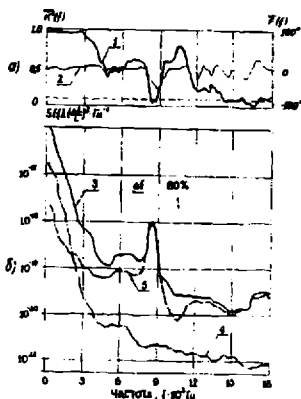


Рис. 3. Спектрально-корреляционные характеристики шумов, зарегистрированных 14 апреля 1977 г. в Тбилиси (компонента N30°W).

Для получения спектрально - корреляционных характеристик шумов кварцевого экстензометра по материалам наблюдений в Тбилисской подземной приливной лаборатории, рассчитывались сглаженные спектры мощности, когерентности и фазы одновременно регистрируемых деформаций и изменений атмосферного давления. При этом, спектр баровариаций пересчитывался к деформациям эталона длины под воздействием всестороннего сжатия.

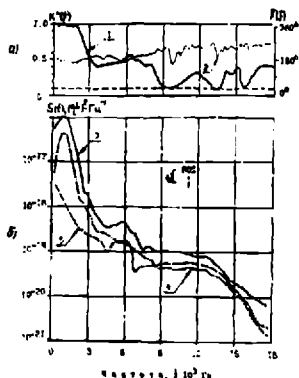


Рис. 4. Спектрально-корреляционные характеристики шумов зарегистрированных 1 июля 1977 г. в Тбилиси (компонента N66,°5E).

- а) Квадрат спектра когерентности (1) и взаимный фазовый спектр (2) шумов и баровариаций.
- б) Спектры мощности регистрируемых шумов (3) баровариаций (4) и остаточных шумов некоррелированных с изменениями атмосферного давления (5).

На рис. 3 приведены спектрально - корреляционные характеристики материалов регистрации для компонента экстензометра №30° W , а на рис. 4 - для компонента №66°,5E. Ширина спектрального окна и число степеней свободы, соответственно равны:

$$\Delta f_{N30^{\circ}W} = 7,7 \cdot 10^{-4} \text{ Гц}, \quad V_{N30^{\circ}W} = 30;$$

$$\Delta f_{N66^{\circ},5E} = 6,84 \cdot 10^{-4} \text{ Гц}, \quad V_{N66^{\circ},5E} = 25;$$

Число степеней свободы V определяется как [5,6]

$$V = 3T_0 / T_1$$

Здесь T_0 и T_1 длительности исходного анализируемого ряда и отдельного участка соответственно.

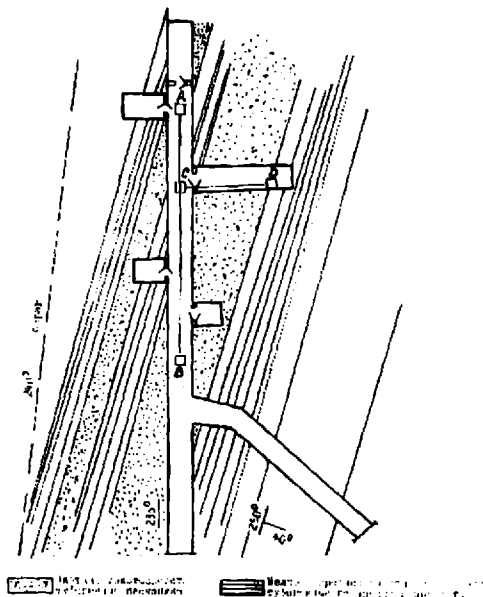


Рис. 5. План подземного сооружения приливоизмерительной лаборатории ИГ АН ГССР. АВ и СД компоненты деформометра N66°,5E и N30°W соответственно.

В области периодов $T \geq 300$ с, величины квадратов сглаженных спектров когерентности $K^2(f)$ близки к единице. Однако, взаимные спектры деформаций и баровариаций для этих компонентов отличаются на L и указывает на то, что в данном случае изменения атмосферного давления различным образом влияют на измерения в ортогональных направлениях.

Поскольку, наряду с высокими значениями квадрата спектра когерентности при повышении давления один компонент (№66°,5E) регистрирует уменьшение базы, а другой (N30°W) увеличение, то, естественно, предположить, что в подземной приливной лаборатории влияния баровариаций на результаты измерений, по крайней мере, для

одного компонента осуществляется через деформацию пород, на которых установлен прибор. Реакцию компонента N66°5E на изменение давления можно объяснить тем, что эталон длины деформируется в меньшей степени, чем подлежащие породы, т.е. в этом направлении последние имеют меньшую жесткость, чем эталон длины. Действительно, из рис. 5 следует, что жесткость базы экстензометра в направлении N66°5E из-за пересечения достаточно мощным слоем мелкозернистых песчаников, должна быть значительно ниже, чем в направлении N30°W.

При регистрации длиннопериодных деформаций земной поверхности необходимо максимально уменьшить влияние баровариаций, которое может осуществляться как воздействием на эталон длины (N30°W), также с деформациями базы прибора (N66°5E).

Проведенный анализ длиннопериодных шумов показал, что в диапазоне периодов $3600\text{с} > T \geq 200 - 400\text{с}$, величина квадрата спектра когерентности изменяется от 0,9 до 1. Это означает, что учет или компенсация влияния баровариаций позволит снизить уровень мощности регистрируемых кварцевым экстензометров шумов на 1-2 порядка.

Литერატურა

1. Черибай И. П., Картвелишвили К. З. Деформометрические наблюдения длиннопериодных колебаний. Материалы докладов республиканской научно - технической конференции молодежи "Проблемы наук о Земле". Тбилиси. 1978.

2. Ewing M., Press F. Further study of atmospheric pressure fluctuations recorded on seismographs Trans. Amer. Geophys. Un. 34. 1953. PP.95-100.

3. Картвелишвили К.З., Мирианшвили В. И. Наблюдения наклонов поверхности Земли, вызванные изменениями атмосферного давления. Сообщения АН ГССР. 1977. 85. N3.

4. Sorrells G.G., Mc Donald I.A. et al. Earth motion caused by local atmospheric pressure changes - Geophys. J. R. astr. Soc. 1971. PP. 83-98.

5. Дженкинс Г., Ваттс Д. Спектральный анализ и его приложения, Москва, "Мир". 1971. Вып. 1.

6. Дженкинс Г. Ваттс Д. Спектральный анализ и его приложения. Москва, "Мир". 1972. Вып. 2.

7. Данилов В.И. Карауш В.М., Осика В.И., Черибай И.П. Кварцевый деформометр с емкостными преобразователями перемещений. В сб. «Сейсмические приборы». Москва, Наука. 1977. Вып. 10.

ატმოსფერული წნევის ლოკალური ფლუქტუაციებით გამოწვეული ევარცის ექსტენზომეტრით დარეგისტრირებული დეფორმაციების კვლევა.

ქართულიშვილი კ.

რეზიუმე

დედამიწის მყარ ტანში მიმოქცევითი მოვლენების შესასწავლად გამოყენებული ექსტენზომეტრული დაკვირვებების შედეგები შესაძლებელია გამოყენებულ იქნეს დედამიწის ქერქის ნელი და სეისმური დეფორმაციების გასაზომად.

დედამიწის ზედაპირის საუკუნოვანი, მიმოქცევილი და სეისმური დეფორმაციების დაკვირვებისათვის საქართველოს მეცნიერებათა აკადემიის გეოფიზიკის ინსტიტუტის მიწისქვეშა მიმოქცევით ლაბორატორიაში გამოიყენება ორკომპონენტური კვარცის ექსტენზომეტრი. 42მ ბაზის მქონე N66°5E კომპონენტს აქვს მგრძობიარობა $0,22 \cdot 10^{-10}/\text{მმ}$ მეორე N30°W კომპონენტს, რომლის ბაზაა 14,5მ ზომის დეფორმაციებს $0,71 \cdot 10^{-10}/\text{მმ}$ მგრძობიარობით.

ნაშრომში მოყვანილი მაგალითები გვიჩვენებენ, რომ ექსტენზომეტრის დრეიფი კარგ კორელაციაშია ატმოსფერული წნევის არაპერიოდულ ვარიაციებთან.

ИССЛЕДОВАНИЕ ДЕФОРМАЦИЙ ЗЕМЛИ, РЕГИСТРИРУЕМЫХ КВАРЦЕВЫМ ЭКСТЕНЗОМЕТРОМ, ВЫЗВАННЫХ ЛОКАЛЬНЫМИ ФЛЮКТУАЦИЯМИ АТМОСФЕРНОГО ДАВЛЕНИЯ

Картвелишвили К.З.

Реферат

Известно, что твердое тело Земли деформируется различными силами, действующими на ее поверхности. Эти деформации могут быть периодическими (земные приливы, сейсмические явления) и непериодическими (медленные тектонические деформации, деформации, вызванные вариациями атмосферного давления и т.д.)

Используемый в Тбилисской подземной приливной Лаборатории экстензометр с емкостным преобразователем малых смещений КД - 2 дает возможность регистрировать изменения базы прибора для компонента N66,°5E (база 42,0м) с чувствительностью $0,22 \cdot 10^{-10}/\text{мм}$, а для компонента N30°W (база 14,5м) - $0,7 \cdot 10^{-10}/\text{мм}$.

Приведенные в работе примеры показывают, что дрейфы обоих горизонтальных компонентов находятся в хорошей корреляции с изменениями атмосферного давления.

STUDY OF EARTH DEFORMATIONS, CAUSED BY LOCAL ATMOSPHERIC PRESSURE FLUCTUATIONS, RECORDED BY QUARTZ EXTENSOM

Kartvelishvili K.

Abstract

The results of extensometer observations carried out, to study the tidal phenomena in the Earth solid body can also be used for measuring slow and seismic deformations of the Earth's crust.

In order to observe the secular tidal and seismic deformations of the Earth's surface a double-component quartz extensometer has been set in the Tbilisi. Underground Tidal Laboratory of the Institute of Geophysics of the Academy of Sciences of Georgia. The component N66°5E with a 42m base has the sensitivity of $0,22 \cdot 10^{-10}/\text{mm}$. Another component, N30°W having the base of 14,5m records with the sensitivity $0,72 \cdot 10^{-10}/\text{mm}$.

The given examples show good correlation between the drift of the extensometers and nonperiodic atmospheric pressure variations.

ОЦЕНКА УСТОЙЧИВОСТИ ВЫСОТНОГО ЖИЛОГО ЗДАНИЯ НА ПР. И. ЧАВЧАВАДЗЕ Г. ТБИЛИСИ НАКЛОНОМЕРНЫМИ НАБЛЮДЕНИЯМИ

Абашидзе В. Г., Челидзе Т. Л., Цагурия Т. А., Кобахидзе Т. В.

Институт геофизики им. М.З. Нодиа, 0193, Тбилиси, ул. М. Алексидзе, 1. geo@ig-geophysics.ge

Хорошо известно, что грунтовые условия в Тбилиси довольно сложные и возведение больших (высотных) зданий довольно часто приводит к осложнениям, если при проектировании свойства грунтов не учтены надежным образом.

На практике это приводит к деформации зданий, которые теряют устойчивость и могут стать аварийными. Для контроля состояния конструкций и эффективности мер по укреплению фундамента могут быть использованы специальные приборы – наклономеры.

Современные геофизические приборы-наклономеры, выпускаемые Американской компанией прикладной геомеханики, имеют высокую чувствительность – 0,2 угловых секунд. Для ясности заметим, что наклон на одну секунду постамента, на котором стоит прибор, соответствует смещению края постамента метровой базы на 0,005 мм. на мет. Такие высокоточные приборы с 1998 г были установлены Институтом геофизики и Европейским центром “Геодинамический риск высоких плотин” в теле высотной арочной плотины Ингурской ГЭС и дают детальную картину ее поведения во время эксплуатации. С 2005 г. такой же прибор установлен нами на грандиозном здании собора Самеба, с помощью которого контролируется его техническое состояние.

В том же 2005 г., по просьбе жителей жилого 12 этажного дома на пр. И. Чавчавадзе, нами был установлен такой же наклономер на чердаке этого здания. Заметим сразу, что это здание построено на верхней площадке правобережья р. Вере. Как известно, по геологическим данным, правобережный склон р. Вере от площади Героев вверх является оползневой зоной. И, как говорили жители этого дома, кое-где замечали трещины на стенах своего здания.

Наблюдения были начаты с 14 апреля и продолжались до 8 июня. Отсчеты на приборе брались один раз в сутки жителем этого же дома, и передавались по телефону в центр обработки данных. Заметим, что прибор двухкоординатный и одновременно фиксирует наклон объекта в двух направлениях: Север-Юг (X) и Восток-Запад (Y). В данном случае эти направления соответствовали: ущелье р. Вере – пр. И. Чавчавадзе (X) и Университет им. И. Джавахишвили – 9-ая горбольница (Y).

Результаты компьютерной обработки результатов наблюдений представлены в табл.1, где значения наклона здания по направлениям X и Y даны в угловых секундах. В следующих столбцах даны: их результирующее значение также в секундах, наклон здания относительно основания h в мм, значения температур T° и осадков Q в мм. Эти последние данные были получены нами из ближайшей метеостанции Госуниверситета.

На основе этих данных, на рис.1 представлено развитие наклона здания во времени по направлениям: пр. И. Чавчавадзе – ущелье р. Вере (X) и 9-ая горбольница – Госуниверситет (Y). Здесь же нанесены графики изменения температуры T и осадков Q на территории здания за время наблюдений. Как известно, сильные дожди значительно изменяют физические свойства грунтов в осадочном чехле земной коры и усиливают деформационные процессы. Как видно из представленных графиков, в нашем случае, на ход наклонов не замечается влияние температуры и осадков, во всяком случае четкой корреляции между ними нет.

Как видно из представленных графиков, до 10^{го} мая наклон здания по направлению Y незначителен и основной наклон здания направлен в сторону ущелья р. Вере (X). После 10^{го} мая здание в основном наклоняется в сторону Госуниверситета (Y). Все это лучше видно на векторной диаграмме наклонов здания, которая представлена на рис. 2. Здесь на координатных осях нанесены наклоны здания, как в угловых секундах, так и в миллиметрах относительно основания здания. Для наглядности, на векторной диаграмме указаны и числа дней наблюдений.

Табл. 1

Дата	Время наблюд.	X сек	Y сек	G сек	h мм	T °C	Q мм
15.04.05	09.00	0	0	0	0	24.0	0
16	09.00	0.99	1.0	1.41	0.3	24.0	7.3
17	09.00	0.96	1.0	4.08	1.0	21.0	3.6
18	09.00	0.99	0	0.99	0.2	22.0	0
19	09.00	9.91	1.0	9.96	2.4	22.0	0
20	09.00	22.80	-0.98	22.82	5.5	21.0	0
21	09.00	25.77	0	25.77	6.2	21.9	0
22	09.00	32.71	4.00	32.95	8.0	23.3	0
23	09.00	33.70	5.00	34.07	8.3	24.2	0
24	09.00	44.60	7.99	45.31	11.0	25.7	0
25	09.00	33.20	10.99	35.00	8.5	22.0	0
26	09.00	28.25	12.99	31.09	6.4	19.1	19.4
27	09.00	41.14	3.00	41.25	10.0	18.3	10.4
28	09.00	48.07	1.50	48.09	9.9	18.7	0.2
29	09.00	50.55	2.00	50.59	12.3	17.4	1.4
30	09.00	53.53	0.50	53.53	13.0	20.1	0
01.05	09.00	61.46	3.50	61.56	14.9	20.9	0.1
02	09.00	62.94	5.50	63.18	15.3	19.3	3.8
03	09.00	58.98	5.50	59.24	14.4	17.2	23.7
04	09.00	55.01	0.50	55.01	13.3	17.0	1.0
05	09.00	62.94	4.50	60.67	14.7	20.7	0
06	09.00	65.92	3.50	66.01	16.0	26.0	0
07	09.00	64.92	4.50	65.07	15.8	26.3	0
08	09.00	73.85	7.99	74.28	18.0	26.8	0.1
09	09.00	77.81	8.49	78.27	19.0	26.2	10.0
10	09.00	77.31	7.50	77.67	18.8	26.8	0.4
11	09.00	72.85	13.49	74.09	18.0	25.2	0
12	09.00	73.85	11.49	73.39	17.8	26.2	0
13	09.00	76.82	15.49	78.37	19.0	28.9	0
14	12.00	71.86	20.48	74.72	18.1	24.3	0
15	12.00	65.92	18.48	68.46	16.6	24.2	9.8
16	12.00	72.85	18.48	75.16	18.2	21.3	11.9
17	12.00	72.85	17.49	74.92	18.2	22.4	0
18	12.00	77.81	19.98	80.33	19.5	24.2	0
19	12.00	83.76	21.48	76.47	21.0	24.1	31.2
20	12.00	82.77	24.48	86.31	20.9	28.2	7.9
21	12.00	80.78	24.48	84.41	20.5	28.9	0
22	12.00	82.77	23.48	86.04	20.9	29.3	0
23	12.00	73.85	37.47	82.81	20.1	31.2	0
24	12.00	74.84	37.47	83.70	20.3	30.1	0
25	12.00	65.92	68.43	95.02	23.0	27.0	0
26	12.00	71.86	76.43	104.91	25.4	29.9	0.2
27	12.00	73.85	81.42	109.92	26.6	30.6	9.3
28	12.00	69.88	88.41	112.69	27.3	32.3	0
29	12.00	71.86	97.41	121.05	29.3	31.2	0
30	12.00	72.85	99.90	123.64	30.0	34.8	11.1
31	12.00	68.89	107.89	128.01	31.0	31.1	2.6
01.06	12.00	68.89	115.89	134.82	32.7	28.3	31.0
02	12.00	63.93	110.39	127.57	30.9	32.4	14.4
03	12.00	59.47	121.38	135.17	32.8	29.1	0
04	12.00	55.01	128.37	139.66	33.9	25.6	7.6
05	12.00	55.01	134.37	145.19	35.2	23.2	27.3
06	12.00	55.01	138.36	148.89	36.1	21.3	31.0
07	12.00	50.06	143.36	151.85	36.8	24.4	0
08	12.00	54.02	155.35	164.47	39.9	29.2	0

Как видно из векторной диаграммы, в 2005 году, с 15 апреля до 9-10 мая здание наклонилось в сторону устья р. Вере, а с 10^{го} мая по 8^{го} июня наклон здания принял восточное направление, в сторону Госуниверситета. Величина наклона в сторону устья р. Вере за 35 дней составила 85 угл.

сек., что соответствует наклону здания относительно основания на 2 см., а на восток с 10⁰⁰ мая по 8⁰⁰ июня – 160 угл. сек., т. е. за месяц здание наклонилось в сторону Унивеситета почти на 4 см.

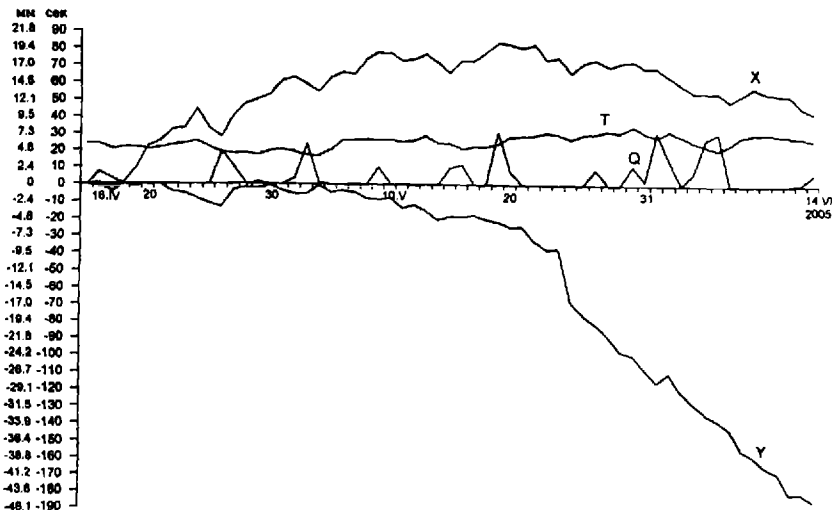


Рис.1
 Наклоны здания на пр. И. Чавчавадзе по X (пр. И. Чавчавадзе – ущелье р. Вере) и по Y (9-ая горбольница – Госуниверситет) в период с 15.IV по 14.VI.2006 г. с графиками температуры Т и осадков Q.

Следует отметить, что во время наших наблюдений в основании здания уже проводились укрепительные работы. Были вырыты 18 колодцев глубиной 22 м каждый, куда были заложены армированные сетки с железобетонной смесью. При этом, была использована 32 мм арматура.

Спустя год после укрепительных работ, по просьбе жителей были проведены повторные измерения в течение одного месяца – с 14⁰⁰ апреля по 15⁰⁰ мая 2006 г. Прибор был установлен на том же постаменте и отсчеты брались тем же наблюдателем. Обработка наблюденного материала дала утешительные результаты для жителей дома. Векторная диаграмма наклона здания за 2006 г. для наглядности представлена на том же рис.2. За время повторных наблюдений здание, в основном, стабилизировалось: отмечены лишь небольшие колебания вокруг стационарного положения. Максимальный наклон дома в сторону пр. И. Чавчавадзе достиг 30", т.е. 7 мм, после чего здание опять выравнилось. Во время наблюдений здание ни разу не наклонилось в сторону ущелья р. Вере.

Аналогичные результаты были получены нами спустя 3 года, в 2009 году. Векторная диаграмма результатов наблюдений представлена на том же рис.2. Как видим, в 2009 г здание испытывало лишь незначительные колебания. Результатами наблюдений были довольны жители дома. Мы же можем утверждать, что наклонномерный метод дает очень хорошую оценку устойчивости зданий.

В заключение следует отметить, что основания строящихся зданий всегда требуют серьезных геологических, геофизических и геотехнических исследований. Мы считаем, что контроль за техническим состоянием строящихся в настоящее время в Тбилиси многоэтажных зданий, необходим. Что касается имеющейся аппаратуры, она способна всего за несколько дней дать ответ о стабильности объекта.

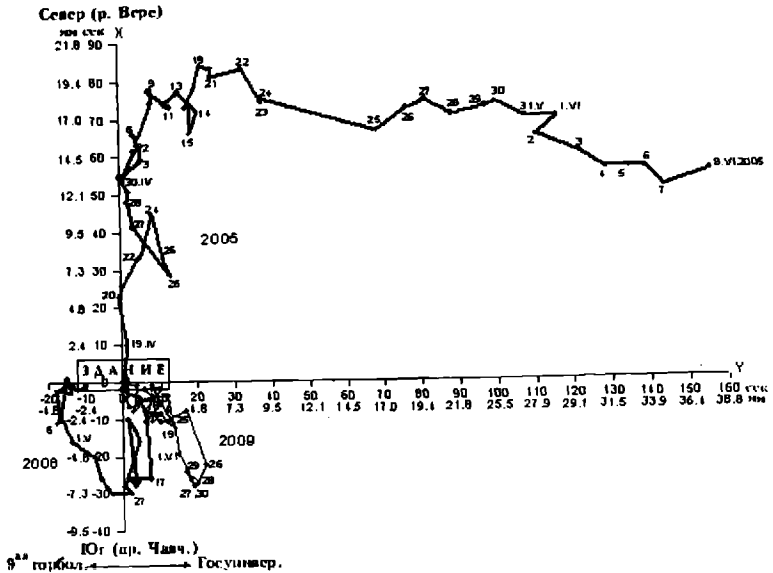


Рис.2

Векторная диаграмма наклонов того же здания с 15.IV по 8.VI.2005 г., с 13.IV по 14.V.2006 г. и с 1.V по 4.IV.2009

Литერатура

1. Абашидзе В. Г., Челидзе Т. Л., Цагурия Т. А., Кобахидзе Т. В. Результаты наклономерных наблюдений на арочной плотине Ингурской ГЭС. Жур. „Энергия”. 2008. №1 (45). С. 20-27 (на груз. яз.)
2. Абашидзе В. Г., Цагурия Т. А., Кобахидзе Т. В., Давиташвили Л. А. Результаты наклономерных наблюдений на соборе Самеба.. (Отчеты за 2005-2008 гг. на груз. яз.)
3. Абашидзе В. Г., Цагурия Т. А., Кобахидзе Т. В., Давиташвили Л. А. Результаты наклономерных наблюдений на жилом доме на пр. И. Чавчадзе. (Отчеты за 2005, 2006, 2009 гг. на груз. яз.)

d. თაბიკისში ი. ზავეზაძის კრ. მაღლივი საცხოვრებელი შენობის მდგრადობის შეფასება ღანბრისმზომითი დაპვირვებებით

აბაშიძე ვ., ჭელიძე თ., ცაგურია თ., კობახიძე თ.

რეზიუმე

2005 წელს შენობის მაცხოვრებელთა თხოვნით ჩვენს მიერ შენობის სხვენზე დაყენებულ იქნა მაღალი სიზუსტის გეოფიზიკური ხელსაწყო-ღანბრისმზომი. დაკვირვებები მიმდინარეობდა 15 აპრილიდან 8 ივნისის პერიოდის განმავლობაში. შენობა დაკვირვების პერიოდში უნევენებდა საკმაოდ დიდ დახრებს მდ. ვერეს ხეობისაკენ და სახელმწიფო

უნივერსიტეტისაკენ. იმავე წელს შენობას ფუძეში ჩაუტარდა გამაგრებითი სამუშაოები. განმეორებითმა გაზომვებმა 2006 და 2009 წლებში შენობამ უხვენა კარგი მდგრადობა.

ОЦЕНКА УСТОЙЧИВОСТИ ВЫСОТНОГО ЖИЛОГО ЗДАНИЯ НА ПР. И. ЧАВЧАВАДЗЕ Г. ТБИЛИСИ НАКЛОНОМЕРНЫМИ НАБЛЮДЕНИЯМИ

Абашидзе В. Г., Челидзе Т. Л., Цагурия Т. А., Кобахидзе Т. В.

Реферат

По просьбе жителей здания на пр. И. Чавчавадзе г. Тбилиси 2005 г. на чердаке здания нами был установлен высокоточный геофизический прибор – наклономер. Наблюдения проводились с 15.IV по 8.VI 2005 г. В течение наблюдаемого периода здание сначала наклонилось довольно сильно в сторону ущелья р. Vere, а затем в сторону Госуниверситета. В том же году в основании здания были проведены укрепительные работы. Повторные наблюдения в 2006 и 2009 годах показали хорошую устойчивость здания.

ASSESSMENTS OF STABILITY OF HIGH BUILDING ON THE I. CHAVCHAVADZE AV., TBILISI, BY TILMETRIC OBSERVATIONS

Abashidze V., Chelidze T., Tsaguria T., Kobakhidze T.

Abstract

At the request of inhabitants of apartment house on Chavchavadze Av., we mounted a high-precision geophysical device – tiltmeter on the attic of the building in 2005. Observations were carried out from April 15 to June 8. At the beginning of the observation period, the building was tilting quite strongly in the direction of ravine of river Vere, then in the direction of State University. Strengthening works were done in the foundation of building in 2005. The same observations were conducted later on, in 2006 and 2009. They proved a good stability of building.

ИНФРАСТРУКТУРА РУДОНОСНЫХ СИСТЕМ (ЗОЛОТО, ЦВЕТНЫЕ И РЕДКИЕ МЕТАЛЛЫ) – ОДНА ИЗ ОСНОВ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЙ (НА ПРИМЕРЕ ГРУЗИИ)

В.И.Буадзе, Г.Г.Джаши

*Институт минерального сырья им. А. Твалчрелидзе, ул. Палиашвили, 85
Институт геофизики им. М.З. Нодиа, 0193, Тбилиси, ул. Алексидзе, 1*

Предварительные замечания

Рудоносная система и её инфраструктура представляют собой рассредоточение в трёхмерном каркасе блока земной коры месторождений и рудопроявлений моно- или полигенного стилей. Они отражают пространственные, структурные и генетические позиции оруденений.

Проблемы прогнозирования месторождений в рудоносных системах обычно возникают из-за фиксируемости в рядах генетически сходных оруденений недостающих звеньев (пропусков). Этим, большей частью, подчёркивается недостаточная расшифрованность смены обстановок рудообразования в эволюциях рудообразующих систем.

Расшифровка инфраструктуры рудоносных систем стимулируется разработками многих исследователей [2, 14, 12, 13]. При этом упор делается на анализ рудно-магматических совокупностей и рудных полей, отражающих последовательности структурно-вещественных показателей рудного процесса.

Построение инфраструктуры рудоносной системы должно привести к определению в ней позиций ещё невыявленных звеньев в генетических рядах оруденений. Предпосылки для решения этой задачи по рудоносным системам Грузии приводятся ниже.

Природа инфраструктур рудоносных систем

На рис.1 показано пространственное рассредоточение рудоносных систем. Уровнем их изученности подчёркиваются задачи по отражению в соответствующих инфраструктурах позиций недостающих оруденений (пропусков).

Инфраструктура рудоносной системы южного края (Верхнесванетский сегмент) доюрского гранит-метаморфического комплекса Большого Кавказа ①*.

Система отражает сопряжение метаморфизованных до амфиболитовой ступени докембрийских вулканитов океанского типа и позднегерцинского гранитоидного магматизма [10]. В этой совокупности сформировано золотое оруденение двух типов - метаморфогенное золото-кварцитовое, сформированное при температурной регрессии в амфиболитовой ступени (Буадзе, неопубликованные данные) и золото-редкометальное (Окрильское рудопроявление) [15], вероятно сформированное при взаимодействии флюидов гранитного исполнения на метаморфиты исходной базитовой природы.

Указанные генетические показатели предполагают возможность насыщения инфраструктуры рудоносной системы позициями невыявленных до сих пор оруденений.

Инфраструктура рудоносной системы ② взаимодействия позднепалеозойских гранитоидов калиевой серии на базит-ультрабазитовую ассоциацию Чорчана-Уцлевского аллохтонного комплекса (Дзирульский выступ доюрского основания) [1, 10].

* Здесь и далее в кружочке дан номер рудоносной системы (см. схему, рис. 1)

В этой обстановке образована лиственит-квациево-жильная (малосульфидная) совокупность с минерализацией никеля в лиственитах и золота в жилах кварца, частично в лиственитах. В инфраструктуре рудоносной системы должны быть отражены прогнозные позиции указанных оруденений, что является задачей дальнейших работ.

Инфраструктура рудоносной системы грузинского сегмента лейас-ааленского окраинноморского аргиллитогенно-диабазового пояса Большого Кавказа ③. В этой системе сочетаются [5,6]: стратиформные колчеданно-полиметаллические месторождения спредингового исполнения; малосульфидные золото-кварцево-жильные оруденения; унаследованно-стратиформные и жильно-штокерковые медно-пирротиновые образования.

Инфраструктура системы должна отражать вероятную рудоносность сегментов между указанными оруденениями; связь жильно-штокерковых медно-пирротиновых подсистем с уровнями развития стратиформного оруденения; роль углеродистости аргиллитогенных толщ в формировании руд золота и т.д.

Инфраструктура рудоносности Дзирульского выступа доюрского фундамента в рамках его среднеюрской активизации ④ - взаимодействие генерированных батскими гранитоидами флюидных потоков на байосские вулканы среднего основного состава. В этой обстановке сформированы контрастные сульфидоносные метасоматиты – кварциты, березиты и грейзены с аномальными содержаниями золота. Разработка инфраструктуры их совокупностей представляет интерес для решения теоретических и прогнозных задач.

Инфраструктура рассредоточения оруденений в рудоносной системе ⑤ северной (порфиритовой, байос) подзоны Гагрско-Джавской зоны Южного склона Большого Кавказа. Главными рудными составляющими системы являются Келасури-Горабская и Техури-Шкенашская подсистемы, сформированные в результате становления одноимённых интрузивных комплексов (бат) с широким спектром кислотности [11]. В каждой подсистеме просматривается порфириновое ядро с медью и золотом и надпорфириновая оболочка с полиметаллами, баритом и золотом. В системе намечаются генетические ряды оруденений, упорядочивание которых приведёт к разработке требуемой в прогнозных целях инфраструктуры.

Инфраструктура реальгар-аурипигмент-антимонит-арсенопиритовой (редко шешлит) совокупности рудоносной системы ⑥ верхнеюрско-нижнемеловой Местийско-Тианетской флишевой зоны (рачинский сегмент) Южного склона Большого Кавказа. Главным носителем этой совокупности является Лухумское месторождение, приуроченное к пакету интенсивно спресованных изоклинальных складок. Синхронно с образованием (позднеальпийская коллизия) в них затянулись потоки метаморфогенного рудообразующего флюида с формированием зоны низкотемпературных реальгар-аурипигментовых руд, в восточном направлении переходящей в высокотемпературное золото-арсенопиритовое оруденение [3]. В этом профиле выстраивается рудный ряд – база для разработки инфраструктуры – основы для прогнозирования.

Инфраструктура рудоносной системы ⑦ верхнеюрской эвапиритово-карбонатной серни южной подзоны Гагрско-Джавской зоны Южного склона Большого Кавказа. Рудоносность системы (свинцово-цинковое и баритовое оруденения) соответствует Миссисипи-Миссурскому типу [4]. Процесс рудообразования развивался от осевой зоны эвапиритового бассейна (позиция захороненных металлоносных рассолов) до его ограничивающего с севера рифового сооружения. Наиболее продуктивное развитие рудообразования (стратифицированное свинцово-цинковое оруденение) предполагается в доломитизированной слоистой терригенно-известняковой толще склона эвапиритового бассейна. От неё, в сторону рифового сооружения, последовательно осредоточены баритовое месторождение Апира и мелкие свинцово-цинковые и баритовые проявления (в предрифовой и рифовой частях системы). Приведённый ряд является стержневым для упорядочивания инфраструктуры и прогнозирования месторождений.

Инфраструктура ассоциации вулканогенных месторождений Болнисской рудоносной системы ⑧ островодужного стиля (верхний мел). Система сформирована в результате

векторизации единого рудообразующего флюидного потока с рассредоточением на большой территории ($\approx 2000 \text{ км}^2$) медно-золото-барит-полиметаллических (Маднеули), золото-медно-порфириновых (?) с золото-кварцитовыми головками (Цителсопели), золото-медносульфидных с баритом (Сакдриси), барит-полиметаллических (Давид-Гареджи) и золото-кварцитовых (Тамариси) месторождений [7]. На современном уровне исследований в рудных рядах системы допускается присутствие некоторых недостающих звеньев оруденений. Их выявление требует упорядочивания инфраструктуры.

Инфраструктура рудоносной системы ⑨ Аджаро-Триалетского палеогенового интрадугового рифта (Юго-Западная Грузия). Она характеризуется пространственным рассредоточиванием медно-порфиривого -, с ним ассоциированного скарного-магнетитового -, надпорфиривого жильного кварц-медно-полиметаллического – и аргиллизитового типов оруденений. Некоторые из них могут сопровождаться промышленными скоплениями золота. При этом, в первую очередь, акцент делается на аргиллизитовый (эпитермальный) уровень рудных образований. В инфраструктуре системы отразятся позиции прогнозируемых объектов.

Инфраструктура рудоносной системы ⑩ зоны неоген-антропогеновой тектоно-магматической активизации Главного хребта Большого Кавказа. Система сформирована в результате поливекторного режима рудообразования коллизионной обстановки. Последняя сопровождалась возникновением ориентированного на юг потока гранитоидного расплава, залечившего Главный надвиг Большого Кавказа. На продвинутые на юг сегменты фронтальной зоны расплава были насажены флюидные потоки. В их створах разместились ячейки рудообразования, функционировавшие в автономном режиме. Ими образовались разобщённые в пространстве месторождения с различными рудными нагрузками (медь, молибден, мышьяк, стибий, ртуть, вольфрам, золото). Задачей является упорядочение рудных рядов. Её решением подымется уровень прогнозной значимости инфраструктуры.

В расшифровках инфраструктур рудоносных систем существенным является определение позиций рудных рядов в геофизических полях. При этом, естественно, геофизические данные комплексуются с рудно-геологическими показателями рудоносных территорий. Некоторые примеры такого анализа приводятся ниже.

В кахетинском сегменте (СВ Грузии) рудоносной системы ③ оруденениями охвачен чешуйчатый блок верхнелаясских отложений (длина блока $\approx 120 \text{ км}$, его ширина варьирует от 20 до 40 км). В блоке, по плоскостям чешуев, кливажа и трещин рассредоточено огромное количество мелких жильных, штокверковых и прожилково-вкраплённых проявлений медно-пирротинового -, пирротин-полиметаллического -, кварц-халькопиритового – и других типов. Они, вероятно, возникли при гидротермально-метаморфогенном выносе рудных компонентов из гидротермально-осадочных рудных накоплений [16]. Последние, по-видимому, располагались в обстановке наиболее напряжённого (высокотемпературного) коллизионного режима – поддвига одних мелких пластин аргиллитогенных пород под другие и образования чешуйчатой среды. Верхние уровни последней выступали в качестве приёмника метаморфогенных флюидов. Этим обусловилось широкое пространственное рассредоточение рудных образований.

Исходя из такой модели оформления рудоносности Кахетинского сегмента природа его рудной нагрузки дополнительно должна быть расшифрована применением геофизических данных.

Так, в рассматриваемом сегменте усрановлено несколько типов распределения естественного электрического поля (ЕЭП):

- нормальное распределение (в пределах неизменённых пород);
- локальные отрицательные интенсивные аномалии (в рамках жильных и штокверковых оруденений);
- локальные, отрицательного знака аномалии (в зонах гипергенеза сульфидных руд), на фоне региональных аномалий положительного знака;
- региональные аномалии глубинного происхождения положительного знака;

- знакопеременные региональные аномалии, обусловленные гипергенными процессами.

В сегменте выявлены участки активизации ЕЭП. На них аномальными являются также магнитное и гравитационное поля. Они маркируют приподнятые (рудоносные) блоки и фиксируют границы опущенных блоков.

В Аджаро-Триалетской рудоносной системе ⑨ методом ЕЭП уточнены контуры рудных узлов (Учамбо и др.). На Мериси-Намонастревской площади системы дипольным зондированием выделены конкретные рудолокализирующие структуры. На рудоносных площадях существенно меняются структуры магнитотеллурического поля и поляризации. Этим подчёркивается неоднородность их строения. Вектор поляризации всегда имеет широтную ориентацию и совпадает с ориентациями геологических структур. На полях же интрузивов вектор теллурического поля соответствует их вытянутости.

В Болнисской рудоносной системе ⑩ рудные подсистемы контролируются условиями сейсмотектоники, чем подчёркивается их структурная обособленность и автономная природа формирования.

Основной вывод

Анализ инфраструктуры рудоносной системы, когда он базируется на всестороннем изучении условий рудообразования, позволит определить в ней пространственные позиции генетических рядов оруденений и наметить в этих рядах пропуски – обстановки вероятного нахождения не выявленных до сих пор рудных объектов. В этом отношении рудоносные системы Грузии представляют собой уникальные полигоны для развертывания с новых позиций многообещающих прогнозных исследований на золото, цветные и редкие металлы.

Литература

1. Адамия Ш.А. . Доальпийское основание Кавказа – состав, строение, становление. Труды ин-та геологии АН Грузии. Нов.сер. 1984. Вып. 86. С.3-104.
2. Акчурина В.Н., Бульбаликов В.А., Зубков Ш.Д., Иванкин П.Ф., Петренко Н.Л., Потапов А.А., Рабинович К.Р., Соколова Н.И. Атлас морфоструктур рудных полей. Ленинград, «НЕДРА». 1973. 161 с.
3. Аревадзе Д.В. Физико-химические условия формирования эндогенных месторождений Закавказья. Автореферат докт. диссертации. КИМС. Тбилиси. 1989. 65 с.
4. Буадзе В.И. Эндогенные факторы формирования стратиформных свинцово-цинковых месторождений. В сб. «Литогенез и рудообразование (критерии разграничения экзогенных и эндогенных процессов)». Москва, «Наука». 1989. С.21-43.
5. Буадзе В.И. Рудоносные системы Кавказа и проблемы его металлогении. Труды КИМС. 1991. Вып. XXII (15). С. 3-39.
6. Буадзе В.И. Общие геодинамические обстановки и внутренняя геодинамика золотого рудообразования (на примере Грузии и ряда других регионов). Труды ГИН АН Грузии. Нов.сер.2004. Вып.119. С.728-737.
7. Буадзе В.И., Вахакидзе И.Г., Зулиашвили Т.Г., Циклаури Н.Ш., Буадзе М.З. Болнисская рудоносная система: инфраструктура и интерпретации рудообразования. Труды КИМС. (2009) В печати.
8. Гамкрелидзе И.П. Вновь о тектоническом расчленении территории Грузии. Труды ГИН АН Грузии. Нов.сер. 2000. Вып. 115. С.204-208.
9. Гамкрелидзе И.П., Дудаури О.З., Надареишвили Г.Ш., Схиртладзе Н.И., Тутберидзе Б.Д., Шенгелиа Д.М. Геодинамическая типизация докембрийско-фанерозойского магматизма Грузии. Труды ГИН АН Грузии. Нов.сер. 2002. Вып. 117. Сс.105-126.

10. Гамкрелидзе И.П., Шенгелиа Д.М. (Докембрийско-палеозойский региональный метаморфизм, гранитоидный магматизм и геодинамика Кавказа. Москва, «Научный Мир». 2005. 458 с.
11. Дудаури О.З. Петрология мезозойских интрузивных комплексов Грузии. Автореферат докт.диссертации. ГИН АН Грузии. 2003. 81 с.
12. Кривцов А.И. Геологические основы прогнозирования и поисков медно-порфировых месторождений. Москва, «НЕДРА». 1983. 255 с.
13. Кривцов А.И. Прикладная металлогения. Москва, «НЕДРА». 1989. 289 с.
14. Овчинников Л.Н. Прогноз рудных месторождений. Москва, «НЕДРА». 1992. 308 с.
15. Окросцваридзе А.В. Герцинский гранитоидный магматизм Большого Кавказа. Труды ГИН АН Грузии. Нов.сер. 2007. Вып. 123. 223 с.
16. Твалчрелидзе А.Г. Генезис стратиформных колчеданных месторождений. Москва, «Недра». 1981. 180 с.

**მადანმატარებელი სისტემების (ოქრო, ვერადი და იშვიათი მეტალები)
ინფრასტრუქტურა – საბადოების პროგნოზირების ერთ-ერთი
საშუქმელი (საბართემლოს მაბალითზე)**

ბუაძე ვ. ჯაში გ.

რეზიუმე

დახასიათებულია საქართველოს მადანმატარებელი სისტემების (ოქრო, ვერადი და იშვიათი მეტალები) ინფრასტრუქტურა. სათანადო მადნეულ-გენეტურ რეგებში ნაგარაუდებია დღემდე მიუკვლეველი მადნიანი უჯრედების არსებობა. შემოთავაზებულია მათი გამოვლენის პროგნოზული წინამძღვრები.

**ИНФРАСТРУКТУРА РУДОНОСНЫХ СИСТЕМ (ЗОЛОТО, ЦВЕТНЫЕ И РЕДКИЕ
МЕТАЛЛЫ) – ОДНА ИЗ ОСНОВ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЙ
(НА ПРИМЕРЕ ГРУЗИИ)**

Буадзе В.И., Джаши Г.Г

Реферат

Охарактеризована инфраструктура рудоносных систем (золото, цветные и редкие металлы) Грузии.

В соответствующих рудо-генетических рядах предсказано существование ранее невыявленных рудосодержащих очагов.

Предложены предвестники их выявления.

**INFRASTRUQTURE OF ORE-BEARING SYSTEMS (GOLD, NON-FERROUS
AND RARE METALS) – ONE OF FOR FORECASTING DEPOSITS
(BY THE EXAMPLE OF GEORGIA)**

Buadze V., Jashi G.

Abstract

The infrastructure of ore-bearing systems of Georgia (gold, non-ferrous and rare metals) is described. In proper ore-genetic series presence of unrevealed ore cells may be possible. Forecasting prerequisites for their discovery are offered.

ЗОЛОТО-ЭПИТЕРМАЛЬНОЕ РУДООБРАЗОВАНИЕ ПРИ СТАНОВЛЕНИИ РУДОНОСНЫХ СИСТЕМ (ОБЩИЙ ОБЗОР И ПРИМЕРЫ ПО ГРУЗИИ)

Буадзе В.И., Циклаური Н.Ш

Институт минерального сырья, Тбилиси, ул. Палиашвили, 85.

Предварительные замечания

По В. Линдгрону (1935) к эпитегрмальным относятся низкотемпературные месторождения, сформированные на малых глубинах и при невысоких давлениях. Этот исследователь впервые показал: принадлежность к эпитегрмальной группе широкого спектра месторождений (золота и серебра, золото-серебро-полисульфидных, золото-аргентитовых, аргентитовых, теллуридов золота, теллурид-алуитовых, селенидов золота, ртути, стибнума и др.), возникших в системе – «глубинный флюид – метеорная вода»; связь оруденений с риолитовым, трахитовым и андезитовым вулканизмами; преимущественно кислотную природу гидротермальных метасоматитов, при подчиненной роли щелочных фаций.

Ведущие факторы золото-эпитегрмального рудообразования

В качестве ведущих факторов в эпитегрмальном рудообразовании должны быть рассмотрены: позднеальпийская активизация древних гранит-метаморфических блоков земной коры и возникновение в нижних их частях магматических очагов риолитового, андезитового и щелочного профилей; формирование островодужных систем, сосредоточивающих магматические комплексы мантийно-корового содержания; образование интрадуговых рифтов с внутренними андезито-базальтовыми и андезитовыми зонами и периферическими позициями щелочных магматитов.

В соответствующих геоструктурах просматриваются обстановки верхних магматических очагов, генерировавших рудообразующие флюиды расплавно-растворного и растворного типов. Они засасывались до приповерхностных условий (уровень просачивания метеорных вод). Внутренней геодинамикой подобных обстановок создавались «... условия для активной массовой гидротермальной деятельности с участием как ювенильных газов и вод, так и океанических и литосферных вод различного происхождения» (Овчинников, 1988).

Примером рудообразования, связанного с активизацией докембрийского гранит-метаморфического блока и с активностью щелочного вулканизма служит жильное месторождение Sprytle Creep (США, штат Колорадо). По данным В.Линдгрена (1935) жилы сосредоточивают кварц (≈60%), флюорит (≈20%), доломит (≈20%) и калавернт (ведущий рудный минерал). В малых количествах присутствуют пирит, тетраэдрит, антимонит, гюбнерит. К нижним горизонтам месторождения уменьшается количество жил и падает степень их рудной нагрузки. На верхних горизонтах развиты многочисленные короткие жилы, сосредоточивающие крупные объемы руд. Режим формирования месторождения сочетает: членение флюида с приближением к поверхности Земли и рассредоточение его порций по трещинам; смещение флюида с нисходящими метеорными водами и быстрое падение его температуры; формирование среды рудообразования и её эволюция со становлением инфраструктуры оруденения.

Для познания генетической природы эпитермального рудообразования наиболее показательными являются месторождения Хишикарского рудного района (Южная Япония) – Маин (Main), Санжен (Sonjin) и Ямада (Yamada). Они приурочены к осадочной формации верхнего палеогена – нижнего неогена (Main, Sonjin) и к толще андезитовых туфобрекчии плистоцена (Yamada).

В работах японских геологов (Ibaraki, Suzuki, 1993; Nagayama, 1993_{1,2}; Htnley, 1996 и др.) систематизированы нижеприведённые особенности месторождений: каждое из них (совокупность жил золото-серебро-кварц-адуляр-алунитового состава) сформировано в автономном режиме рудообразующего процесса; в вертикальных сечениях жил (снизу вверх) отмечается снижение количества адуляра и рост количества глинистых минералов, алунита, низкотемпературных разновидностей кремнезёма, марказита и гематита, рассеивание малых количеств сульфидов и нарастание содержания золота и серебра; верхние окончания жил сопряжены с накоплениями силицитов, возникших из SiO_2 -тепловых потоков, излившихся на поверхности.

Концентрации золота и серебра в жилах приурочены к перифериям смектитовых (монтмориллонитовых) зон – в рамках кварц-адулярных, мелкозернисто-кварцевых и кварцево-глинистых участков. Отложение золота регулировалось щелочной (адуляризация) и кислотной (аргиллизация) природой флюида. Уменьшением степеней адуляризации маркируется регрессия щелочности флюида и постадулярная ступень золотонакопления. Вместе с тем ослаблением аргиллизации подчёркивается регрессия кислотности флюида и постаргиллизитовая позиция садки золота.

Рассматриваемые месторождения характеризуются чёткими показателями внутренней геодинамики рудообразования. Таковыми являются (Nagayama, 1993): условия оформления полосчатой природы жил, приведшие к возникновению периферической (адулярной) – , промежуточной (кварцевой) – и осевой (смектитовой) зон; дифференциация стационарного флюида, приведшей к формированию многоосевых (множество смектитовых осей) и одноосевых (одна смектитовая зона) жил; связь содержания золота с эволюцией химизма флюида и его отложение на постадулярной, посткварцевой и постсмектитовой ступенях гидротермального процесса.

Ступенчатое развитие рудообразования увязывается с эффектом вскипания флюида. С ослаблением вскипания связана: стабилизация температурного режима (200°C и ниже); повторяемость золотонакопления в полусековых жилах; связь процесса отложения золота с обогащением флюида тяжёлым изотопом кислорода; регрессия щелочности флюида (уменьшение количества адуляра до полного его исчезновения); регрессия кислотного потенциала флюида и т.д. (Nagayama, 1993, Henley, 1996).

В интерпретациях эпитермального рудообразования существенными являются данные по месторождениям Келиан (Kelian) в Индонезии и Ладолом (Ladolam) в Папуа, Новой Гвинее (Htnley, 1996).

Месторождение Келиан связано с вулканическим поясом, сосредоточивающем позднезоеновые андезиты и риолиты и плиоцен-плистоценовые базальты. Оруденения сосредоточены в зоеновых андезитовых туфах и флюидных брекчиях. Маркирующими рудного процесса являются серицит-пиритовые – , кварц-адуляр-пиритовые – и карбонат-сульфидные (пирит, сфалерит, галенит, теннит, тетраэдрит, киноварь, иногда арсенопирит) ассоциации. В верхах рудоносной среды развита каолинит-железо-марганцевая минерализация. Золото, в виде включений в минералах, либо вдоль границ минералов, связано с карбонат-сульфидными ассоциациями. Преобладающая часть этого металла локализована в пиритах (субмикроскопические зёрна).

Месторождение Ладолом, расположенное на острове Лихир (составная часть вулканической дуги Табер-Бен, Новая Ирландия), в рамках Луисской кальдеры, характеризуется: щелочной природой рудовмещающей вулканической среды (продукт частичного плавления мантийной литосферы); примыканием оруденелых зон к полосе горячих источников; размещением золотосодержащих аргиллизитовых метасоматитов над

метасоматитами порфиrowого уровня; растянутостью рудного процесса от 0,9 до 0,15 млн. лет; 0,9 млн. лет (по биотиту, порфиrowый уровень) → 0,33 млн. лет (по биотиту из биотит-ангидритовых жил) → 0,15 млн. лет (по алуниту, аргиллизитовый уровень); вписываемость процессов рудообразования в систему современной термальной активности. На месторождении вырисовывается близкородственный ряд процессов (снизу вверх): порфиrowое рудообразование → эпитермальное рудообразование (пирит, марказит, сульфиды основных металлов арсенопирит, сульфосоли, теллуриды золота и серебра, самородное золото) → сольфатарная активность. Таким образом, рудообразующая система реставрируется в качестве единого флюидного потока – начиная от порфиrowого уровня и до эпитермального рудообразования. Последнее замыкается областью современной сольфатарной активности.

Примеры по Грузии

Эпитермальное рудообразование на территории Грузии отчётливо выражено в Болнисской и Аджаро-Триалетской рудоносных системах.

В Болнисской системе (составная часть региональной Грузинско-Турецко-Болгарско-Югославкой рудоносной системы островодужного стиля, верхний мел) рудоносные ячейки, локализующие месторождения, члениятся на ядра и их обволакивающие оболочки.

Ядра сосредоточивают сравнительно высокотемпературные рудные совокупности, тогда, как оболочки сложены метасоматитами кварцево-серицитового, кварцево-адулярового, кварцитового, кварцево-глинисто-алунит-баритового (аргиллизитового), SiO_2 -сульфид-гелевого и других стилей. Рудно-метасоматические совокупности верхов оболочек соответствуют эпитермальному уровню гидротермального процесса. Эта общая модель строения рудоносных ячеек иллюстрируется особенностями формирования соответствующих месторождений.

На Маднеульском месторождении реставрируется развитие рудного процесса в стратифицированной рудообразующей среде. Её функционирование выразилось такими явлениями, как (Буадзе и др., 2009): девитрификация витрориолитов с образованием повсеместно развитых мелкозернистых кремнистых масс, а также разновидностей пород с ложными пирокластическими текстурами*; господствующее участие в формировании минеральных агрегатов SiO_2 -гелей, в т.ч. гелей с рудными минералами; образование перлитово-трещинных структур в потоках витрориолитов, а также веерообразных и полусферических стяжений в микрокварцитах, возникших в результате старения SiO_2 -гелей; возникновение псевдобрекчий – результат девитрификации стекла и старения гелевых накоплений.

SiO_2 -гелевая активность характерна для всей продолжительности функционирования рудообразующей среды. Наиболее интенсивно она проявлена в приквлевой области среды. SiO_2 -гелевые накопления (кварциты) следуют за медно-сульфидным оруденением и трансформированы барит-полиметаллической фазой рудного процесса. В этих кварцитах отчётливо реставрируется старение геля с образованием трещин синерезиса, залеченных малосульфидными золото-кварцевыми жилками.

При формировании Маднеульского месторождения, пользуясь результатами минералогических и физико-химических исследований (В.Гогошвили, 1969; Аревадзе, 1989), первые симптомы кислотного потенциала выразились в процессе образования медно-сульфидных руд (слабое развитие алунита, алунит-ярозита, пиррофилита, гидрслюды, гипса, гидробазалуминита, барита), а эпитермальному соответствует барит-полиметаллический

* Обусловленность образования ложных пирокластических текстур девитрификацией витропорол детально изучена А.Аленом (Аллен, 1988).

уровень (кроме барита широкого распространение алунита, гидрослюда, каолинита, опала, халцедона, гипса). Промежуточную (надмедносульфидную) позицию занимают SiO_2 -гелевые золотоносные накопления. Данная смена типов руд является латеральной (с юго-востока на северо-запад, Буадзе, неопубликованные интерпретации). Она сопровождается облегчением серы сульфидов к эпитермальному барит-полиметаллическому и баритовому отсекам и её утяжелением в барнтах. Этот ряд маркируется также температурами рудообразующего процесса – от 280-345 $^{\circ}\text{C}$ (медносульфидные руды) до 60-180 $^{\circ}\text{C}$ (баритовые руды).

Охарактеризованные показатели Маднеульского месторождения вписываются в эпитермальный режим рудообразования. Он реализовывался при полиячейности рудообразующей среды. В рамках каждой ячейки рудообразование развивалось автономно – без связи ячеек между собой. Лучшим примером, при этом является запад-северо-западная ячейка месторождения, где развиты барит-полиметаллические и баритовые руды (один из многочисленных векторов эпитермального рудообразования).

На *Сакдрисском месторождении* также предполагается сопряжение ядра и оболочки в рудообразующей среде. Поток тепла, идущий из расплавно-растворного ядра, вызвал объёмное изменение пород оболочки с образованием стратифицированного тела метасоматитов эпитермального уровня (кварц, гидрослюда, хлорит, алунит, барит). В дальнейшем, после определённого перерыва и накопления энергии в ядре, произошли прорывы в стратифицированной среде и образовались зоны флюидных брекчий с золото-кварцево-малосульфидными минерализациями. В них развиты также барит, низкотемпературные разновидности кремнезёма, гидрослюда и барит. Последний большей частью маркирует головки зон флюидных брекчий.

На *Цителсепельском месторождении*, иллюстрирующем вертикальный ряд от медносульфидного золотоносного прожилково-вкрапленного основания (возможно порфировый тип) до золотоносного SiO_2 -гелевого накопления (эпитермальный уровень), реставрируется функционирование вертикально-растянутого единого рудообразующего флюидного потока. Последний претерпел дифференциацию на сравнительно глубокий и эпитермальный (приповерхностный) уровни.

В Болнисской рудоносной системе, по сравнению с месторождениями Хишикарской группы (Япония), несколько иную позицию занимает адуляровая минерализация. Так, на Давид-Гареджском барит-полиметаллическом месторождении, по данным Т.Зулиашвили (1983), кварц-адуляровый уровень перекрывается эпитермальной субстратифицированной баритовой залежью (с каолинитом, халцедоном, опалом, ярозитом) и подпирается кварц-полиметаллическими жилами. В этой совокупности просматривается нарастание эпитермального стиля рудообразования.

Приведённые интерпретации по Маднеульскому, Сакдрисскому и Цителсепельскому месторождениям правомерны и для других рудных объектов Болнисской рудоносной системы.

В *Аджаро-Триалетской рудоносной системе*, подогнанной к одноимённому палеогеновому интрадуговому рифту (Юго-Западная Грузия), отчётливо выражена вертикальная последовательность металлогенических ступеней (Буадзе, 2004): нижняя, представленная оруденениями интрузивного стиля – с медно-порфировым, скарново-магнетитовым, скарново-медным, пегматитовым с магнетитом минерализациями → нижняя переходная – малосульфидная золото-кварцево-жильная (в экзоконтактных зонах субвулканических тел) → промежуточная золото-кварц-полиметаллическая в совокупности с малосульфидными золото-кварцевыми жилами и межжильными золотоносными метасоматитами → верхняя переходная – рассредоточенные на больших площадях кварцево-малосульфидные и кварц-полиметаллические оруденения → верхняя – аргиллизитовая (стратифицированная).

В качестве перспективных на золото чётко выступают нижняя, промежуточная и верхняя ступени. В рамках первой осаждение золота происходило вслед за постскарновым медно-сульфидным оруденением (Гартское месторождение) и постмагнетитовой минерализации

(магнетитовое месторождение Дзама). На промежуточной ступени отложение золота имело место вслед за формированием кварцево-полиметаллических жил. На верхней ступени садка золота происходит вслед за формированием кислотных метасоматитов (аргиллизитов).

В приведённых случаях выпадение золота из флюида контролировалось: истощением потенциала серы в флюиде и, следовательно, прекращением растворимости в нём комплексов золота; погашением кислотного потенциала флюида – сдерживателя комплексов золота в флюиде.

Указанная последовательность ступеней рудообразования представляет собой результат эволюции единой рудообразующей системы, начавшей функционирование на интрузивном (порфировом) уровне и завершившей активность в приповерхностных условиях (эпитермальный уровень).

Переход от сравнительно глубинного оруденения в эпитермальное устанавливается на промежуточной ступени, маркируемой кварцево-золото-медно-полиметаллическими жилами и с ними ассоциированными низкотемпературными минеральными образованиями (гидрослюда с хлоритом, кальцит с марказитом и др.). Наиболее интенсивно эпитермальные превращения выражены на верхней (аргиллизитовой) ступени – с масштабными накоплениями алунита, глинистых минералов, монтмориллонита, пирита, марказита, иногда барита и каолинита.

Результаты детального изучения метасоматических превращений в Аджаро-Триалетской рудоносной системе (Гугушвили, 1980) находятся в соответствии с изложенными показателями по рудоносным ступеням.

Ступенчатая последовательность рудообразования подчёркивается также температурными его режимами и изотопным составом серы сульфидов. Так, температуры рудного процесса маркируются следующими показателями: 260°C и выше → 200-260°C → 60-230°C (Долидзе, 2002). Последний интервал характерен для эпитермального уровня. Ступени рудообразования отличаются и изотопным составом серы сульфидов. Концентрации значений $\delta^{34}\text{S}$ при этом выстраиваются по следующей последовательности (Буадзе, неопубликованные данные): от +1 до -2‰ (первая ступень, золото-медно-порфировое месторождение Гарта) → от +3 до -6‰ (вторая ступень, околотрузивная – рудопроявления Гуджарети, Реха, Тусреби и др.) → от +1 до -4‰ (третья ступень, начало эпитермального процесса – медно-полиметаллические месторождения Марисского рудного узла) → от -5 до -15‰ (эпитермальная ступень, рудопроявления Цаблана, Гудна, Усахело, Гагви, Хуло).

Послесловие

Позиции эпитермального оруденения, как это показано многими исследователями (Sillitoe, 1996, 2000; Henley, 1996; Ibaraki, Suzuki, 1993; Nagayama, 1993_{1,2} и др.), определились сопряжением сравнительно глубинных и приповерхностных рудообразующих процессов. Связи между ними осуществлялись в рамках единых флюидных потоков. Для месторождений характерны: смещение нисходящих метеорных- и глубинных магматогенных вод; смена по вертикали адуляр-серицитового и алунит-каолинитового уровней метасоматических превращений; фракционирование глубинной (стандартной) серы с обогащением флюида её лёгким изотопом; утяжеление кислорода; падение температуры до 200°C на адуляр-серицитовом уровне и до 100°C на алунит-каолинитовом уровне.

Сходными показателями эпитермального процесса характеризуются месторождения Болнисской и Аджаро-Триалетской рудоносных систем Грузии.

В Болнисской системе Маднеульское медно-золото-барит-полиметаллическое месторождение образовалось в стратифицированной рудообразующей среде с нарастанием эпитермальных обстановок в сторону её верхнего ограничения (к подошве надрудной слоистой толщи). Существенные доказательства в пользу эпитермальной природы рудно-метасоматических образований верхов Маднеульского месторождения приводит

Р.Мигинейшвили (2004). На Цителсопельском месторождении реставрируется растяжение единого рудообразующего флюида, образующего сравнительно глубинное прожилково-вкрапленное золото-медно-сульфидное основание и приповерхностное (поверхностное) SiO₂-гелевое накопление с золотом. Сакдрисское месторождение иллюстрирует два уровня эпitherмального процесса – кварц-гидрослюда-хлоритовый (стратифицированный) и его рассекающий флюидно-брекчиевый золото-кварц-малосульфидный с баритом, алунитом, гидрослюдой.

В Аджаро-Триалетской системе эпitherмальный уровень выражен широким площадным развитием аргиллизитов (с крупными накоплениями алунита). С ними ассоциируются постаргиллизитовые проявления золота.

Приведённые интерпретации по месторождениям Грузии кладутся в основу расшифровки вертикальных и латеральных рядов проявлений золота. Сменой сравнительно глубинных обстановок рудного процесса эпitherмальными определены условия формирования ячеек с золотым оруденением. Они рассредоточены в спиновых частях и на фоне эпitherмальных мегапаратенезисов. Эти показатели используются при разработке прогнозно-поисковых комплексов.

Литература

1. Аревадзе Д.В. Физико-химические условия формирования эндогенных месторождений Закавказья. Автореферат докт. диссертации. КИМС. Тбилиси. 1989. 65 с.
2. Буадзе В.И. Общие геодинамические обстановки и внутренняя геодинамика золотого рудообразования (на примере Грузии и ряда других регионов). Труды ГИН АН Грузии. Нов.сер. 2004. Вып.119. С.728-737.
3. Буадзе В.И., Вашакидзе И.Г., Зулиашвили Т.Г., Циклаури Н.Ш., Буадзе М.З. Болнисская рудоносная система: инфраструктура и интерпретации рудообразования. Труды КИМС. 2009. В печати.
4. Гогитшвили В.Г. Гидротермально изменённые породы северо-западной части Сомхито-Карабахской зоны (Малый Кавказ). Формирование месторождений малых глубин. Автореферат докт. диссертации. Тбилиси. КИМС. 1969. 74 с.
5. Доллидзе И.Д. К вопросу об эволюции поствагматических растворов при формировании медно-полиметаллических месторождений Мерисского рудного поля (Западная Грузия). Труды ГИН АН Грузии. Нов.сер. 2002. Вып.117. С.420-423.
6. Зулиашвили Т.Г. Геологические особенности строения и условия формирования золото-барит-полиметаллических месторождений Давид-Гареджи и Абульмульк (Болнисский рудный район, Южная Грузия). Автореферат канд. диссертации. Тбилиси. КИМС. 1983. 54 с.
7. Линдгрэн В. Минеральные месторождения. ОНТИ НКТП. Москва-Ленинград. 1935. 383с. с.
8. Мигинейшвили Р.Р. Характеристика и типизация Маднеульского медно-золотого месторождения (Грузия). Труды ГИН АН Грузии. Нов.сер. 2004. Вып.119. С.755-769.
9. Овчинников Л.Н. Образование рудных месторождений. Москва, Недра. 1988. 255 с.
10. Allen R.L. Fals pyroclastic textures in altered silicic lavas, with implications for volcanic-associated mineralization. *Economic Geology*. 1988. Vol. 83. PP.1424-1446.
11. Gugushvili V. Two types of gold mineralization in the Bolnisi mining district related to cretaceous volcanism. *A.Janelidze Geological institute Georgian Academy of Sciences. New series*. 2004. Vol 119. PP.749-754.
12. Henley R.W. Epithermal gold deposits in volcanic terranes//Gold metallogeny and exploration. L.N.Y. Chapman and Hall. 1996. PP.133-164.
13. Ibaraki K., Suzuki R. Gold-silver quartz-adularia veins of the Main, Yamada and Sanjin deposits, Hishikazi mine; a comparative study of their geologi and ore deposits. *Resource Geology Special Issue*. 1993. № 14. PP.1-11.

14. Nagayama T. 1. Precipitation sequence of Veins at the Hishikazi deposits, Kyushu, Japan. Resource Geology special issue. 1993. № 14. PP.13-27.

15. Nagayama T. 2. Pressure Loss, boiling and vein formation an example model for the mineral precipitation in the Hishikari vein deposits. Resource Geology special issue. 1993. № 14. PP.29-36.

16. Sillitoe R.H. Intrusion-related gold deposits. Gold metallogeny and exploration. L.N.-Y. Chapman and Hall. 1996. PP.165-209.

17. Sillitoe R.H. Gold in 2000. Reviews in Economic Geology. 2000. Vol. 13. PP. -345.

ოქრო-ეპითერმალური მადანწარმოშობა მადანმატარებელი სისტემების ფორმირებაში (საერთო მიმოხილვა და საქართველოს მაგალითები).

ბუაძე ვ., წიკლაური ნ.

რეზიუმე

დახასიათებულია ოქრო-ეპითერმალური მადანწარმოშობის თავისებურებები მსოფლიოს რიგი ეტალონური ეპითერმალური საბადოების მიმართებაში არსებული მონაცემების ანალიზის საფუძველზე. მოცემულია მათი შეკირისირება საქართველოს მადანმატარებელი სისტემების ეპითერმალური დონეებისადმი. ზოტანიდია მადანწარმოშობი პროცესების ინტერპრეტაციები და ეპითერმალური სტილის ახალი საბადოების პროგნოზირების წინამძღვრები.

ЗОЛОТО-ЭПИТЕРМАЛЬНОЕ РУДООБРАЗОВАНИЕ ПРИ СТАНОВЛЕНИИ РУДОНОСНЫХ СИСТЕМ (ОБЩИЙ ОБЗОР И ПРИМЕРЫ ПО ГРУЗИИ)

Буадзе В. И., Циклаური Н.Ш.

Реферат

Вследствие анализа существующего материала охарактеризованы особенности рудообразования золото-эпитермальных месторождений.

Дано соприкосновенное рудообразующих систем эпитермальным уровням.

Представлены интерпретации рудообразующих процессов и предсказаны предпосылки новых месторождений.

GOLD-EPITHERMAL ORE-FORMATION IN THE MAKING OF GOLD DEARING SYSTEMS (OVERALL REVIEW AND EXAMPLE CONCERNING GEORGIA)

Buadze V., Tsiklauri N.

Abstract

The peculiarities of gold epithermal ore formation are described on the bases of analyses data of some world standard epithermal deposits. The results of their comparison with epithermal levels of ore-bearing the interpretations of ore process and the pre-requisites for prognostication of new epithermal auriferous deposits.

ИССЛЕДОВАНИЕ КУМИСТАВСКОЙ (ЦХАЛТУБСКОЙ) КАРСТОВОЙ ПЕЩЕРЫ МЕТОДАМИ ГЕОФИЗИЧЕСКОЙ РАЗВЕДКИ

Джаши Г.Г., Чичинадзе В.К., Кирна Д.К., Амилахвари З.Л., Тархнишвили А.Г.

Институт геофизики им. М. З. Нодиа, 0193, Тбилиси, ул. Алексидзе, 1

Формирование Кумиставской карстовой пещеры происходило в течение продолжительного периода, когда отложения мелового возраста – известняки и доломиты, вследствие воздействия атмосферных процессов испытывали превращение.

Полное восприятие созданных природой шедевров в Кумиставской карстовой пещере – опасных трещиноватых структур, картины распределения сталактитов и сталагмитов затруднено, поскольку они тесно связаны и уменьшают яркость кадров, хотя проведенными исследованиями получен достаточно интересный материал, интерпретация которого произведена с учетом комплексных геологических исследований.

В пещере и вдоль нее на дневной поверхности было проведено детальное вертикальное электрическое зондирование (ВЭЗ). Расстояния между точкам ВЭЗ в обоих случаях в среднем составляло 40 м, что давало возможность построения детального геоэлектрического разреза. Вместе с этим, в тех же местах, были проведены работы по симметричному электропрофилированию (СЭП) с разномом электродов $AB/2=65$ м, $AB/2=40$ м и $AB/2=15$ м, а также по исследованию распределения естественного электрического поля (ЕЭП) с 25 метровым шагом [1.2].

В результате интерпретаций ВЭЗ-ов построены геоэлектрические разрезы вдоль подошвы пещеры и ее соответствующей дневной поверхности в масштабе 1:2000 (рис 16). В результате геофизической, геологической и гидрогеологической исследований установлено, что Кумиставская карстовая пещера с точки зрения эксплуатации представляет объект с достаточно высоким риском. В пещере отмечаются системы трещин, которые создают оглиненные брекчированные зоны с достаточной мощностью. Направление основных трещин совпадает с плоскостями напластований, вместе с тем, часто отмечаются пересекающие трещины, которые выделяют блоки с разными величинами распространения.

В выходе пещеры, из-за существующей малой водопроницаемости воклуза, в период проливных дождей в пещеру врывается вода.

По проведенному в пещере ВЭЗ в основном получены трех (А типа) и четырехслойные кривые (АК типа), которые дают геоэлектрический разрез следующего вида:

1. $h_1=5-8$ м; $\rho_1=100-150$ Омм;
2. $h_1=5-6$ м; $\rho_1=200-300$ Омм;
3. $h_1=2-3$ м; $\rho_1=70-100$ Омм;
4. $h_1=30-35$ м; $\rho_1=400-500$ Омм;
5. $\rho_1=200-300$ Омм;

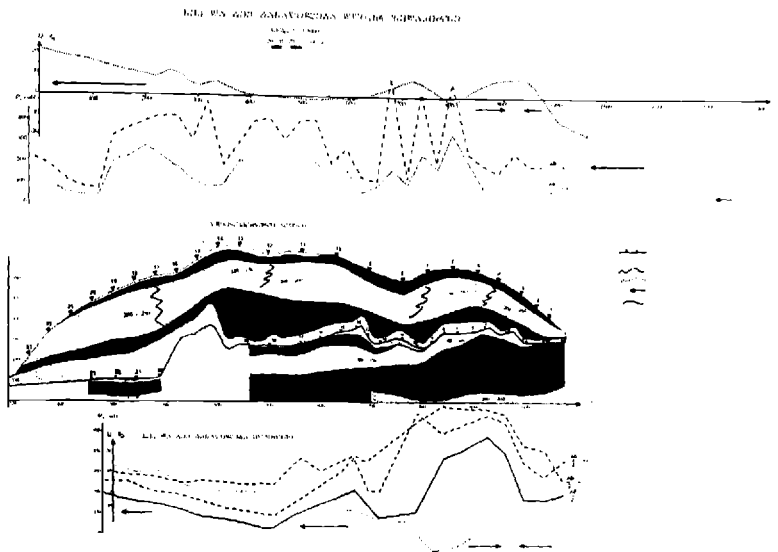


Рис. 1

У входа в пещеру выделенные слои с малой мощностью соответствуют накопленной в пещере насыпи, сопротивление которого зависит от характера доломитизации и обводнения и указывает на их слабую стойкость. В массивных доломитизированных известняках по 5-6 -му ВЭЗ выделенная линза мощностью в 3-4 м и с удельным электрическим сопротивлением 120-150 Омм должна соответствовать сифону, существующему в известняках, где происходит ошелочение известняков и дополнение водянистым и глинистым материалами. Существование такой линзы на этом отрезке подтверждено исследованиями, проведенными с ЕЭП-ми (рас. 1в).

Исследования, проведенные методом СЭП, хорошо отвечают геоэлектрическому разрезу.

Исследованиями, проведенными на дневной поверхности вдоль пещеры, в основном зафиксированы трёхслойные (типа А) и четырехслойные (АА типа) кривые, интерпретациями которых получен геоэлектрический разрез следующего вида:

Увеличение сопротивления массивных известняков (четвертый горизонт) западнее ВЭЗ 14-го должно быть вызвано карстовой пустотой пещеры. Вдоль дневной поверхности зафиксировано быстрое изменение и повышение удельного электрического сопротивления. В частности, по ВЭЗ 6, 7, 8 значение R_k намного превышает 500 Омм, что указывает на существование трещин в соответствующих точках и это находится в хорошем согласии с проведенными и инженерно-геологоразведочными исследованиями.

По распределению ЕЭП в пещере и на дневной поверхности показаны направления фильтраций подземных вод.

ЛИТЕРАТУРА

1. Электроразведка. Справочник геофизика. Москва, Недра. 1989.
2. Жданов М.С. Электроразведка. Москва, Недра. 1981.

ჯაში ვ., ჭიჭინაძე ვ., ქირია ჯ., ამილახვარი ზ., თარხნიშვილი ა/

რეზიუმე

ყუმისთავის კარსტული მღვიმე შესწავლილია ძიების ელექტრომეტრული მეთოდებით – ვერტიკალური ელექტრული ზონდირება, სიმეტრიული ელექტროპროფილირება, ბუნებრივი ელექტრული ველის მეთოდი. გამოკვლევების შედეგები ერთმანეთს კარგად ემთხვევა.

ნატარებელი კვლევების შედეგად მღვიმეში და მის გასწვრივ დღიურ ზედაპირზე გამოვლენილია ნაპრაღთა სისტემები, რომლებიც ქმნიან საკმაოდ მაღალ გათიხებულ ზონებს და გამოყოფენ სხედასხვა სიდიდის და გავრცელების ბლოკებს.

ყუმისთავის კარსტული მღვიმე ექსპლუატაციის თვალსაზრისით საკმაოდ მაღალი რისკის ობიექტს წარმოადგენს.

ИССЛЕДОВАНИЕ КУМИСТАВСКОЙ (ЦХАЛТУБСКОЙ) КАРСТОВОЙ ПЕЩЕРЫ МЕТОДАМИ ГЕОФИЗИЧЕСКОЙ РАЗВЕДКИ

Джашаи Г.Г., Чичинадзе В.К., Кириа Д.К., Амилахвари З.Л.,
Тархнишвили А.Г.

Реферат

Кумиставская карстовая пещера изучена методами электрометрического поиска: вертикальным электрическим зондированием, симметрическим электропрофилеированием, методом естественного электрического поля. Результаты исследований хорошо совпадают.

На основе исследований в пещере и вдоль ее дневной поверхности выявлена система трещин, которая составляет мощные глинистые зоны и выделяет блоки разных величин и распространений.

Кумиставская пещера с точки зрения ее эксплуатации представляет собой объект с высоким риском.

THE SURVEY OF KUMISTAVI (TSKALTUBO) KARST CAVE USING THE GEOPHYSICAL EPLORATION METHODS

Jashi G., Chichinadze V., Kiria D., Amilakhvari Z., Tarkhnishvili A.

Abstract

The Karst Cave of Kumistavi was studied using the Electrometric Survey Methods, namely: Vertical Electrical Probing, Symmetric Electrophoifiling, and Natural Electrical Field Methods. The Survey results correspond to each other.

The results of conducted surveys manifest the systems of clefts, which create sufficiently powerful clay zones and which exudes blocks of various size and diffusion, within the cave and on the sunny surface along the cave.

Kumistavi karst cave represents on object of quiete high hazards for explatation.

ИССЛЕДОВАНИЕ ГЕОФИЗИЧЕСКИМИ МЕТОДАМИ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ В РАЙОНЕ СТРОИТЕЛЬСТВА ГИДРОЭЛЕКТРОСТАНЦИИ (ГЭС) НА РЕКЕ МТКВАРИ

Джаши Г.Г., Чичинадзе В.К., Кириа Д.К., Амилахвари З.Л. Тархнишвили А.Г.
Варазанаშвили О.Ш., З.Д., Одиладзе Д.Т.

Институт геофизики им. М.З. Нодиа, 0193, Тбилиси, ул. Алексидзе, 1

Геоморфологические условия бассейна р. Мтквари по территории сел. Рустави (Аспиндзский район) дает убедительные критерии для строительства ГЭС.

С точки зрения геотектонического строения, бассейн р. Мтквари находится в пределах мегаантиклинория Малого Кавказа, где структурно и морфологически резко выделяется Аджаро-Триалетская зона. Она в основном, построена довольно мощными вулканогенно-карбонатными, флишево – вулканогенными и теригенными отложениями кайнозойского и мезозойского возрастов, которые, в основном, представлены вулканогенными брекчиями, туфами и туфолавами, песчаниками, аргилитами, мергелями, известняками и андезитами разного состава. Геологический разрез осложнен пликативными дислокациями и разрывными нарушениями разной мощности. На участке вероятного строительства гидроэлектростанции (ГЭС), в зоне выветривания осадочных пород, развиты оползневые явления. Вместе с этим, исследуемый объект относится к региону с высокой сейсмической опасностью, что еще более способствует развитию экзодинамических процессов.

Основной задачей геофизических исследований является уточнение литостратиграфического и тектонического строения осадочных отложений, их дифференциация по физическим параметрам по глубине и латеральному направлению. выявление и оконтуривание оползневых и потенциально оползневоопасных участков, уточнение их динамических, кинематических параметров и мощностей, установление доминирующего направления фильтрации подземных вод и оценка сейсмической опасности территории вероятного строительства ГЭС и прилегающих территорий.

Для решения поставленных задач были использованы электроразведочные (вертикального электрического зондирования – ВЭЗ, симметрического электрического профилирования – СЭП, естественного электрического поля – ЕЭП) и сейсморазведочные (корреляционный метод преломленных волн – КМПВ) методы.

Полевые электро и сейсморазведочные исследования были проведены на следующих участках:

1. участок главного водосборного узла ГЭС;
2. зона затопления распространённых вокруг водохранилища осадков;
3. ось подземного деривационного тоннеля;
4. участок строительства административных объектов.

На водосборном узле Мтквари ГЭС морфологически выделяется участок, который имеет северо – восточное направление (NO-35°) с остронаклонными склонами на севере и юге. В формировании рельефа значительную роль сыграло эрозионное действие р. Мтквари. В частности, у плато река Мтквари упирается в относительно массивные породы и на 90° меняет направление, в результате создавая впечатление естественной плотины.

С целью установления лито-стратиграфического строения осадков на территории плато были проведены два электро и один сейсморазведочный профили и были составлены

соответствующие геоэлектрические и сейсмогеологические разрезы. Вдоль разрезов расположены проектные скважины, документация которых легла в основу интерпретации геофизических материалов.

Геофизические разрезы проходят в отложениях верхнего эоцена, который построен фораминиферовыми мергелями, грубозернистыми кварц-аркозовыми песчаниками, сланцеватыми карбонатными глинами майкопского типа. В разрезах отмечается существование конгломератов и брекчий, в некоторых случаях, прослоев базальтов, андезит – базальтов и трахитов.

Разрезы составлены до глубины 30м, что достигнуто максимальными разносами питающих электродов ($\frac{AB}{2} = 220\text{ м}$)

Вдоль геоэлектрического разреза 1-1¹ первый выделенный слой ($h=1-1,5\text{ м}$, $\rho_1 = 100-120\text{ Омм}$) получен выветриванием глинистогалечниковых отложений.

Второй слой с высоким удельным сопротивлением ($\rho = 400-450\text{ омм}$) соответствует андезита и массивным песчаникам. Удельное элсопротивление с глубиной уменьшается ($\rho = 200-250\text{ Омм}$), что, по нашей интерпретации, вызвано обводнением осадков. На геоэлектрических разрезах пунктиром нанесен уровень воды в скважинах, что находится ниже уровня высокоомного горизонта (Рис 1).

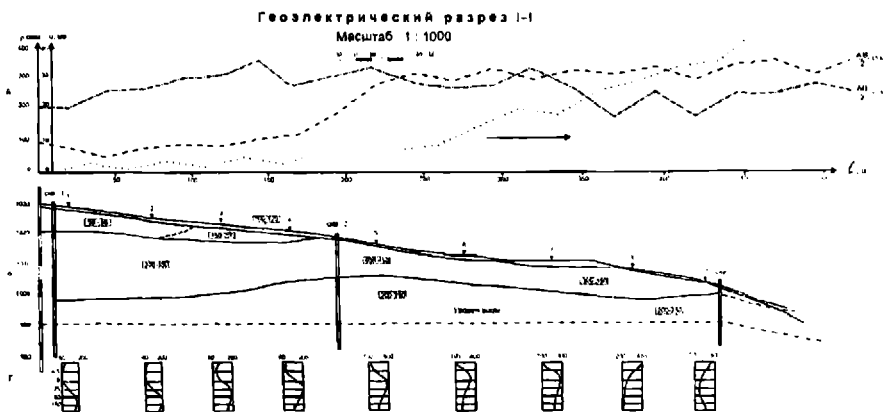


Рис 1

Вдоль геоэлектрического разреза был проведен СЭП АА¹МНВ¹В ($\frac{AB}{2} = 40\text{ м}$, $\frac{A^1B^1}{2} = 15\text{ М}$). Разносы питающих и приемных электродов были выбраны исходя из результатов интерпретации ВЭЗ.

Полученные результаты интерпретации СЭП находятся в хорошем согласии с данными интерпретации по методу ВЭЗ. [2]

В геоэлектрическом разрезе также показано распределение ЕЭП, что указывает на направление фильтрации подземных вод. По градиенту потенциала можно условно предположить о величине скорости течения. На этом же рисунке показан вид кривых ВЭЗ (рис. 1,в), что указывает на надежность представленного геоэлектрического разреза. Условные обозначения общие для всех рисунков.

1 2 3

- точки и профиль ВЭЗ

1 2 3

- точки и профиль КМПВ

- профиль ЕЭП

50 - 70

- удельное электрическое сопротивление ρ Омм

410

- скорость распространения сейсмических волн V



направление фильтрации подземных вод

----- - кривая СЭП, $\frac{A'B'}{2} = 15$ м

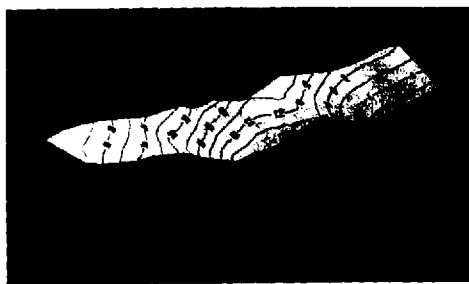
..... - кривая СЭП, $\frac{AB}{2} = 40$ м

----- - граница раздела слоев



- скважина

Геоэлектрический разрез II-II¹ в принципе аналогичен разрезу I-I¹. По проведенным на плато исследованиям построен геоэлектрический разрез, выполненный по программе „Сарфер-8“, в которой показана пространственная ориентация подошвы горизонта высокого удельно-электрического сопротивления (Рис. 2). Вдоль разреза скорость фильтрации подземных вод несколько увеличена, на что указывает повышение потенциала с относительно высоким градиентом. Проведенными на плато исследованиями было построено двухмерное распределение ЕЭП и его градиента, выполненное по программному обеспечению „Сарфер-8“ (Рис. 3).



Н м

34
32
30
28
26
24
22
20
18
16
14
12
10
8
6
4
2
0

0 100 200 300 400 м.

Рис 2

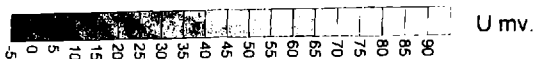


Рис 3

Геозлектрические разрезы III-III¹ и IV-IV¹ проходят по левому берегу р. Мтквари в аллювиально-делювиальных отложениях.

На геозлектрическом разрезе III-III¹ (Рис. 4) по ВЭЗ 3-7 зафиксированы ярко выраженные кривые К, где первый слой ($h = 2\text{ м}, \rho = 30 - 40\text{ ом м}$) перекрывает горизонт с $\rho = 200 - 250\text{ ом м}$, соответствующий аллювиальным отложениям р. Мтквари, мощность которых от ВЭЗ-3 к ВЭЗ-7 уменьшается с 12 м. до 4-5 м. Отмеченный слой перекрывает глины ($\rho = 20 - 30\text{ ом м}$), мощность которых, несмотря на солидные разности питающих электродов ($\frac{AB}{2} = 220\text{ м}$), по данным ВЭЗ определить не удается. Геозлектрический разрез в

хорошем согласии с данными СЭП и сейсморазведки.

Геозлектрические разрезы V-V¹ и VI-VI¹ расположены на правом берегу р. Мтквари в аллювиально-делювиальных отложениях.

На геозлектрическом разрезе ВЭЗ-4-7 аналогичны. Они характеризуют двухслойный разрез, где первый слой ($h = 3 - 5\text{ м} = \rho = 40 - 50\text{ ом м}$) соответствует выветренным сухим глинам, а второй – типичным глинам ($\rho = 25 - 30\text{ ом м}$). Выделение подошвы из-за большой мощности не удалось.

Геозлектрический разрез III-III¹

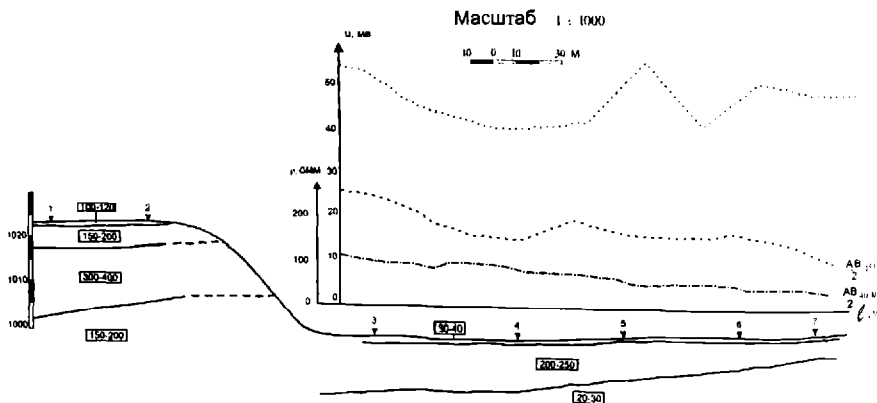


Рис 4

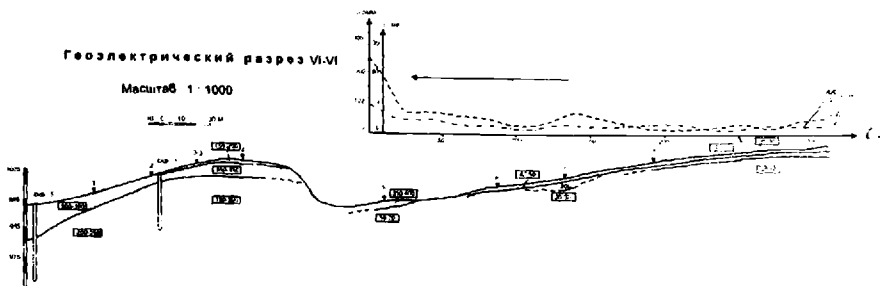


Рис 5

На геoeлектрическом разрезе VI-VI¹ (Рис. 5) по данным ВЭЗ 2,3-3¹ и 4 выделяются три слоя: первый ($h=1.5-2\text{м}$; $\rho = 150 - 200\text{омм}$), второй ($h=3-5\text{м}$; $\rho = 350 - 450\text{омм}$) и третий ($\rho = 150 - 200\text{омм}$). Первый слой соответствует сухим выветренным породам, второй – чередованию песчаников и андезитов, третий – андезитам. Удельное электрическое сопротивление последних, в соответствии с их вещественным составом и обводнением, уменьшается. По ВЭЗ 6-9 весь геoeлектрический разрез проходит в глинах, которые по ВЭЗ 8-9 у поверхности несколько дифференцированы. Установить мощность глин не удалось.

На р. Мтквари, после возведения плотины, зона затопления, по всей вероятности, будет распространена на 5-6км от плотины.

Целью геофизических исследований является уточнение литофациального строения, распространенного по правому берегу реки, вдоль автомобильной дороги и выявление и оконтуривание оползневых и потенциально оползневоопасных участков.

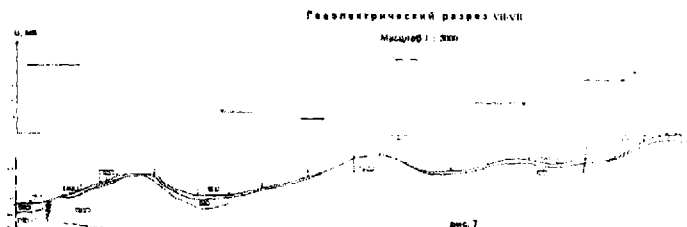


Рис 6

Вдоль автомобильной дороги было проведено два субпараллельных профиля методами ВЭЗ, ЕЭП и КМПВ.

На геoeлектрическом разрезе VII-VII¹ (Рис. 6) между ВЭЗ-ами 1 и 2 должна проходить линия разлома, вдоль которой глины контактируют с высокоомными породами. В глинистых породах первый выделенный слой ($h=2-3\text{м}$; $\rho = 25 - 30\text{омм}$) соответствует относительно сухим глинам, второй слой ($\rho = 10 - 20\text{омм}$) - глинам майкопского типа. В них выявлены участки, где удельное электрическое сопротивление падает до 5-10омм, что указывает на существование оползневых и потенциально оползневоопасных участков. Действительно, вдоль всего протяжения автодороги отмечаются оползневые участки, где проводятся мероприятия по уменьшению оползневых процессов, но их ликвидация практически не удается.

Для более уверенного установления динамических и кинематических параметров оползнеопасной массы, на ярко выраженном оползне, который перекрыт защитным габионом, были проведены специальные исследования.

Перпендикулярно оползневому склону, 10 метровым шатом, на пяти параллельных профилях, расстояния между которыми также были 10м, было изучено распределение ЕЭП на площади.

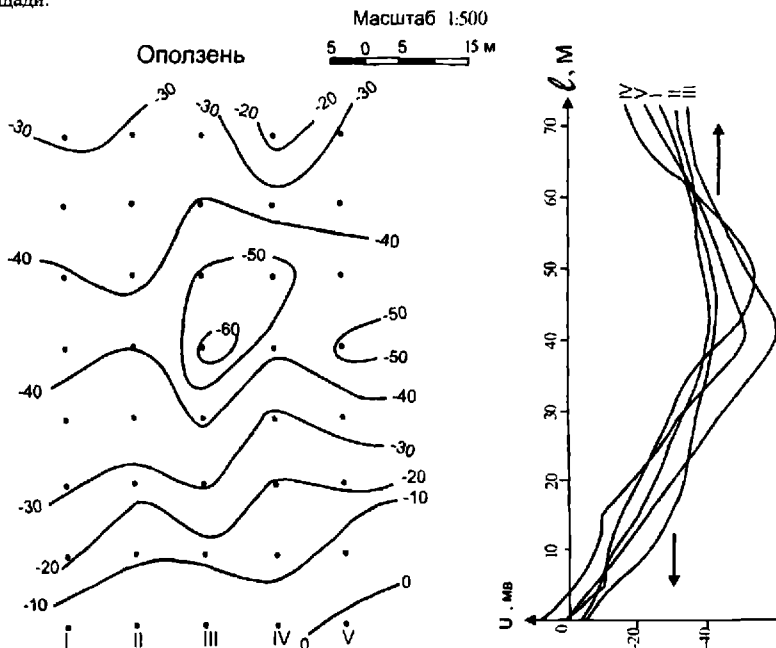


Рис 7

На рис. 7,а изолиниями показано положение максимального накопления оползневой массы, которое соответствует площади, околонтурной 50-60 мВ изолиниями. По ВЭЗ-ом были определены мощность ($h=2-3$ м) накопления и его удельное электрическое сопротивление.

На рис. 7,б показан вид распределения ЕЭП на всех пяти микропрофилях, что ясно указывает на направление движения воды из оползневой массы, и исходя из этого, с учетом мощности оползневой массы, и направления перемещения зеркала скольжения.

Длина подземного деривационного тоннеля 9км. Первые 3.75км он проходит в северном, а потом, у с. Сакунети в северо-западном направлении.

Вдоль оси тоннеля представлены: верхняя часть среднего эоцена – грубозернистые вулканические брекчи, туфы и лавовые покровы (в основном базальтоиды, реже андезитбазальты, андезиты, дололиты и трахиты) верхнеэоценового возраста. В нейтральной части ось тоннеля пересекают антиклинарные и синклинарные структуры.

Целью исследований является установление литостратиграфического строения осадочных формаций до уровня подошвы тоннеля. Ввиду большой мощности осадочных

формаций, несмотря на максимальные разности питающих электродов ($\frac{AB}{2} 340 м$), установить положение подошвы тоннеля практически не удалось.

Геоэлектрический разрез сравнительно детально изучен у южного портала, где по ВЭЗ 1 и 3 зафиксировано существование трехслойного разреза (Рис. 8), который состоит из кривых Q типа. Первый слой ($h=2-3 м$; $\rho = 350 - 400 ом.м$) соответствует верхней выветренной части вулканогенных пород. Он перекрывает отложения сланцев и песчаников 10-12 м. толщины, в которых отмечается существование лавовых покровов. По визуальным наблюдениям хорошо фиксируются элементы их залегания. Осадки, в основном, расположены почти вертикально и, по всей вероятности, должны находиться в пределах антиклинарных структур. Корреляция между ВЭЗ-ами 3 и 4 нарушена. Это ясно отмечено и по данным СЭП, что подсказывает о существовании между ними разрывных нарушений.

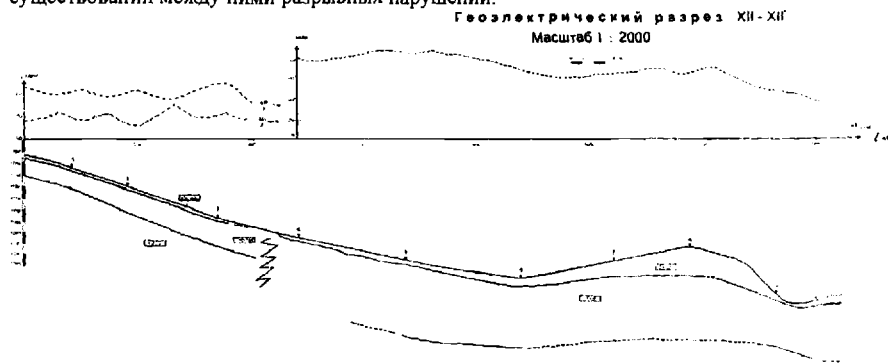


Рис 8

По данным ВЭЗ - 4-10, удельное сопротивление первого слоя ($\rho = 90 - 100 ом.м$), мощность которого постепенно увеличивается от ВЭЗ - 4 до ВЭЗ - 8 от 3 до 13 метров. Он перекрывает глины ($\rho = 15 - 20 ом.м$), мощность которых хорошо зафиксирована по данным ВЭЗ 5, ВЭЗ 9 и ВЭЗ -10-10¹. По данным ВЭЗ 9 и ВЭЗ 10-10¹ на глубине 25-30 м. должны находиться сравнительно массивные породы. Это указывает на то, что на этом участке (в ущелье) тоннель должен пройти в плотных породах ($\rho=60-70 ом.м$). Данные СЭП совпадают с данными геоэлектрического разреза.

Строительство административного здания и уравнивающего резервуара ГЭС запланировано на правом берегу р. Мтквари (с. Сакунети), где довольно широкая низина дает возможность построения этих сооружений.

Геоэлектрический разрез IX-IX'

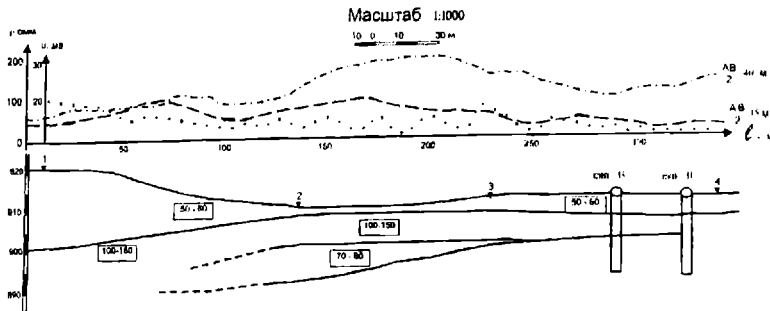


Рис 9

Этот участок изучен электрическими и сейсморазведочными методами. Полученные электрические и сейсмогеологические разрезы находятся в хорошем согласии.

Как было отмечено в описании геоэлектрических разрезов, с целью установления глубины залегания и скорости распространения продольных сейсмических волн V_p были проведены сейсморазведочные работы.

Обработка встречных и нагоняющих годографов и построение преломляющих горизонтов было проведено методами пластовых скоростей, T_0 и взаимных точек. (Рис. 10).

По величине скорости распространения V_p волн выявлены четыре зоны. Первая зона – наносы, почвенный слой, глинистые образования ($V_p=320-600\text{м/сек}$). Вторая зона – щебень, галька, глины ($V_p=600-1600\text{м/сек}$). Третья зона – сухие глины, аргилиты, выветренные песчаники и андезиты ($V_p=1900-2800\text{м/сек}$). Четвертая зона – твердые породы ($V_p=2600-3800\text{м/сек}$).

Результаты, полученные по электро и сейсморазведочным работам довольно хорошо согласованы.

В лабораторных условиях были изучены физико-механические свойства, взятых из скважин горных пород. Установлены плотность σ , V_p и V_s , коэффициент Пуассона и динамические модули Юнга для аргилитов, андезитов и песчаников.

Для установления закономерностей наблюдаемого сейсмического поля исследуемого района были созданы три каталога: 1) каталог всех зафиксированных землетрясений в этом районе с древнейших времен до 2007 года; 2) каталог сравнительно сильных с $M^a 3.5$ землетрясений для такого же периода; 3) каталог макросейсмических данных сильных землетрясений и сводная карта изосейст.

На основе этого материала была построена карта эпицентров, которая практически показывает плотность распределения землетрясений.

На рис. 10 показана карта зон возникновения очагов землетрясений (ВОЗ). Самая большая величина максимального горизонтального грунта ожидается из зоны ВОЗ4.

Результаты проведенных геофизических исследований дают основание для следующих выводов:

1. методами электро и сейсморазведки была проведена дифференциация распространенных на исследуемом объекте осадков; установлены их мощности и физические параметры (удельное электрическое сопротивление, скорости распространения сейсмических волн). Статистическими расчетами установлено, что осадочные породы, в среднем, характеризуются следующими параметрами:

сухие аллювиально-делювиальные отложения $\rho = 400 - 450$ Омм.

обводненные аллювиальные отложения $\rho = 200 - 250$ Омм

чередование песчаников и аргилитов $\rho = 350 - 400$ Омм

щебень $\rho = 300$ Омм

сухая глина $\rho = 200 - 300$ Омм

глинистые образования $\rho = 50 - 60$ Омм

сухая глина $\rho = 25 - 30$ Омм

глины майкопского типа $\rho = 20 - 15$ Омм

оползневые и потенциально оползнеопасные глины $\rho = 5 - 10$ Омм;

2. в лабораторных условиях установлены физико-механические свойства некоторых пород;

Физико-механические свойства горных пород					
Горная порода	Плотность (г/см^3)	V_p (м/сек)	V_s (м/сек)	Коэффициент Пуассона	Динамический модуль Юнга $E_D (10^8 \text{ Pa})$
Аргилиты	2.11-2.59	1420-2860	860-1400	0.13-0.35	41-119
Песчаники	2.52-2.53	2550-3830	1630-2560	0.10-0.25	140-363
Андезиты	2.34-2.65	2560-4600	1700-2510	0.11-0.32	149-570

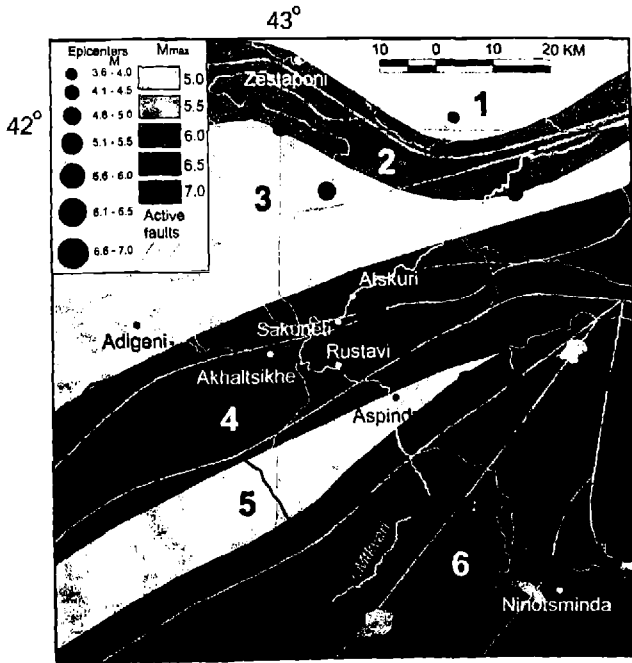


Рис 10

3. в геоэлектрических разрезах проведена дифференциация осадочных образований по глубине и в латеральном направлении;

4. в геоэлектрических разрезах установлены направления фильтрации подземных вод и определены их вероятные скорости;

5. проведенными на плато (участок первый) работами установлено пространственное распределение ЕЭП и его градиенты, а также подошвы, горизонта с высоким удельным сопротивлением по программе обеспечения „Сарфер-8”;

6. с точки зрения существования оползней, правый берег р. Мтквари нестабилен. Выделены потенциально особо оползневоопасные участки. На конкретных примерах установлены их динамические и кинематические параметры и мощности;

7. оценена сейсмическая опасность территории вероятного строительства ГЭС и прилегающих областей. Исследуемый район покрыт эпицентрами землетрясений с различными магнитудами. Зоны очагов исторических землетрясений в настоящее время представляют зоны затишья;

8. на основе активных разломов исследуемого района, была построена карта зон возникновения очагов землетрясений (ВОЗ), которая представляет потенциальными сейсмические возможности этого района. На объектах макросейсмический эффект с интенсивностью в 9 баллов может произвести одна зона ВОЗ-4 [3].

Литერატურა

1. Гамбурцев Г.А., Ризниченко Ю.В., Берзон И.С., Епинатьева А.М. Пасечник А.П. Карус Е.В. Корреляционный метод преломленных волн. Из-во АН СССР. Москва. 1959.

2. Пылаев А.М. Руководство по интерпретации вертикальных электрических зондирований. Москва. Госгеолтехиздат. 1948.

3. Varazanashvili O. Seismic hazard assessment of Georgia by deterministic and probabilistic methods. Journal of Georgian Geophysical Society (A). 1999. Vol 4.

მდინარე მტკვარზე ჰიდროელექტროსადგურის მშენებლობის რაიონის საინჟინრო-გეოლოგიური პირობების გამოკვლევა გეოფიზიკური მეთოდებით

ჯაში გ., ჭიჭინაძე ვ., ქირია ჯ., ამილახვარი ზ., თარხნიშვილი ა., ვარაზანაშვილი ო., ოდილაძე დ.

რეზიუმე

გეოფიზიკური გამოკვლევების შედეგად შესწავლილია მდ. მტკვარზე ჰიდროელექტროსადგურის მშენებლობის რაიონის საინჟინრო-გეოლოგიური პირობები. დადგენილია იქ გაერცელებული ნაღველების სიმპლავრეები და ფიზიკური პარამეტრები. გამოვლენილია მეწყერული და პოტენციალურად მეწყერსაშიშრობები და დადგენილია მათში ფილტრაციის გაბატონებული მიმართულება შეფასებულია პეს მშენებლობის რაიონის სეისმურობა.

ИССЛЕДОВАНИЕ ГЕОФИЗИЧЕСКИМИ МЕТОДАМИ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ В РАЙОНЕ СТРОИТЕЛЬСТВА ГИДРОЭЛЕКТРОСТАНЦИИ (ГЭС) НА РЕКЕ МТКВАРИ

**Джаши Г.Г., Чичинадзе В.К., Кириа Д.К., Амилахвари З.Л., Тархнишвили А.Г.,
Варазанашвили О.Ш., Одилавадзе Д.Т.**

Реферат

На основе геофизических исследований изучены инженерно-геологические условия в районе строительства ГЭС на р. Кура (Мтквари). Установлены мощности и физические параметры здесь распространенных осадков. Выявлены оползневые и оползне-опасные участки и установлено господствующее направление и фильтрация. Оценена сейсмичность района строительства ГЭС.

INVESTIGATION OF THE ENGINEERING-GEOLOGICAL CONDITIONS OF THE MTKVARI RIVER HYDROELECTRO-STATION BUILDING REGION BY THE GEOPHYSICAL METHODS

**Jashi G., Tchitchinadze V., Kiria J., Amilakhvari Z., Tarkhnishvili A.,
Varazanashvili O., Odilavadze D.**

Abstract

The engineering-geological conditions of the Mtkvari River hydroelectro-station building region is studied. The depth of sediments and its physical parameters are established. The landslide and potentially dangerous plays are obtained and the dominant directions of the filtration are established in them. The seismicity of this region is estimated.

ИНТЕРПРЕТАЦИЯ ДАННЫХ ЭЛЕКТРОМЕТРИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ, ПРОВЕДЁННЫХ В МЕСХЕТИ В РАЙОНЕ С. РУСТАВИ

Одилавадзе Д.Т., Тархнишвили А. Г.

Институт геофизики им. М.З. Нодиа, 0193, Тбилиси, ул. М. Алексидзе, 1
E-mail: odilavadzedavit@hotmail.com

На территории Месхети, вблизи с. Рустави, на плато, находящегося в пойме р. Куры, были проведены геофизические исследования с целью установления состава пародообразующих материалов и их физических параметров. Интерес к изучению отмеченных материалов обусловлен тем, что с ними связаны возможности перекрытия реки платиной для запланированной гидроэлектростанции Мтквари ГЭС. Территория в районе исследования орографически довольно простая, в частности, разность гипсометрических уровней на протяжении 0,7 км на участке геофизических работ составляет 10 м (рис.1). Река Кура, в пойме которой были проведены исследования, характеризуется сепарацией выносимого материала.

Вследствие проведённых геофизических работ установлено, что дифференциация отмеченных пород по удельному электрическому сопротивлению достаточно контрастная, что и определяет эффективность геофизических (электрометрических) исследований [1]. Геофизическими, в частности, электрометрическими работами проведены исследования и в соответствии с конкретными изыскательскими задачами установлены: литологический состав распределённых материалов на объекте и оконтуривание anomalно проявленного погребённого объекта в одномерном представлении.



Рис.1 Плато, находящееся в пойме р. Куры (вид сверху).

С целью определения литологической дифференциации и определения мощности распространённых пород на плато, находящемся в пойме р. Куры (рис.2)



Рис.2 Плато,находящееся в пойме р.Кура (вид с боку).

были использованы электрометрические исследования методами сопротивления постоянному току, в частности, вертикальные электрические зондирования (ВЭЗ).

По данным, проведённых исследований, вдоль профилей, проходящих параллельно береговой линии плато, (р. Кура огибает плато в этом месте и возвращается к начальному направлению рис2.) Данные полевых работ были проинтерпретированы программным обеспечением ipi2win (ранее применённой авторами в/2/), по ним были построены трёхслойные кривые ВЭЗ, некоторые ВЭЗ представлены на рис. 3а-1-2-3-4 и рис.4а-2-3-4-5(в основном Н и К типов) как для первого, так и для второго профилей (начало расположения ВЭЗ-ов соответствует первым номерам на рисунках)

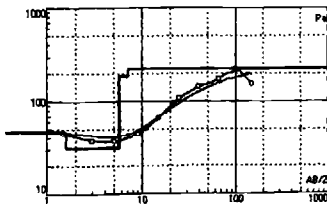


рис.3а-1

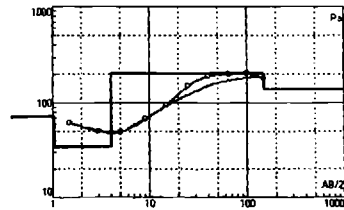


рис.3а-2

Кривые ВЭЗ на рис 3а-1 и 3а-2 расположены в начале первого профиля.

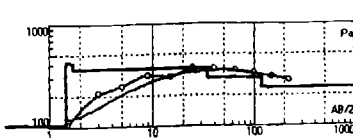


рис.3а-3

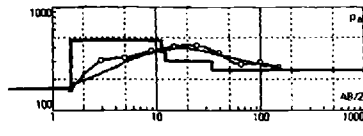


рис3а-4

Кривые ВЭЗ на рис 3а-3 и 3а-4 расположены над высокоомной неоднородностью первого профиля.

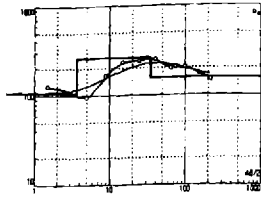


рис4а-2

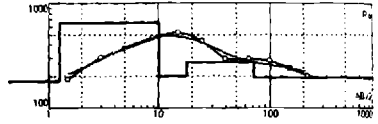


рис4а-3

Кривые ВЭЗ на рис 4а-2 и 4а-3 расположены вначале и над высокоомной неоднородностью второго профиля.

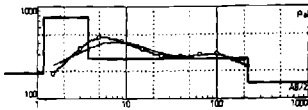


рис.4а-4

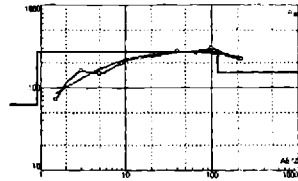


рис.4а-5

Кривые ВЭЗ на рис 4а-2 и 4а-3 расположены над и вблизи высокоомной неоднородности второго профиля .

Был составлен разрез кажущегося сопротивления и геоэлектрический разрез для двух параллельных профилей, удалённых друг от друга на 60м. , рис.3 и рос.4 .

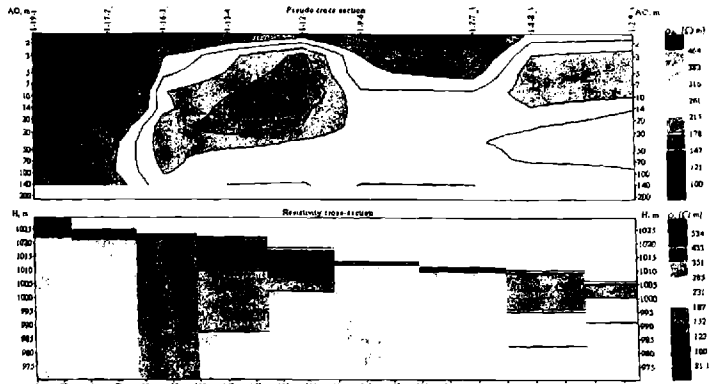
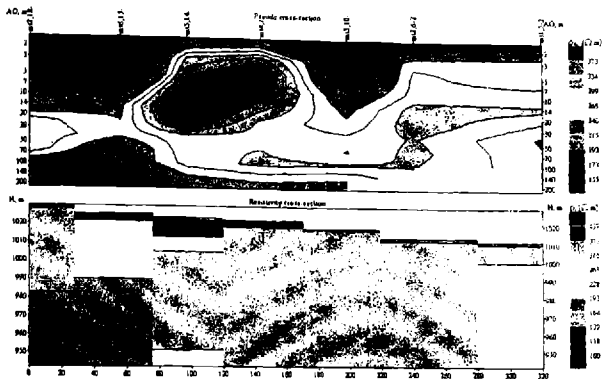


Рис.3 Разрез кажущегося сопротивления и геоэлектрический разрез для первого профиля.



რის.4. Разрез кажущегося сопротивления и геоэлектрический разрез для второго профиля.

Анализируя разрез кажущегося сопротивления для обоих профилей, можно отметить хорошее совпадение форм и значений изолиний кажущихся сопротивлений .

По геоэлектрическим разрезам выделяются подобные геоэлектрические особенности , вначале это низкоомные пропластки (100-150ом.м и мощностью 3-5м.), затем высокоомное и хорошо оконтоуренное образование (у.э.с. 500 -800ом.м мощностью 6-10м на 1,5м от поверхности и глубиной расположения в среднем до 15-30м.) дальше переходящее в полосу такие мощные пласты (у.э.с. 200-300ом.м перекрыты маломощными пропластками до 1м. с у.э.с.100-150ом.м).

По составу материал соответствует :

- суспеси 50-80ом.м ,
- водонасыщенным пескам у.э.с. 80-200ом.м ,
- пескам слабоувлажнённым и пескам сухим 200-500ом.м ,
- скальным породам 500-1000ом.м.

Литერატურა:

1. Джаши Г.Г., Чичинაძე ვ.კ., ჩელიძე თ.ლ.,ცერეთლი ე.დ., ოდილაძე დ.ტ., გარქნიშვილი ა.გ.,ამილახვარი ზ.ლ.კითვანი დ.შ., რევაზიშვილი ა.ლ.,ძვაციანიძე გ.გ.,აბრამიშვილი გ.ნ. Изучение инженерно-геологических условий Бугеульского (Рача) оползня геофизическими методами разведки . Труды Ин-та геофизики 2004. Т. 58. С.328-334.
2. Джаши Г. Г., ოდილაძე დ.ტ.,ზარდლიშვილი თ.ო, ამილახვარი ზ ლ.,გლადე გ.გ., რევაზიშვილი ა.ლ. Интерпретация электротрических исследований ,проведённых в районе с.Гонбискари. Труды Ин-та геофизики. 2008. Т.60. С. 74-80.

მესხეთში, სოფ.რუსთავის რაიონში ჩატერბუღლი ელექტრომეტრული გამოკვლევების ინტერპრეტაცია

ოდილაძე დ., თარხნიშვილი ა.

რეზიუმე

მესხეთში ,სოფ. რუსთავის რაიონში მდ. მტკვრის ხეობაში მდებარე პლატოზე ჩატარდა გეოფიზიკური (ელექტრომეტრული) გამოკვლევები ნიადაგის წარმოქმნელი მასალის შემადგენლობის დადგენის მიზნით.

გეოელექტრული ჭრილების მიხედვით გამოყო რიგი გეოელექტრული განსაკუთრებულობებისა, დასაწეისში დაბალომიანი სუსტი სიმძლავრის ქანები, შემდეგ მაღალომიანი კარგად შემოკონტურებული წარმონაქმნი და ზოდებადი მაღალი სიმძლავრის ფენები. წარმოდგენილია ნიადაგის წარმომქმნელი მასალის ლითოლოგიური შემადგენლობა.

ИНТЕРПРЕТАЦИЯ ДАННЫХ ЭЛЕКТРОМЕТРИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ, ПРОВЕДЁННЫХ В МЕСХЕТИ В РАЙОНЕ С. РУСТАВИ

Одилавадзе Д.Т., Тархнишвили А.Г.

Реферат

На территории Месхетии вблизи с. Рустави на плато, находящегося в пойме р.Курь были проведены геофизические исследования с целью установления состава породо-образующих материалов.

По геоэлектрическим разрезам выделяется ряд геоэлектрических особенностей, вначале это низкоомные пропластки, затем высокоомное и хорошо оконтуренное образование и полосующие мощные пласты. Представлен литологический состав породо-образующегося материала.

INTERPRETATION OF ELECTROMETRIC RESEARCH IN THE AREA OF THE VILLAGE RUSTAVI, MESKHETI

Odilavadze D., Tarkhnishvili A.

Abstract

It has been carried out electrometric research in order to get information on the area ground formative material in the village Rustavi of the district Meskhethi. The results have shown the litologic composition.

ОСОБЕННОСТИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ АНОМАЛИЙ И АРХЕОЛОГИЧЕСКИЕ ПРИЧИНЫ ИХ ВОЗНИКНОВЕНИЯ НА ПЕРВОЙ ТЕРРАСЕ АРМАЗЦИХЕ-БАГИНЕТИ

Табагуа Г.Г., Николаишвили В.В., Джахуташвили М.Н., Кутелия Г.А.,
Гиунашвили Г.Н.

Институт геофизики им. М.З. Нодиа, 0193, Тбилиси, ул. М. Алексидзе, 1
Тбилисский государственный университет им. И. Джавахишвили, 0128, Тбилиси, пр. И. Чавчавадзе, 1
Грузинский университет им. св. Андрея Первозванного грузинского Патриархата, 0162, Тбилиси,
пр. И. Чавчавадзе, 53

В результате проведенных по специально разработанной методике полевых исследований в различных регионах Грузии – Бичвинта, Армазцихе-Багинети, Дманиси – было выявлено множество археологических памятников [1], [2], [3], [6], [10].

В Багинети, на северо-восточном склоне горы Картли, на правом берегу Куры выделяются довольно широкие и длинные террасы, охватывающие площадь около 30 гектаров.

Данный неповторимый археологический памятник Армазцихе-Багинети, представляющий собой акрополис древней столицы Грузии, привлек внимание исследователей (Д. Бакрадзе, Э. Такашвили) еще в 80-х годах XIX века. По инициативе И. Чавчавадзе были проведены раскопки на развалинах единственного надземного сооружения [7], [9].

Целенаправленное археологическое исследование данного объекта началось в прошлом веке. В сороковые годы под руководством И. Джавахишвили и С. Джанашиа были проведены раскопки на комплексе царской резиденции, во время которых были обнаружены колонный зал, возведенный без применения раствора, остатки царской усыпальницы, датированные IV веком до н. э., а также захоронение II века н. э. с выточенным из цельного камня саркофагом царской дочери, в котором были найдены многочисленные золотые и серебряные предметы, монеты и ювелирные украшения. Были обнаружены остатки хозяйственных построек и водопровода, бани античного периода и пр. Невзирая на то, что с археологической точки зрения изучена лишь небольшая часть территории Армазцихе-Багинети, уже обнаруженные памятники несомненно свидетельствуют о довольно высоком уровне развития строительной техники в Грузии античного периода. Здесь же следует отметить, что на раннем этапе строительства городов-крепостей основным строительным материалом служили камни и невыжженный кирпич [8].

В Багинети обнаружено три последовательных культурных слоя. В частности, первый слой – древнейший город – датируется IV-III веками до н. э.; средний слой – относится к III-I веками до н. э., а верхний слой – I и последующим векам н. э. (вплоть до перенесения столицы из Мцхета).

Согласно схемам, составленным на основании археолого-геофизических данных, на объекте Армазцихе-Багинети общая площадь подземных сооружений составляет 1750 квадратных метров, что подтверждается и контрольными раскопками [4], [5].

При проверке аномалии параметрическими траншеями была подтверждена глубина залегания археологических памятников, направление их распространения и контакт с

содержащими породами, однако по тем или иным причинам не была установлена нижняя граница памятников. состав и пр.

Детальный анализ существующих данных позволил получить дополнительную информацию для количественной характеристики археологического памятника.

На рис. 1 представлен участок проведенного по второй террасе магистрального профиля, соответствующий существующему на глубине археологическому сооружению. Параметрическая траншея показывает, что сооружение расположено на глубине 70-80 см, а его контакт со стерильными породами точно совпадает с контуром распространения аномалии [4].

Резкое падение кажущегося удельного электрического сопротивления (ρ_k) по мере увеличения расстояния между питающими электродами указывает на то, что глубинное распространение археологического объекта невелико. В частности, глубина залегания его нижней границы не должна превышать 1,5 метров от поверхности земли.

Вдоль профиля, в пределах 5-16, 33-44 и 47-52 пикетов, выделяются три интересных аномальных участка. Однако они, в основном, в основном, дают информацию скорее о составе (плотности) сооружения, чем о его глубинном распространении.

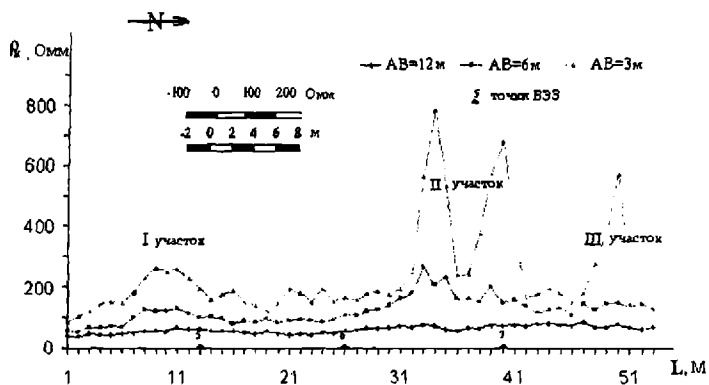


Рис. 1. Графическое отображение ρ_k (вторая терраса)

Обнаруженное на первой террасе археологическое сооружение и соответствующая ему аномалия имеют обширное распространение площадью до 750 квадратных метров [5].

На рис. 2 представлены данные одного из профилей, проведенного по аномальному участку, где при $AB=3$ м максимальное значение ρ_k равно 180-210 Ом·м. При $AB=6$ м, оно превышает эти значения, достигая 250 Ом·м и распространяясь на более обширный участок. Иными словами, в этом последнем случае отмечается картина, противоположная предыдущему, когда, по мере увеличения расстояния между питающими электродами, сопротивление с глубиной постепенно уменьшалось.

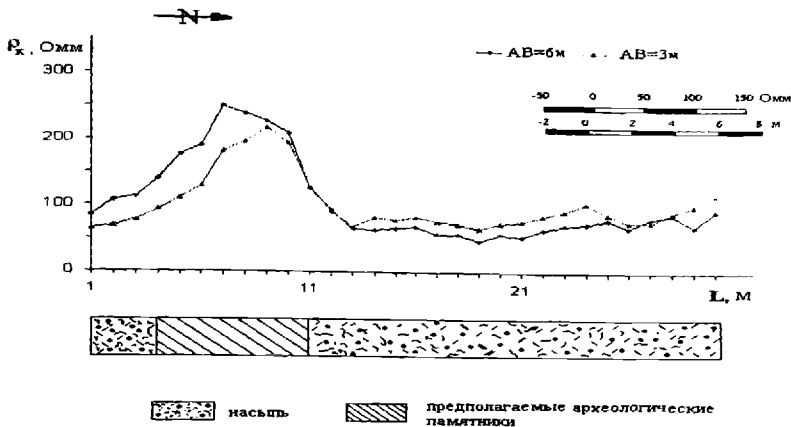


Рис. 2. Графическое отображение ρ_k с соответствующими геолого-археологическими разрезами (первая терраса)

Полученные данные указывают четко, что в случае первой террасы подземный археологический объект представлен более мощным и плотным слоем, чем на террасе.

На рис. 3 вертикальное распределение значений кажущегося удельного электрического сопротивления по аномальным участкам представлено в биграфическом масштабе. Первая кривая построена по данным второй террасы первого аномального участка, а вторая – по данным второй террасы этого же участка. На второй кривой при $AB=12$ метров использовано среднефоновое для территории значение ρ_k .

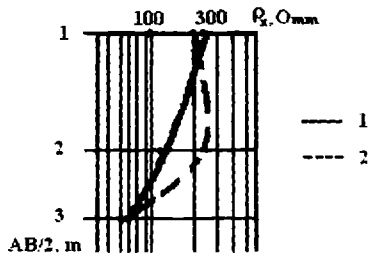


Рис. 3. Кривые вертикального электрического зондирования на первой и второй террасах

Вследствие неглубокого распространения археологического памятника первая кривая быстро падает, стремясь к фоновому значению, тогда, как вторая кривая сохраняет свое начальное значение даже при 6-метровом разnose между питающими электродами (рис. 3). Такой результат явно свидетельствует о том, что на первой террасе и мощность, и плотность выявленного археологического памятника значительно выше, чем на участках второй террасы.

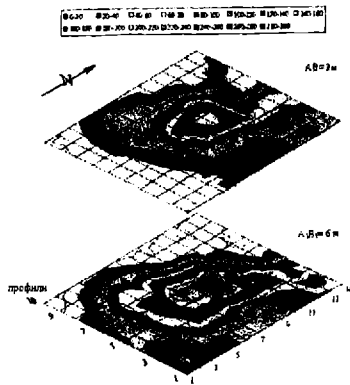


Рис. 4. Карты сопротивлений ρ_k при $AB=3$ м и $A_1B_1=6$ м

Рис. 4, на котором изображены карты изоомов для случаев $AB=3$ м и $A_1B_1=6$ м соответственно, дает представление о распределении значений сопротивления ρ_k в вертикальном направлении и площади его распространения.

Как показывают эти данные, в первом случае максимальные значения сопротивления ρ_k не превышают 200-220 Ом, причем при относительно небольшой площади распространения аномалии, тогда, как при $A_1B_1=6$ м по мере увеличения глубины сопротивление не только не уменьшается, а, напротив, увеличивается до 260 Ом, распространяясь на гораздо более обширную площадь.

Таким образом, аномальный участок, выявленный на первой террасе территории Армазихэ-Багинети, отличается от других аномальных участков особенностями глубинного распределения значений сопротивления ρ_k , что свидетельствует о наличии под землей большого археологического сооружения.

Литература:

1. Табагуа Г., Джахуташвили М., Гархнишвили А., Зардалишвили Т., Гиунашвили Г. Предварительные результаты археологических исследований на территории Армазисихэ-Багинети. Мцхетский археологический институт АН Грузии. VI научная сессия. 2006 . С. 4-10. (На груз. яз.).
2. Табагуа Г., Цицишвили Д., Балавадзе Б. и др. Результаты исследования археологических памятников Бичвиндского городища геофизическими методами. Труды ин-та геофизики АН Грузии. 1975. Т. 34. С. 46-52. (На груз. яз.).
3. А. Apakidze, G. Tabagua, L. Chanturishvili, T. Chelidze, G. Kipiani, M. Jakhutashvili. Some results of archaeogeophysical studies on territory of Ancient Urban Area Armaztsikhe-Bagineti. Bulletin of Georgian Academy of Sciences. 2001. Vol. 163. №3. PP.470-472.
4. А. Apakidze, G. Tabagua, L. Chanturishvili, T. Chelidze, G. Kipiani, G. Giunashvili, M. Jakhutashvili. Results of archaeogeophysical research at the Armaztsikhe - Bagineti ancient city (Easter Georgia). Bulletin of Georgian Academy of Sciences. 2001. Vol. 164 №2. PP. 284-286.
5. L. Chanturishvili, T. Chelidze, G. Tabagua, A. Tarkhniashvili, T. Zardalishvili, M. Jakhutashvili. New results of archeogeophysical investigations of Armaztsikhe-Bagineti ancient urban area. Journal of the Georgian geophysical society. 2001. Vol. 6A. PP. 112-117.
6. Ареладзе Н., Баратели Н., Габриэлашвили Д., Копалиани Дж., Лаошвили З., Табагуа Г., Кутелия Г., Челидзе Т., Джахуташвили М. Поиск в Дманисском районе археологических памятников раннего средневековья электрометрическими методами. Сборник «Дманиси V».

– Дманисский историко-археологический отдел Центра археологических исследований АН Грузии. 2006. С. 240-248. (На груз. яз.).

7. Апакидзе А. Мцхета – древняя столица Карталинского царства. – Тбилиси 1959. (На груз. яз.).

8. Апакидзе А. Города и городская жизнь в древней Грузии. – часть I. 1963. (На груз. яз.).

9. Мцхета I. Археологические памятники Армазисхэви. – Тбилиси. 1955. (На груз. яз.).

10. Джахуташвили М. Эффективность геофизических методов поиска в выявлении археологических памятников Грузии. Автореферат кандидатской диссертации. – Тбилиси. 2006.

ელექტრომეტრიული ანომალიების თავისებურებანი და მათი წარმოშობის არქეოლოგიური მიზეზები არმაზციხე-ბაგინეთის პირველ ტერასაზე

ტაბაღუა გ., ნიკოლაიშვილი ვ., ჯახუტაშვილი მ., ქუთელია გ., გოუნაშვილი გ.

რეზიუმე

ბაგინეთში, ქართლის მთის ჩრდილო-აღმოსავლეთ კალთაზე, მდინარე მტკვრის მარჯვენა სანაპიროზე, გამოიყოფა რამდენიმე საკმაოდ ფართო და გრძელი ტერასა, რომლებიც დაახლოებით 30 მეტრზე ვრცელდება.

პირველ ტერასაზე, სადაც უკვე გამოვლენილი არქეოლოგიური ნაგებობები და შესაბამისი ელექტრული ანომალია დაახლოებით 750 კვ.მ-ია [5], ჩატარდა დეტალური გეოფიზიკური კვლევა ძიების ელექტრული მეთოდით. კვლევის შედეგად გამოვლენილი ანომალური უბანი სხვა ანომალური უბნებისაგან განსხვავდება რა მნიშვნელობების სიღრმეში განაწილების თავისებურებით. რაც მიწის ქვეშ დიდი არქეოლოგიური ნაგებობის არსებობას უნდა მიუთითებდეს.

ОСОБЕННОСТИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ АНОМАЛИЙ И АРХЕОЛОГИЧЕСКИЕ ПРИЧИНЫ ИХ ВОЗНИКНОВЕНИЯ НА ПЕРВОЙ ТЕРРАСЕ АРМАЗЦИХЕ-БАГИНЕТИ

Табагуа Г.Г., Николашвили В.В., Джахуташвили М.Н., Кутелия Г.А., Гиунашвили Г.Н.

Реферат

В Багинети, на северо-восточном склоне г.Картли, на правом берегу р.Куры выделяются несколько широких террас с большим распространением, с общей площадью до 30 гектаров.

На первой террасе, где электрические аномалии обусловлены наличием археологических сооружений, проведены дополнительные геофизические исследования методом электроразведки. Выявленный в результате наблюдений аномальный участок, отличившийся от других участков по распределению ρ_v в вертикальном разрезе, указывает о наличии на глубине крупного археологического сооружения.

**PECULIARITIES OF ELECTROMETER ANOMALIES AND ARCHAEOLOGICAL
REASON OF THEIR DESCENT ON THE FIRST TERRACE OF
ARMAZTSIKHE-BAGINETI**

Tabagua G., Nikolaishvili V., Jakhutashvili M., Kutelia G., Giunashvili G.

Abstract

On the Northeast side of Kartli mountain, In Bagineti, on the right side of the river Mtkvari it same rather wide and long terraces are distinguished, which are spread about 30 hectares.

On the first terrace, where the area of corresponding electric anomaly of the archeological construction is about 750 square meters, extra geophysical investigation – geoelectrical prospecting was carried out. The anomalous site, ascertained by investigation, differs from the other anomalous sites by original distribution of ρ , meanings by the depth. It ought tot point out the existence of a large archeological construction under the ground.

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЭЛЕКТРОРАЗВЕДОЧНЫХ РАБОТ ПРИ ВЫЯВЛЕНИИ И ПРОСЛЕЖИВАНИИ АРХЕОЛОГИЧЕСКИХ ПАМЯТНИКОВ НА ТЕРРИТОРИИ ГОРОДИЩА ДМАНИССКОГО РАЙОНА

¹Табагуа Г.Г., ²Кутелия Г.А., ³Джахуташвили М.Н.

¹Институт геофизики им. Михаила Нодиа, 0193, Тбилиси, ул. М.Алексидзе, 1, E-mail: chelidze@ig.acnet.ge

²Тбилисский государственный университет им. Ив. Джавахадзе, 0128, Тбилиси, пр. И.Чавчавадзе, 1, E-mail: science@tsu.ge

³Грузинский университет им. св.Андрея Первозванного грузинского Патриаршества, 0162, Тбилиси, пр. И.Чавчавадзе, 53, E-mail: nekeri.pab@yahoo.com

С 50-х годов прошлого столетия, ни одно серьезное археологическое исследование не обходится без применения геофизических методов разведки. Для увеличения эффективности данных исследований, по нашему мнению, в каждом конкретном случае следует опробовать не только геофизические методы, но и проводить всесторонний анализ как самого археологического объекта, так и окружающей геологической среды. На исследуемой территории наиболее эффективными оказались электрические методы разведки [1, 2].

Четвертичные осадочные породы, в которых, чаще всего, расположены археологические памятники, представлены делювиальными, аллювиальными и пролювиальными породами. Эти породы, особенно в горных регионах, неоднородны по минералогическому, петрографическому составу, водонасыщенностью и т.д. Все это особенно резко влияет на электрические параметры. Неоднородность, выявленная в виде фациальной изменчивости, часто играет немаловажную роль не только для отдельных регионов, но и в пределах одной площади (делювий склона, речные террасы, эллювиальные породы и др.) [3].

Со своей стороны, археологические объекты разного возраста резко отличаются друг от друга в зависимости от технологического уровня, строительного материала и т.д. Исходя из этого, еще больше усложняется полноценный анализ наблюдаемых данных, и соответственно, возможность их качественной интерпретации.

На рис. 1 представлен, характерный для этого района, нормальный литологический разрез, составленный на площади тех археологических раскопок, где были изучены останки древнейшего человека [4]. Параметрическими измерениями были установлены удельные электрические сопротивления представленных пород. Как видно из диаграммы (рис.1б.), озерно-пролювиальные осадочные породы, в основном представлены глинисто-песчанистой формацией и характеризуются низкими, равным 20-80 ом.м удельным сопротивлением. Исключением является третий слой мощностью 20-40 см. Он состоит из глинисто-песчанистой фракции с карбонатными прожилками. Удельное электрическое сопротивление слоя меняется в пределах 130-150 ом.м. Повышенные значения удельного электрического сопротивления вызвано тем обстоятельством, что слой сильно иссушен в обнажениях. В обычных условиях на кривых ВЭЗ, проведенных вблизи этих обнажений, этот слой практически не выделяется (рис. 1в.).

Нижерасположенный базальтовый слой (опорный геоэлектрический горизонт). по многочисленным параметрическим измерениям и данным зондирования, имеет высокое удельное электрическое сопротивление (1500-2000ом.м, а в отдельных случаях – до 3000 ом.м).

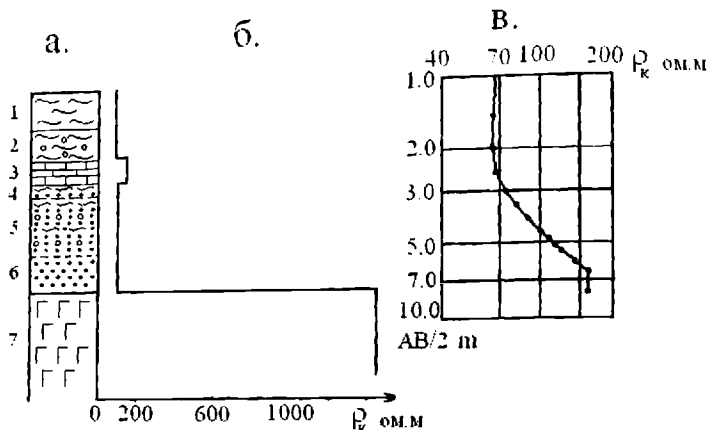


Рис. 1. а. Геологический разрез: 1. глинозем светло-коричневый ($h \approx 0.9$ м), 2. суглинок светло-коричневый ($h \approx 0.9$ м), 3. карбонатизированный известняк ($h \approx 0.4$ м), 4. суглинок коричневый ($h \approx 0.4$ м), 5. суглинок черно-коричневый, с включениями линз песка и светлого суглинка ($h \approx 1.5$ м), 6. вулканический песок (пепел) ($h \approx 1.0$ м), 7. базальты; б. распределение параметрических значений удельного сопротивления вдоль разреза; в. кривая вертикального электрического зондирования

Геоэлектрический разрез, представляет собой двуслойную среду (если не принимать во внимание первый физический слой – почвенный покров) с резкой дифференциацией удельного электрического сопротивления, что дает возможность под терригенными осадками, с высокой точностью, выделить поверхность базальтового слоя.

Остатки стены, в среднем, характеризуются сопротивлением 200-350 ом.м, но иногда эти значения достигают 800-900 ом.м.

Таким образом, осадочный слой, представленный глинисто-песчанистой формацией, создает фоновое значение низкого удельного электрического сопротивления, на котором существование древней стены и фундамента должно выделяться резким повышением значений электрического сопротивления.

Представленный на рис. 2 геоэлектрический разрез I пересекает в субмеридиональном направлении территорию городища, на 25-30 м западнее площади археологических раскопок (рис. 3).

В геоэлектрическом разрезе мощность делювиально-пролювиальных осадков меняется в пределах 7-8 м. Удельное электрическое сопротивление этого слоя довольно неоднородно. Если в центральной части его значение равно 30-50 ом.м, в районе ВЭЗ №7-10 меняется в пределах 200-800 ом.м. Это вызвано включениями развалин древней стены в осадочном слое. В северном направлении базальтовый слой ($\rho_k = 1500-2000$ ом.м) медленно поднимается и к берегу реки Машавера выходит на дневную поверхность. В южной части, вблизи ВЭЗ №6, в окрестностях церкви, выклинивается под двухметровыми четвертичными осадками и упирается в верхнемеловой вулканогенный слой, с удельным электрическим сопротивлением $\rho_k = 200-250$ ом.м. Вдоль профиля, на поверхности этого участка существование стены не отмечено.

Геоэлектрический разрез II (рис. 4) берет начало на территории археологических раскопок у развилки дорог, огибает ее с восточной стороны и вдоль дороги направляется на северо-восток.

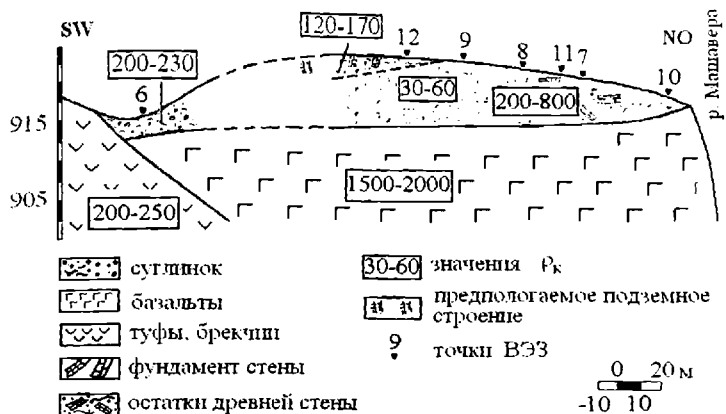


Рис. 2. Геоэлектрический разрез 1.

В границах профиля глубина расположения базальтовых лав ($\rho_k=1500-2000$ ом.м) от поверхности земли меняется в пределах 3-3,5 м. Нижний горизонт делювиального слоя с археологической точки зрения стерилен – $\rho_k=20-50$ ом.м. Существование же в нем горизонта с удельным электрическим сопротивлением $\rho_k=100-200$ ом.м, по нашему мнению, должно быть вызвано остатками древней стены.



Рис. 3. Схема расположения профилей электрометрических наблюдений на территории городища.

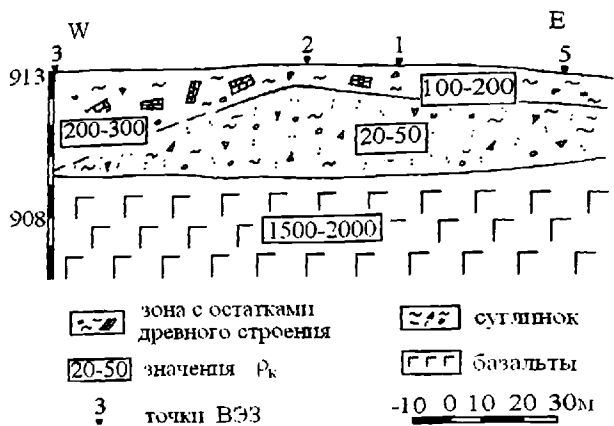


Рис. 4. Геоэлектрический разрез II.

На территории выходы остатков древней стены образуют неровности рельефа в виде невысоких возвышенностей. С целью изучения эффективности метода электропрофилирования, было проведено детальное параметрическое профилирование (рис. 5). Как видно из рисунка, на кривых электропрофилирования были зафиксированы все выходы стен на дневную поверхность пк. №№ 19, 23, 28. При этом, между пикетами 12-15, 44-47, и 50-54 наблюдаются увеличенные удельные сопротивления, что должно быть связано с существованием стен под наносами, которые поверхностными наблюдениями не зафиксированы.

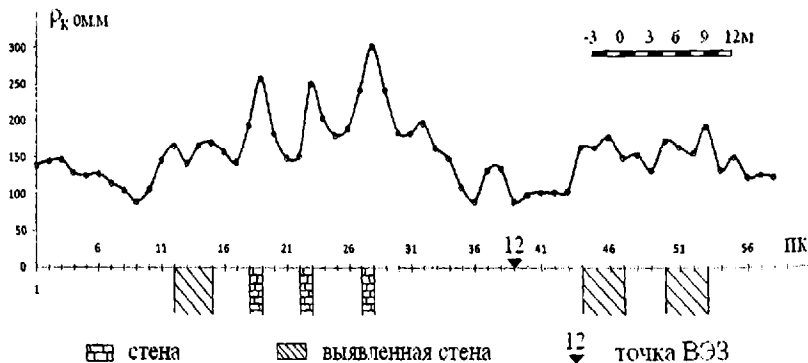


Рис. 5. График ρ_k вдоль профиля 1.

Западнее точек ВЭЗ №7-9, на расстоянии 8-10 м (рис. 2), на поверхности наблюдается ярковыраженный выход древней стены. Детальными электрометрическими наблюдениями установлено, что стена продолжается под наносами, южнее на 14 м (рис. 6).

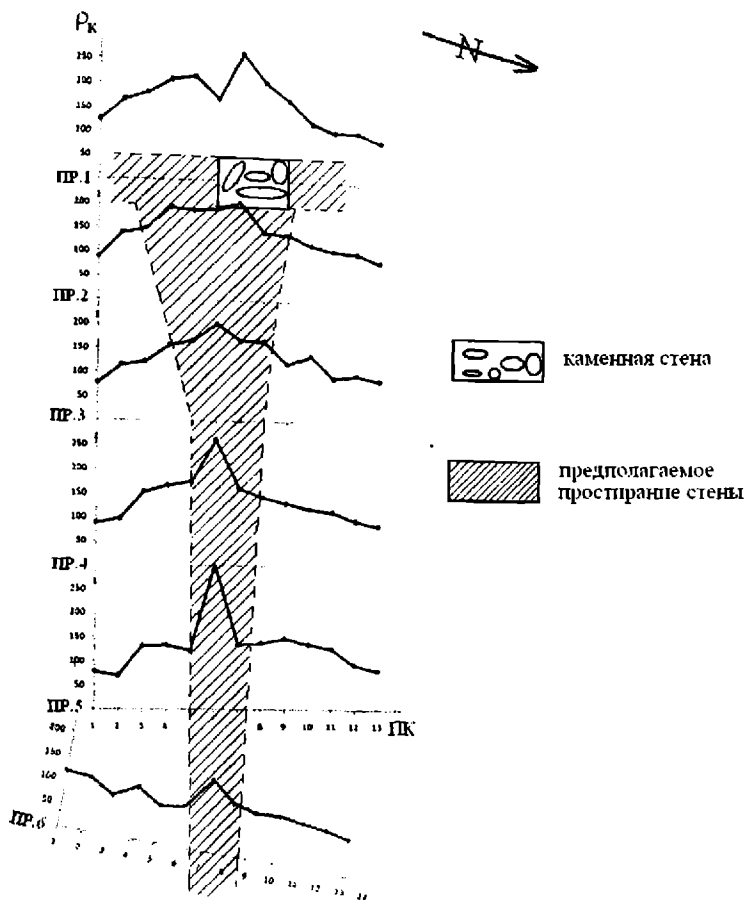


Рис. 6. Графики ρ_k на территории городища.

Таким образом, проведенными исследованиями установлено:

1. на исследуемой территории и прилегающем регионе пролювиальные осадки, представленные глинисто-песчанистой формацией, в основном характеризуются пониженным 20-80 ом.м удельным электрическим сопротивлением, удельное электрическое сопротивление базальтовых лав – 1500-2000 ом.м, а археологического памятника (строения) – 200-400 ом.м;
2. метод электрического сопротивления эффективен на территории городища и прилегающей территории с точки зрения выявления неизвестных памятников и прослеживания под землей захороненных участков известных археологических объектов;
3. в процессе исследования выявлены три стены, а на одном участке, под наносами, прослежена стена на расстоянии 14 м;
4. в дальнейшем, на основании геофизических исследований, считаем возможным, составление схем расположения захороненных памятников XIV в на территории городища и

прилегающей территории, что будет способствовать рациональному проведению полевых археологических работ.

Литература

1. Apakidze, G. Tabagua, L. Chanturishvili, T. Chelidze, G. Kipiani, M. Jakhutashvili- Some results of archaeogeophysical studies on territory of Ancient Urban Area Amaztsikhe-Bagineti. Bulletin of Georgian Academy of Sciences. 2001. Vol. 163. №3. PP. 470-472.
2. Джахутаშავილი М. Эффективность геофизических методов в выявлении археологических памятников Грузии. Диссертация на соискание ученой степени кандидата геол.-мин. наук. Тбилиси. 2006. (На груз. яз.).
3. Маисурадзе Г., Ахвледиани Р., Клопотовская Н. Геолого-геоморфологический и палеогеографический очерк Квемо-Картли. Дманиси I. Тбилиси, Мецниереба. 1998. С. 178-202. (На груз. яз.).
4. Гвалчрелидзе М., Лорткипанидзе Д., Особенности осадконакопления на территории стоянки дманисского первобытного человека. Дманиси I. Тбилиси, Мецниереба. 1998. С. 229-238. (На груз. яз.).

ელემენტროსაძიებო სამუშაოების ეფექტურობა არქეოლოგიური ძეგლების
დაძიებისა და ბაზემენტებისათვის დმანისის რაიონის ნაქალაქარის
ტერიტორიაზე

ტაბაგუა გ., ქუთელია გ., ჯახუტაშვილი მ.

რეზიუმე

დმანისის რაიონის ნაქალაქარის ტერიტორიაზე ჩატარებულია გეოელექტრული ჭრილების ანალიზი. დამტკიცებულია, რომ ამ ტერიტორიაზე ძიების ელექტრული მეთოდებით შესაძლებელია უცნობი არქეოლოგიური ძეგლების მოძიება და ცნობილი ობიექტების მიწით გადაფარული ნაწილების გამოვლენა.

კვლევის პროცესში გამოკვლეულია სამი კედელის ნარჩენები, ხოლო ერთ უბანზე კი, ნაყარის ქვეშ, გადვენებულია კედელი 7 მეტრის მანძილზე.

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЭЛЕКТРОРАЗВЕДОЧНЫХ РАБОТ ПРИ ВЫЯВЛЕНИИ И ПРОСЛЕЖИВАНИИ АРХЕОЛОГИЧЕСКИХ ПАМЯТНИКОВ НА ТЕРРИТОРИИ ГОРОДИЩА ДМАНИССКОГО РАЙОНА

Табагуа Г.Г., Кутелия Г.А., Джахуташвили М.Н.

Реферат

Проведен анализ геоэлектрических разрезов на территории городища в Дманисском районе. Доказано, что методы электрической разведки эффективны на данной территории с точки зрения выявления неизвестных памятников и прослеживания под землей захороненных участков известных археологических объектов.

В процессе исследования выявлены остатки трех стен, а на одном участке, под наносами, прослежена стена на расстоянии 7 м.

EFFICIENCY OF ELECTRICAL EXPLORATION IN LOCATION AND TRACKING OF ARCHAEOLOGICAL MONUMENTS ON THE TERRITORY OF ANCIENT SETTLEMENT OF DMANISI DISTRICT

Tabaghua G., Kutelia G., Jakhutashvili M.

Abstract

The analysis of the geoelectrical sections is made on the ancient settlement of Dmanisi region. It is proved, that the methods of electrical exploration are effective on this territory, from the point of revealing of the unknown archeological monuments and tracing land-buried sites of known archaeological objects.

In the process of exploration remnants of the three walls are shown, and at one site, under the piles, the wall was traced at a distance of 7 m.

ЗАКОНОМЕРНОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕМПЕРАТУР ПО ГРАНИЦАМ ВОДОНОСНОГО КОМПЛЕКСА ТБИЛИССКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ ТЕРМАЛЬНЫХ ВОД

¹Сакварелидзе Е.А., ²Глонტი Л.Е., ¹Меликадзе Г.И.

¹Университет им. Чавчаваძე, 0162 Тбилиси, пр.К. Чолокашвили 4/, E-mail www.seismo.ge, ²Институт гидрогеологии и инженерной геологии, 0160 Тбилиси, пр. Руставели 31, E-mail zukakulidze@yahoo.com

Изучение теплового поля Тбилисского месторождения становится особенно актуальным при современном подходе к энергоресурсам. Наличие возобновляемого, экологически чистого и недорогого энергоносителя вблизи мегаполиса делает это месторождение поистине бесценным.

Предполагаемые тектонические разрывы делят исследуемый район на три участка: Лиси-Сабурталинский, Центральный и Нефтяной. Объектом геотермических исследований явилась водоносная толща палеоцен-нижне- (в большинстве случаев - глубина скважины) и среднеэоценовых отложений. Основной задачей служило выяснение температурных условий по кровле и подошве водоносного комплекса. Исходный материал – определения теплофизических свойств горных пород (методом импульсного плоского источника тепла [4] и методом регулярного теплового режима [1]), изучение и анализ фондового и литературного материала [2,3,5], данные термокаротажа.

На участке Лиси-Сабуртало были рассмотрены 10 скважин, на Центральном - 21 и на Нефтяном - 8.

Для каждой скважины расчеты теплового потока проводились по четырем вариантам (в зависимости от значений коэффициента теплопроводности пород) [3].

Расчет температур по границам водоносного комплекса проводился по формуле:

$$T_N = T_{N-1} + 1/\lambda_N \cdot q H_N,$$

где T_N – температура на подошве N -ого слоя, T_{N-1} - температура на подошве $N-1$ -ого слоя, λ_N – значение коэффициента теплопроводности пород N -ого слоя, а H_N – мощность N -ого слоя, q – значение теплового потока в данной скважине.

Усредненные результаты расчетов температур по кровле и подошве среднего эоцена, а также в толще нижнего, в том случае, когда он вскрыт скважиной, даны в табл. 1, 2 и 3.

Табл.1 Участок Лиси-Сабуртало

№ скважины	Глуби на залегания кровли среднего эоцена, м	Тем-ра по кровле среднего эоцена, °С	Глуби на залегания подошвы среднего эоцена, м	Тем-ра по подошве среднего эоцена, °С	Глуби на дна скважины (нижний эоцен), м	Тем-ра дна скважины (нижний эоцен), °С
2-Т	2575	88.7	3241	104.5		
3-Т	3075	94.8	3286	99.4		
4-Т	2479	78.1	36.9	103.8		
5-Т	1086	33.8	1878	49.0	2255	55.8
6-Т	1915	62.8	2765	81.5	3034	87.1
7-Т	1297	47.9	2118	68.2	3702	105.0
8-Т	1740	58.8	2529	76.6	2638	78.9
9-Т	1133	41.0	2154	66.7	2999	86.5
10-Т	2873	83.8	3060	87.8		
11-Т	2850	85.2	3372	95.7		

Как видно из табл.1, породы среднего эоцена (разнообразные туфовые образования) на участке Лиси-Сабуртало довольно сильно погружены – мощность вышележащих слоев олигоцен-верхнеэоценовых отложений (чередование глинистых пород с тонкими прослоями песчаников) доходит до 3075м (скв.3-Т). Рядом со скважинами (5-Т - 9-Т) вскрыты породы палеоцен-нижнего эоцена (песчаноглинистый флиш). Т.о., на этом участке температура кровли водоносного горизонта колеблется от 33.8 до 94.8 °С, в зависимости от мощности вышележащих, относительно слабопроводящих, пород. Мощность пород среднего и нижнего эоцена редко превышает 1000м. Максимальная температура подошвы водоносного комплекса 105 °С (скв.7-Т), что обусловлено мощностью вскрытого горизонта.

Табл.2 Участок Центральный

№ скважины	Глуби на залегания кровли среднего эоцена, м	Тем-ра по кровле среднего эоцена, °С	Глуби на залегания подошвы среднего эоцена, м	Тем-ра по подошве среднего эоцена, °С	Глуби на дна скважины (нижний эоцен), м	Тем-ра дна скважины (нижний эоцен), °С
26	-	10	460	19.3	506	20.0
27	-	10	400	20.8	503	23.1
28	-	10	401	20.0		
29	-	10	417	20.6	506	22.2
30	-	10	460	21.7	1295	42.2
31	-	10	500	23.4	1400	44.8
34	70	11.7	505	22.6		
35	-	10	600	25.2	700	27.6
36	30	11.0	590	25.4	1320	42.7
37	30	10.5	590	23.0	2030	60.5
38	-	10	2500	71.2		
41	205	14.8	760	30.8	1204	39.9
43	100	11.5	641	26.1		
1	-	10	500	24.8	1241	45.1
2	123	13.5	725	29.0	1135	38.2
3	492	22.7	1126	38.0	1407	45.0
4	1471	46.7	1521	47.8		
5	137	13.6	867	32.6	1401	44.8
6	1363	43.9				
7	204	15.7	774	30.9	1509	47.5
8	812	30.3	1388	44.5	1402	44.9

На Центральном участке отмечаются выходы водоносного комплекса среднего эоцена на поверхность (скв.26-31, скв.35, скв.38 и скв.1), толща этих пород в основном незначительна (от 400 до 900м), лишь в отдельных скважинах увеличивается, доходя до 2500м (скв.38), соответственно температуры по подошве среднего эоцена редко достигают 40 °С. Мощность пород нижнего эоцена - 1100-1500м, а в скважине 37 доходит до 2030м. Температуры по подошве водоносного комплекса колеблются в пределах 45 °С, поднимаясь лишь на глубинах до 2500м (скв.38-70 °С).

Табл.3 Участок Нефтяной

Название скважины №	Глубина залегания кровли среднего эоцена, м	Тем-ра по кровле среднего эоцена, °С	Глубина залегания подошвы среднего эоцена, м	Тем-ра по подошве среднего эоцена, °С	Глубина дна скважины (нижний эоцен), м	Тем-ра дна скважины (нижний эоцен), °С
Патардзе ули 107	1278	56.6	3573	113.9	6463	213.6
Патардзе ули 41	1315	54.4	3550	116.3		
117 Самгори	1430	55.5	4023	130.5		
77 Самгори	1462	56.4	4002	129.8		
105 Самгори	1358	59.8	4065	149.9	7451	242.2
40 Самгори	1269	50.6	3451	113.3		
41 Самгори	1225	49.2	3453	113.4		

На Нефтяном участке (табл.3) породы среднего эоцена погружаются до 1462м, и вместе с этим возрастают температуры по кровле этого слоя. Нефтяными скважинами участка вскрыт мощный водоносный комплекс. Температура по подошве нижнего эоцена поднимается до 242 °С. Росту температур на этом участке соответствует не только мощность вышележащих водонепроницаемых пород, но и их пониженная теплопроводность, а также гидрогеологические условия, свойственные зонам затрудненного водообмена.

Проведенные расчеты, а также весь комплекс геотермических и гидрогеологических условий исследуемого района позволяет считать Лиси-Сабурталинский участок наиболее перспективным на получение высокотемпературной воды (до 70 °С) с глубин 2500м, Нефтяной же участок на глубинах свыше 3500 м - на получение пароводяной смеси с температурой до 130 °С.

На основе полученных данных распределения температур может быть реализована трехмерная модель температурного поля Тбилисского месторождения термальных вод (программа Feflow 5.3).

Литература

- 1 Буачидзе Г.И., Буачидзе И.М., Годердзишвили Н.А., Мхеидзе Б.С., Шаоршадзе М.П. Геотермические условия и термальные воды Грузии Тбилиси, «Сакартвело». 1980. С.130-132
- 2 Дзидзигури А.А., Дуганов Г.В., Ониани Ш.И., Сарычев Р.А., Кухарев В.Н. Теплофизические характеристики горных пород и методы их определения. Тбилиси, Мецниереба. 1966. С.162-182
- 3 Сакварелидзе Е.А., Глonti Л.Е., Меликадзе Г.И., Кобзев Г.Н. Моделирование теплового поля на примере Лиси-Сабурталинского участка района Тбилисских термальных вод. Труды Ин-та геофизики. 2008. Т. 60. С. 92-87.
- 4 E.Sakvarelidze, L.Glonti. Research into Rocks' Thermal Characteristics by the Method of Impulse Flat Heat Source. Journal of the Georgian Geophysics Society. Solid Earth. 2008. Vol.12 PP.61-64
- 5 Смыслов А.А., Моисеенко У.И., Чадович Т.З. Тепловой режим и радиоактивность Земли. Москва, «Недра». 1979. С.93-101

ტემპერატურების განაწილების კონონზომიერებანი წყალშემცველი კომპლექსის საზღვრებზე თბილისის თერმულის წყლების საბადოსთვის

საყვარელიძე ე., ღლონტი ლ., მელიქაძე გ.

რეზიუმე

შეფასებულია ტემპერატურების განაწილება წყალშემცველი კომპლექსის სახურავზე და საგებზე (პალეოცენ-ქვედა და შუა ეოცენი) თბილისის ჰიდროთერმული საბადოს - ლისი-საბურთალოს, ცენტრალურის და ნავთობის უბნებისთვის. გამოვლენილია მაღალტემპერატურული წყლების (~70°C) და ორთქლწელიანი ნარევის (~130°C) მიღებისთვის პერსპექტიული სიღრმეები.

ЗАКОНОМЕРНОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕМПЕРАТУР ПО ГРАНИЦАМ ВОДОНОСНОГО КОМПЛЕКСА ТБИЛИССКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ ТЕРМАЛЬНЫХ ВОД

Сакварелидзе Е.А., Глонти Л.Е., Меликадзе Г.И.

Реферат

Проведена оценка температур по кровле и подошве водоносного комплекса (палеоцен-нижний и средний эоцен) трех участков Тбилисского гидротермального месторождения – Лиси-Сабуртало, Центрального и Нефтяного. Выявлены глубины, перспективные на получение высокотермальных вод (~70°C) и паро-газовой смеси (~130°C).

TEMPERATURES DISTRIBUTION REGULARITY ON INTERFACES OF WATER-BEARING COMPLEX TBILISI'S THERMAL WATERS DEPOSIT

Sakvarelidze E., Glonti L., Melikadze G.

Abstract

The temperatures on the roof and foot of water-bearing complex (Paleocene, low and middle Eocene) of Tbilisi hydrothermal deposit's three regions (Lisi-Saburtalo, Central and Oil) were estimated. Depths perspective on reception high temperature waters (~70°C) and water-steam mix (~130°C) are revealed.

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ НЕКОТОРЫХ ГОРНЫХ ПОРОД ТБИЛИССКОГО РАЙОНА.

¹Сакварелидзе Е.А., ²Глonti Л.Е.

¹Университет им.И. Чавчавадзе, 0162 Тбилиси, пр.К.Чолокашвили 4, E-mail www.seismo.ge, ²Институт гидрогеологии и инженерной геологии, 0160 Тбилиси, пр. Руставели 31, E-mail zvakulidze@yahoo.com

Изучение теплофизических свойств горных пород является одной из важнейших задач геотермии, т.к. их знание необходимо при построении геотермических моделей.

Поскольку физические свойства пород зависят от влажности, то наиболее достоверные их величины могут быть получены при выполнении измерений в местах их естественного залегания. Однако проведение измерений в полевых условиях связано с большими трудностями и, несмотря на возможные нарушения, связанные с лабораторными исследованиями, обычно предпочтение отдается последним.

В настоящей работе представлены результаты экспериментальных исследований коэффициентов теплопроводности (λ), температуропроводности (κ) и объемной теплоемкости (c_p) некоторых горных пород, взятых из разных мест на территории г.Тбилиси. Эти исследования представляют большой интерес в аспекте построения тепловых моделей в гидрогеотермальных районах города.

Исследования проводились методом импульсного плоского источника тепла [1] на образцах, изготовленных из кернового материала. Указанный метод удобен для изучения тепловых свойств влажных пород.

Как уже отмечалось, в естественных условиях все породы насыщены грунтовыми водами. Оценка влияния процесса высыхания образцов с течением времени на результаты лабораторных измерений проводилась следующим образом. До проведения экспериментов все образцы помещались в воду и находились там в течение одного месяца с целью их максимального водонасыщения. Сразу же после их изъятия из воды проводились замеры, продолжительность которых не превышала 2-3-х минут. Последующие замеры проводились по мере высыхания образцов в течение одного месяца. Значения теплофизических параметров пород для территории Грузии, а также их зависимость от влажности для грунтов и строительных материалов исследовались ранее в работах [2-4].

Полученные нами результаты представлены в виде табл. 1-3. Для наглядности результатов для некоторых образцов построены также графики зависимости λ , κ и c_p от времени высыхания.

Значения c_p в пределах погрешности эксперимента практически остаются неизменными. Исключение составляют образцы N1, N5, N15, у которых c_p убывает в первые 10 суток на 16, 17 и 24% соответственно, что, очевидно, связано с повышенной пористостью, а, следовательно, и влагосодержанием этих образцов.

Табл.1

№ образца	Описание породы	Объемная теплоемкость ср, кал/см ³ .°С						
		влажный	2 сутки	3 сутки	7 сутки	10 сутки	17 сутки	30 сутки
1	туф, мелкозернистый пелитолито- морфизированный	0.69	0.7			0.61	0.6	0.61
2	туф	0.56	0.54		0.54	0.55		0.54

3	порфириновый андезито-базальт	0.49	0.50			0.47	0.51	0.49
4	порфириновый андезито-базальт	0.55	0.51		0.53	0.58		0.53
5	пелитовые туф с глауконитом	0.73		0.69		0.63	0.64	0.59
6	порфириновый андезито-базальт	0.52	0.53			0.52	0.52	0.53
7	порфириновый андезит	0.7		0.64		0.67	0.69	0.63
8	мелкозернистый туф с пиритом	0.65	0.58			0.63	0.62	0.63
9	грубозернистый туф с пиритом	0.42	0.38			0.41		0.4
10	грубозернистый туф с пиритом	0.56		0.51		0.56	0.56	0.53
11	мелкозернистый песчаник	0.67	0.61			0.7	0.69	0.67
12	мелкозернистый песчаник	0.71	0.64	0.66	0.65	0.65	0.72	0.65
13	известняк	0.58	0.52			0.64	0.56	0.61
14	порфириновый андезит с прослоями кальцита	0.87	0.89			0.79	0.86	0.88
15	мелкозернистый песчаник	0.87		0.83	0.75	0.72		0.64

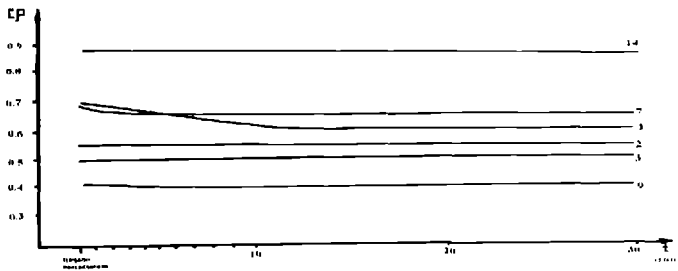


рис.1

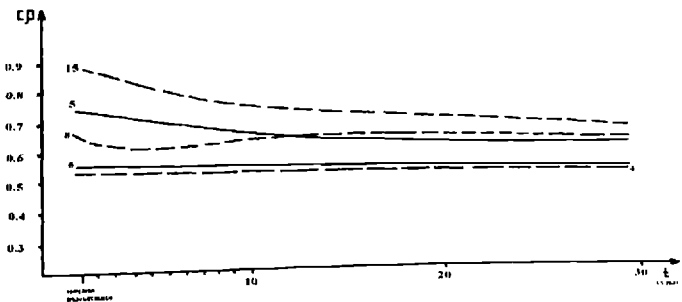


рис.2

Из приведенных таблиц и графиков очевидна явная зависимость значений λ и κ от влажности образцов.

Максимальные значения λ и κ наблюдаются в первые сутки замеров, когда образцы максимально насыщены водой. В первые дни высыхания происходит резкое уменьшение значений температуропроводности и теплопроводности. Начиная с 10 суток, значения коэффициентов уменьшаются незначительно, а для некоторых образцов остаются практически неизменными.

Повышение значений λ и κ у образцов с высоким влагосодержанием объясняется тем, что водная пленка улучшает контакты между зернами пород, вследствие чего появляется дополнительный механизм передачи тепла – конвективная теплопроводность за счет переноса частиц воды.

Уже на вторые сутки высыхания значения температуропроводности заметно падают. Для некоторых образцов это уменьшение довольно резкое. Так для образцов N2, N3, N4, N8, N11, N14, N15 уменьшение достигает, соответственно, 23,30,22,14,22,15,14%. В дальнейшем темп уменьшения продолжается, но гораздо медленнее. Начиная с десятых суток, значения κ практически не меняются за исключением образцов N6, N7, N12, N13, для некоторых из них спад продолжается, но очень незначительный. За 20 суток значения коэффициента уменьшаются так: для образца N6 на 5%, для образца N7 – на 13%, для образца N12 – на 18%, для образца N13 – на 7%.

Табл.2

№ образца	Температуропроводность образца $\kappa \cdot 10^{-3} \text{см}^2/\text{сек}$						
	влажный	2 сутки	3 сутки	7 сутки	10 сутки	17 сутки	30 сутки
1	3.3		2.9		2.91	2.56	2.61
2	6.29	4.70		4.30	3.99		3.69
3	9.03	6.06			5.79	5.86	5.61
4	6.99	5.56		5.16	4.81		5.00
5	4.34		3.79		3.24	3.21	2.7
6	5.86	4.85			4.39	4.36	3.65
7	3.70		3.51		3.67	3.18	2.81
8	5.47	4.6			3.55	3.65	3.08
9	10.3	10.6			6.88		6.31
10	5.58		4.89		3.77	4.00	3.83
11	7.31	6.41			5.34	5.34	5.07
12	11.25	10.5	11.0	11.0	10.84	10.7	9.41
13	16.81	16.6			13.6	13.61	12.52
14	9.32	8.05			8.09	7.99	7.78
15	6.64		4.83	5.05	5.06		4.95

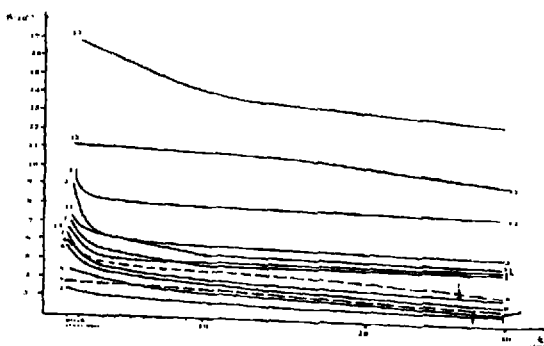


рис.3

Значения коэффициента теплопроводности также резко падают в первые сутки. Максимальное уменьшение значений коэффициента на вторые сутки измерений для образцов N2, N3, N4, N8, N11, N13, N14, N15 составляет, соответственно – 12,12,10,12,6,7,5,9%. За последние 20 суток максимальное уменьшение наблюдается для образцов N2, N8, N13, N15, для которых это оно составляет, соответственно – 11,20,4,15%.

Табл.3

№ образца	Теплопроводность образца $\lambda \cdot 10^{-3}$ кал/см $^{\circ}$ сек. $^{\circ}$ C						
	влажный	2 сутки	3 сутки	7 сутки	10 сутки	17 сутки	30 сутки
1	2.28		2.03		1.77	1.54	1.59
2	3.52	2.54		2.32	2.19		1.99
3	4.42	3.03			2.72	2.99	2.75
4	3.84	2.83		2.74	2.79		2.65
5	3.17		2.61		2.04	2.05	1.59
6	3.05	2.57			2.28	2.27	1.93
7	2.59	2.2	2.25		2.46	2.19	1.77
8	3.55	2.67			2.24	2.25	1.94
9	4.33	4.03			2.82		2.52
10	3.12		2.49		2.11	2.24	2.03
11	4.78	3.91			3.74	3.68	3.4
12	7.99	6.72	7.37	7.15	7.05	7.7	6.12
13	9.75	8.35			8.7	7.62	7.63
14	8.11	7.16			6.39	6.87	6.85
15	5.78		4.00	3.79	3.67		3.17

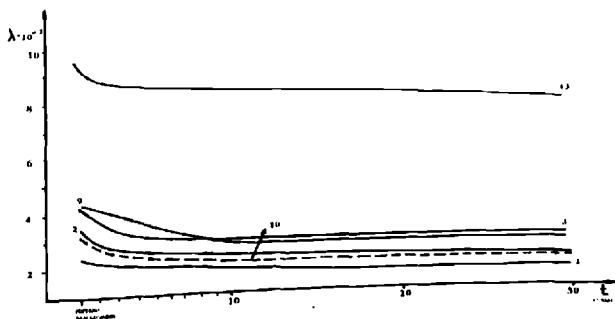
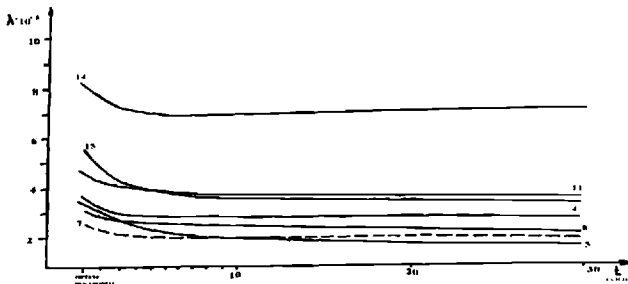


рис.4



რის.5

Анализ полученного экспериментального материала показал, что ввиду невозможности сохранения естественного влагосодержания даже парафинированного ядерного материала в процессе его механической обработки, при подготовке к эксперименту, перед определением теплофизических свойств образцов необходимо их предварительное замачивание.

Литერатура

1. E.Sakvarelidze, L.Glonti. Research into Rocks' Thermal Characteristics by the Method of Impulse Flat Heat Source. Journal of the Georgian Geophysics Society. Solid Earth. 2008. Vol.12. PP. 61-64
2. Сакварелидзе Е.А. Теплофизические свойства горных пород в интервале температур 20-500 °С. Сборник «Тепловые потоки из коры и верхней мантии Земли. Верхняя мантия». Москва, Наука. 1973. №2. С.125-136.
3. Буачидзе И.М., Буачидзе Г.И. и др. Геотермические условия и термальные воды Грузии. Тбилиси, «Сაბჭოთა საქართველო». 1980. С. 110-115.
4. Чудновский А.Ф. Теплофизические характеристики дисперсных материалов. Москва, Госиздат физ-мат. литературы. 1962.С.95-112
5. Фокин К.Ф. Строительная теплотехника ограждающих частей зданий. Москва, Госстройиздат. 1953. С.27-35.

ქობილისის რაიონის ზოგიერთი ქანის სითბური პარამეტრების განსაზღვრა

საყვარელიძე ე. ლლონტი ლ.

რეზიუმე

ნაშრომში წარმოდგენილია ქობილისის ტერიტორიაზე აღებული ზოგიერთი ქანის სითბომეტრობის, ტემპერატურგამტარობის და მოცულობითი სითბოტევადობის ექსპერიმენტული განსაზღვრის შედეგები. შესწავლილია ნიმუშების წყალშემცველობის გაყვანა შედეგების საიმედოობაზე. ნაჩვენებია, რომ ნიმუშების მხოლოდ პარაფინირება არ არის საკმარისი მათი ბუნებრივი წყალშემცველობის შენარჩუნებისათვის. აცხადებულა ექსპერიმენტის წინ საცდელი ნიმუშების დასველება გარკვეული დროის განმავლობაში.

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ НЕКОТОРЫХ ГОРНЫХ ПОРОД ТБИЛИССКОГО РАЙОНА.

Сакварелидзе Е.А., Глonti Л.Е.

Реферат

В работе представлены результаты экспериментальных исследований коэффициентов теплопроводности, температуропроводности и объемной теплоемкости некоторых горных пород, взятых на территории г. Тбилиси. Изучено влияние влагосодержания образцов пород на достоверность результатов. Показано, что только парафинирование образцов недостаточно для сохранения их естественного влагосодержания. Перед экспериментом необходимо исследуемые образцы замачивать в течение определенного количества времени.

RESEARCH THERMAL PARAMETRS of TBILISI AREA ROCKS.

Sakvarelidze E.A., Glonti L.E.

Abstract

In work experimental researches results of heat conductivity, temperature conductivity and thermal capacity coefficients of the rocks taken on Tbilisi territory are presented. Influence of water content in samples on reliability of results is studied. It is shown, that only waxing samples are not enough for their preservation natural moisture content. It is necessary to замачивать investigated samples during the certain time before experiment.

О ЛОКАЛЬНОЙ МАГНИТНОЙ АНОМАЛИИ В С. АЦАНА

Беришвили Г.Г., Картвелишвили К.З., Ломинадзе Дж.Г., Мебагишвили
Н.Н., Табагуа Г.Г.

Институт геофизики им. М. З. Нодиа, 0193, Тбилиси, ул. М. Алексидзе, 1

Неотложность комплексной постановки в изучении проблемы биологического действия электромагнитных полей диктуется непрерывно растущим электромагнитным фоном, обусловленным увеличением числа радио и телевизионных станций, расширением сети высоковольтных линий электропередач и атомных электростанций, широким внедрением радиоэлектронных устройств во многих областях народного хозяйства. Исследование уровня «электромагнитных загрязнений» и их биологической роли (на фоне естественных электромагнитных излучений) является одной из актуальных проблем.

Серьезным тормозом в плановой постановке исследований взаимодействий живых систем с электромагнитным фоном явилось расхождение экспериментальных и теоретических оценок биологического действия слабых электромагнитных полей. Расчеты, выполненные на основании энергетических представлений о взаимодействии электромагнитных полей с веществом живых тканей показали, что для обнаружения биологических эффектов необходима напряженность полей на несколько порядков выше естественных, в то время как экспериментальные исследования (с различной степенью достоверности) свидетельствуют о высокой чувствительности живых систем, в том числе и человека, к слабым электромагнитным воздействиям, сравнимым по напряженности с естественными полями.

Существенное значение имеют также механизмы переноса информации. Следует отметить, что инфранизочастотные электромагнитные поля распространяются на большие, практически любые, расстояния в любых метеоусловиях через все среды, включая живые ткани. Эффект действия электромагнитных полей на данный биообъект определяется параметрами поля (частота, амплитуда, напряженность, фаза, поляризация и т.д.) и не зависит от способа его генерации.

Электрические поля значительно слабее, чем магнитные, проникают в среды с большой диэлектрической проницаемостью и сравнительно высокой проводимостью.

Магнитное поле является раздражителем, имеющим малое сходство с другими полями. Оно проявляется слабее, чем свет или ионизирующая радиация, но действует непосредственно на нервные клетки мозга. Предполагается, что допустимая граница величины магнитного поля, в котором может находиться человек, не должна превышать 50 мТл.

Учитывая вышесказанное, наша основная задача - исследовать возможность создания базисной модели природного магнитотерапевтического курорта на территории Ацанской, сравнительно сильной, локальной магнитной аномалии.

Известно, что природных магнитотерапевтических курортов, кроме уникального Черноморского курорта Уреки, в мире не существует. Тогда, как «искусственная» магнитотерапия широко используется. Исследованиями последних десятилетий установлено, что низкочастотные (до 100 гц) поля со средней интенсивностью (1-10гаус) имеют физиотерапевтический эффект. Подобная низкая частота и интенсивность являются

основным базисным, традиционно неинвазивным методом магнитотерапии. Поэтому комплексное изучение сильных локальных магнитных аномалий на территории Ацани представляет не только научный, но и государственный интерес.

Сотрудниками Института геофизики на территории Ацани зафиксированы три сильные локальные магнитные аномалии. Первая из них находится к северо-западу от Ацани, рядом с дорогой Ланчхути-Ацана, на склоне горки. Измерения вектора T напряжения магнитного поля Земли во всех случаях происходили с помощью цифрового полевого магнитометра МПП-203, поле измерено в 32 точках (5 измерений в точке) с шагом 10м. Если судить по полученным данным, то имеем дело с сильной локальной магнитной аномалией, так как значения T изменялись от 45800 до 54800 гам, то есть разница 9000 гамм (тогда, как на наших широтах максимальная интенсивность магнитной бури не превышает 600 гамм). Также существенная магнитная аномалия была обнаружена в ущелье речки Ацаура, где тем же методом были зафиксированы 10 точек (из-за сложной проходимости ущелья), полное T изменялось от 47900-55600 гамм, и в северо-восточной части Ацани, т.н. «Сербском», были измерены 35 точек, T менялось от 46400 до 51400 гамм.

Полученные данные дают основу предположить, что обнаружены сильные локальные магнитные аномалии, тем более, что были также зафиксированы локальные магнитные аномалии с различными интенсивностями (сравнительно низкими) и другие, примыкающие к территории Мамати, Шухути, Гулиани, Цкалцинда и др.

Исходя из вышесказанного, мы считаем обязательным детальное комплексное изучение перечисленных сильных локальных магнитных аномалий, так как особенно важно установление направлений и границ т.н. «Терренкуров» -лечебных магнитных тропинок, дело в том, что при перемещении по вышеуказанным теренкурам важно знание точных значений градиентов (горизонтальных и вертикальных) локальных магнитных аномалий, что является одним из основных факторов при оценке эффективности природного магнитотерапевтического курорта.

Базисная научная концепция основания магнитотерапевтического курорта в низкогорья Гурии обязательна для развития курортной инфраструктуры, так как она основана на особых локальных геофизических условиях (комбинированное влияние локальных геомагнитных аномалий и факторов космической погоды) и предполагает экономическую прибыльность и конкурентоспособность на международном курортном рынке.

ЛИТЕРАТУРА

1. А. А. Логачев, П.В. Захаров. Магнитная разведка. Ленинград, "Недра." 1979. С. 103-105.
2. Рапопорт С.И., Бреус Т.К., Клейменова Н.Г., Козырева О.В., Малиновская Н.К. Геомагнитные пульсации и инфаркты миокарда. Тер. Архив. 2006. Т.78. № 4. С. 56-60.
3. Бреус Т. К., Чибисов С.М. и др. Хроноструктура биоритмов сердца и факторы внешней среды. 2002. Москва, «Полиграф сервис», С. 231.
4. Пудовкин М.И., Распопов О.М., Клейменова Н.Г. Возмущения электромагнитного поля Земли. Ч.2: Короткопериодические колебания геомагнитного поля. 1976. ЛГУ.
5. G.Berishvili, M.Chxitunidze, I.Gabisonia, K.Kartvelishvili, Z.Kereselidze, J.Lominadze, M.Lomouri, N.Mebhagishvili, G.Tabaghua, A.I Tarkhnishvili. Research o Some Characteristics of Guria Magnetic Anomaly. Bulletin of Georgian National Academy of Sciences. 2008. Vol 2. №2. P. 49-52.

აქანის ლოკალური მაგნიტური ანომალიის შესახებ

ბერიშვილი გ., ქართველიშვილი კ., ლომინაძე ჯ., მებალიშვილი ნ.,
ტაბაღუა გ.,

რეზიუმე

რადიოელექტრონული მოწყობილობების ინტენსიურმა დანერგვამ ადამიანის ყოველდღიურ ცხოვრებაში გამოიწვია ელექტრომაგნიტური ფონის მნიშვნელოვანი ზრდა, რამაც აუცილებელი გახადა მისი ბიოლოგიური ეფექტების კვლევა.

ცნობილია, რომ ბუნებრივი მაგნიტოთერაპიული კურორტები, შავი ზღვის პირა უნიკალური კურორტ ურეკის გარდა, მსოფლიოში არსად არ ფუნქციონირებს, იმ დროს როდესაც “ხელოვნური” მაგნიტოთერაპია ფართოდ გამოიყენება მრავალი ქვეყნის სამედიცინო პრაქტიკაში. დაბალმთიანი გურიის მაგნიტური ანომალიების კვლევების შედეგად გეოფიზიკის ინსტიტუტის თანაშრომლების მიერ სოფელ აცანის ტერიტორიაზე დაფიქსირებულ იქნა სამი მეტად ინტენსიური $[(5-6) \cdot 10^4]$ ნანო ტესლას ფარგლებში) ლოკალური მაგნიტური ანომალია.

ამასთან დაკავშირებით, აუცილებლად მიგვაჩნია ამ ანომალიების დეტალური კომპლექსური შესწავლა დაბალმთიანი გურიის ტერიტორიაზე მაგნიტოთერაპიული კურორტის ბაზისური მოდელის შექმნის პერსპექტივით.

О ЛОКАЛЬНОЙ МАГНИТНОЙ АНОМАЛИИ В С. АЦАНА

Беришвили Г.Г., Картвелишвили К.З., Ломинадзе Дж.Г., Мебагишвили Н.Н.,
Табагуа Г.Г.

Резюме

Интенсивное внедрение радиоэлектронных устройств в повседневной жизни человека вызвал значительный рост электромагнитного фона, а исследования его биологических эффектов стали обязательными. Известно, что природных магнитотерапевтических курортов, кроме уникального Черноморского курорта Уреки, в мире не существует. Тогда как «искусственная» магнитотерапия широко используется в медицинской практике многих стран.

Сотрудниками Института геофизики, при исследовании магнитных аномалий низкогорья Гурии, на территории с.Ацана зафиксированы три интенсивные $[(5-6) \cdot 10^4]$ нТл] локальные магнитные аномалии.

В связи с этим, считаем обязательным детальное, комплексное изучение этих аномалий для создания базисной модели магнитотерапевтического курорта на территории низкогорной Гурии.

ABOUT LOKAL MAGNETIC ANOMALI OF ACANA

Berishvili G., Kartvelishvili K., Lominadze J., Mebagishvili n., Tabagua G.

ABSTRACT

Intensive installation of radio electronic systems in daily life of men evokes considerable increase of electromagnetic background, which makes obligatory investigation its biological effects.

Its know, that natural magneto therapeutic resort, except uncial Black Sea resort Ureki, for the present is unknown on the world, when the "artifice" therapeutics is broadly inculcations in medical practice of many countries.

After research of magnetic anomalies in low mountain Guria, the collaborators of Institute of Geophysics in the territory of village Acana fixed three intensive $[(5-6) \cdot 10^4 \text{ nT}]$ local magnetic anomalies.

Therefore, we saw, that the detail, complex research of local magnetic anomalies in low mountain Guria, for the perspective creation basis model of magneto therapeutic resort, is obligatory.

К ВОПРОСУ О ТУРБУЛЕНТНОСТИ В СЛАБОИОНИЗОВАННОЙ ИОНОСФЕРЕ

Гвелесиანი А. И.

Институт геофизики им. М. Нодиа, 0193, Тбилиси, ул. М. Алексидзе, 1

1. Введение

В настоящей статье будут рассматриваться главным образом результаты теоретических исследований и, при необходимости, сопоставляться с данными наблюдений и экспериментов. Каждый из рассматриваемых здесь процессов (плаучесть, амбиполярная диффузия, рекомбинация, ионизация,) имеет свои характерные пространственно-временные масштабы: длины, скорости, времени и других параметров, – классификация которых проводится в наиболее общей форме. В аналитических исследованиях это ведёт к постановке многообразных задач, формулируемых на своих пространственно-временных масштабах, что само по себе осложняет ситуацию и требует тщательный анализ данных наблюдений. В ряде случаев методы подобия и анализа размерностей позволяют обойти аналитические трудности решения задач. Здесь будут обсуждаться оба подхода к проблеме построения спектральных функций турбулентности.

В работах [1, 2] было показано, что формы спектральных функций в мезосфере и нижней термосфере подобны спектрам турбулентности в нижней атмосфере. Более того, как было показано в [3, 4], аналогичное заключение, на основе данных наблюдений, может быть сделано и применительно к ионосферно-магнитосферной плазме. Это даёт основание развитые для нижней атмосферы методы исследований турбулентности применять к турбулентной ионосферной среде, труднодоступной для непосредственных наблюдений, и сравнивать с измерениями в верхней атмосфере.

2. Спектральные функции и параметры турбулентности нейтральной атмосферы

2.1. В энергетике турбулентности стратифицированной атмосферы следует принимать во внимание работу, производимую силами плаучести при вертикальном движении воздушных масс. В спектральном пространстве, где доминирующая роль принадлежит силам плаучести, соответствующая подобласть инерционного интервала известна как подобласть плаучести. Известны две работы [5, 6], лежащие в основу турбулентной теории подобласти плаучести. На основе экспериментальной работы Шура [7] и наиболее приемлемой работы Ламли для случая устойчивой атмосферы Филлипс [8] выводит уточнённую теоретическую спектральную функцию, соответствующую моделям [5, 6]. Статья [9] посвящена теории турбулентной подобласти плаучести. Хотя многие авторы рассматривают спектры флуктуаций плотности или температуры, автор уверен, что теория более прозрачна, когда рассматривается непосредственно потенциальная энергия, как это делает, например [10].

Пара динамических уравнений, полученных в классической работе Филлипса [8], до сих пор является основной в этих исследованиях:

а) уравнение для спектра кинетической энергии:

$$\frac{\partial}{\partial t} E(k) + \frac{\partial}{\partial z} Q(k) = S_a(k) \frac{\partial U_a}{\partial z} - \frac{\partial}{\partial k} \varepsilon(k) + J(k) - 2\nu k^3 E(k), \quad (1)$$

где $E(k)$ – спектральная плотность энергии, $Q(k)$ – вклад диффузии энергии в спектр $E(k)$; первый член справа описывает переход энергии от осреднённого течения к возмущениям с волновым числом k , создаваемый работой против градиента средней скорости $\partial U_\alpha / \partial z$, ($\alpha = 1, 2$); $S_\alpha(k)$ – спектр горизонтальных напряжений Рейнольдса, $\varepsilon(k)$ – скорость переноса энергии по спектру волновых чисел (от возмущений с меньшими k , возмущениям с большими k); $J(k) = -wg\rho / \rho_0$ – определяет затрату энергии на преодоление сил плавучести (отрицательный в случае устойчивой стратификации атмосферы); последний член описывает диссипацию под действием молекулярной вязкости ν ;

б) аналогичное уравнение для спектра пульсаций плавучести $\beta(k)$ (среднеквадратичных флуктуаций плавучести):

$$\frac{\partial}{\partial t} \beta(k) + \frac{\partial}{\partial z} Q_\beta(k) = -J(k) \frac{\partial B}{\partial z} - \frac{\partial}{\partial k} \Phi(k) - 2\gamma^2 \beta(k), \quad (2)$$

где $Q_\beta(k)$ – вклад диффузии в физическом пространстве в спектр плавучести $\beta(k)$; первый член справа описывает вклад в $\beta(k)$, создаваемый воздействием турбулентности на градиент средней плавучести $B = -g\bar{p} / \rho_0$ (градиент которого совпадает с квадратом частоты Брэнта-Вайсаяля); Φ – перенос пульсаций плавучести по спектру волновых чисел; γ – коэффициент молекулярной диффузии (точнее, температуропроводности).

Ввиду математических трудностей, эти уравнения в полном виде до сих пор не решены.

В частности, в работе [9] используются упрощённая их форма ($d\varepsilon/dk - \zeta = 0$, $d\varepsilon_p/dk + \zeta = 0$) [8]. В ней обсуждаются известные спектральные функции для спектрального потока плавучести $\zeta(k)$, спектрального потока кинетической энергии $\varepsilon(k)$ и скалярного спектра кинетической кинетической энергии $E(k)$:

$$\zeta(k) = -2\omega_b^2 \varepsilon(k)^{1/3} k^{-7/3}, \quad \varepsilon(k) = \varepsilon_0 [1 + (k/k_b)^{-4/3}]^{3/2}, \quad E(k) = \alpha \varepsilon(k)^{2/3} k^{-5/3}, \quad (3)$$

где $\alpha \sim 1.5$ – погостоянная Колмогорова, $k_b = (\omega_b^2 / \varepsilon_0)^{1/2}$ – волновое число плавучести. Характерная особенность $E(k)$ спектра Ламли [6] состоит в резком увеличении в направлении к малым волновым числам к универсальному пределу $E(k) \sim \alpha \omega_b^2 k^{-3}$. Такой высокий поток кинетической энергии при любом k необходим для рассеяния важной кинетической энергии при высоких волновых числах и перехода в потенциальную энергию, причём, характерное время турбулентности $\tau_c \approx \varepsilon^{-1/3} k^{-2/3}$, [10]. На последнее обстоятельство обращено, можно сказать, основное внимание авторов работы [9].

Для спектрального потока потенциальной энергии получено выражение:

$$\varepsilon_p(k) = \varepsilon_0 [d + 1 - (1 + (k/k_b)^{-4/3})^{3/2}], \quad (4)$$

где d есть отношение скоростей потенциальной энергии к кинетической, $\varepsilon_p(k)$ переходит при волновом числе k_G , согласно выражению

$$k_G = k_b [(1 + d)^{2/3} - 1]^{-3/4}. \quad (5)$$

Следуя аргументации Филлипса [8], для температурного спектра авторы получают выражение скалярного спектра потенциальной энергии:

$$E_p(k) = \alpha_p |\varepsilon_p(k)| \varepsilon(k)^{-1/3} k^{-5/3}, \quad (6)$$

где $\alpha_p \approx 1$ – постоянная Бэтчелора.

В формуле (6) взято абсолютное значение ε_p , так как здесь важна сама величина, а не направление процесса передачи энергии турбулентности. Последнее соотношение показывает, что $E_p(k)$ представляет собой просвет при k_G (волновое число, при котором ε_p исчезает и меняет направление). С физической точки зрения этот просвет следует из “расширенной” (“extended”) колмогоровской гипотезы и медленности молекулярных процессов, неспособных с достаточно высокой скоростью рассеивать всю увеличенную флуктуацию плотности (температуры), вызываемую вертикальным турбулентным движением в среде с устойчивой стратификацией. Расчёты по формулам (4)-(6) дают согласие с результатами [6, 10]: обе теории предсказывают одинаковый вид спектрального потока плавучести $\zeta(k) \sim k^{-7/3}$ в инерциальной подобласти; в подобласти плавучести согласно классической теории $\zeta(k) \sim k^{-3}$ [6], в то время как согласно [10] зависимость $\zeta(k)$ охватывает область возможностей от $k^{-7/3}$ до $k^{1/3}$. Отсюда следует, почему экспериментальные наблюдения спектра вертикального потока тепла так же хорошо, как спектральные просветы потенциальной энергии, являются важными ключами в этом споре. Работа имеет и широко обсуждаемую часть экспериментальных наблюдений.

Анализ полученных экспериментальных результатов показывает согласие с классической теорией подобласти плавучести, предложенной Ламли-Шуром. Однако, допущение изотропности для масштабов больших чем L_B неприемлемо: решительно необходима теория анизотропной подобласти плавучести. Дальнейшие теоретические усилия должны быть направлены на понимание того, каким образом потенциальная энергия переходит обратно в кинетическую энергию. Авторы подчёркивают необходимость важности сбора спектральной информации для различных косых направлений, для описания анизотропии флуктуирующих полей в подобласти плавучести, ибо исследованная в работе зависимость спектральных функций от вертикальных волновых чисел даёт лишь информацию о скалярной спектральной функции для условий сильно анизотропной турбулентности.

2.2. Гидродинамический механизм турбулентности, обусловленной сдвигом ветра, детально рассматривается в теоретической работе [12] в связи с проблемой возникновения спорадических-E плазменных неоднородностей. Эти плазменные неоднородности, как отмечалось выше, обусловлены турбулентностью нейтральной атмосферы (характерные масштабы их практически одинаковы), и разделение их на рассматриваемых уровнях – мезосфера, нижняя термосфера, – ввиду слабой примеси плазмы, лишено смысла. Наличие плазмы способствует как обнаружению, с помощью наземной аппаратуры, нейтральных турбулентных неоднородностей, так и плазменных неоднородностей, возникших вследствие чисто плазменных неустойчивостей (например, градиентно-дрейфовой или двухпоточковой [13-18]). В отличие от ранних исследований, автор работы [12] даёт большую информацию о спектре турбулентных неоднородностей при условиях градиентно-дрейфовой неустойчивости плазмы с учётом ионизационно-диффузионно-рекомбинационных процессов, получив поправочный множитель к известной формуле колмогоровской функции спектральной плотности $E(k)$ (см. ф-лы (27)-(30)).

Ниже учитывается обобщённая форма коэффициента рекомбинации в нижней ионосфере, где также существует фактор электрического поля [18, 19].

3. Плазменные неоднородности спорадического E_s -слоя. Гидродинамическое приближение

3.1. Полагается, что формирование плазменных неоднородностей совершается

под действием динамической турбулентности нейтральной атмосферы, обусловленной сдвигом ветра на рассматриваемых уровнях ионосферы.

Исходными являются уравнения магнитной гидродинамики:

$$\frac{\partial \vec{V}_{e,i}}{\partial t} + (\vec{V}_{e,i} \cdot \nabla) \vec{V}_{e,i} = \frac{q_{e,i} \vec{E}}{m_{e,i}} + \Omega_{e,i} [\vec{V}_{e,i} \cdot \vec{b}] - V_{T,e,i} \frac{\nabla N_{e,i}}{N_{e,i}} - v_{col} (\vec{V}_{e,i} - \vec{U}), \quad (7)$$

$$\frac{\partial N_{e,i}}{\partial t} + \text{div}(N_{e,i} \vec{V}_{e,i}) = Q(z,t) - (\alpha_{e,i} N_{e,i}^2 + \beta_{e,i} N_{e,i}), \quad (8)$$

где (e,i) соответственно относятся к электронной и ионной компонентам плазмы. В дальнейшем они опускаются, и будет подразумеваться ионная компонента плазмы: \vec{V} , q , m , V_T , \vec{U} , $Q(z,t)$, α и β – соответственно, вектор скорости, заряд, масса, тепловая скорость иона и скорость нейтральной атмосферы; \vec{E} – напряжённость электрического поля, \vec{b} – единичный вектор геомагнитного поля; v_{col} – частота столкновений ионов с нейтралами; функция распределения ионизации в нижней ионосфере; коэффициенты квадратичной и линейной рекомбинаций.

Определив скорость ионов из уравнения (7) для стационарного случая,

$$\vec{V} \approx \vec{U} + \chi \vec{e} + \delta [(\vec{U} \cdot \vec{b}) - D_o \nabla N / N], \quad (*)$$

где $\chi = (q|\vec{E}|)/(m v_{col})$, $\vec{e} = \vec{E}/|\vec{E}|$, $\delta = \Omega_H / v_{col}$, $\Omega_H = q|\vec{B}|/(mc)$, $\vec{b} = \vec{B}/|\vec{B}|$, и подставив (*) в уравнение неразрывности (8) имеем:

$$\frac{\partial N}{\partial t} + \text{div}(N(\vec{U} + \chi \vec{e} + \delta [\vec{U} \cdot \vec{b}])) = Q - (\alpha N^2 + \beta N). \quad (9)$$

Рассматриваются лишь флуктуации скорости ($\vec{U} = \vec{U}_0 + \vec{U}'$) и концентрации плазмы ($N = N_0 + N'$). Выделим основную и возмущённую части уравнений движения и неразрывности (где средние значения обозначены скобками $\langle \rangle$):

$$\text{div}(N_0(\vec{U}_0 + \chi \vec{e} + \delta [\vec{U}_0 \cdot \vec{b}])) - D_o \Delta N_0 + \langle \text{div}(N'(\vec{U}' + \delta [\vec{U}' \cdot \vec{b}])) \rangle = Q - (\alpha N_0^2 + \beta N_0 + \langle \alpha N'^2 \rangle), \quad (10)$$

и

$$\begin{aligned} \frac{\partial N'}{\partial t} - D_o \Delta N' + (2\alpha N_0 + \beta) N' + \text{div}(\vec{U}_0 + \chi \vec{e} + \delta [\vec{U}_0 \cdot \vec{b}]) N' + (\vec{U}_0 + \chi \vec{e} + \delta [\vec{U}_0 \cdot \vec{b}]) \cdot \text{grad} N' + \\ + \alpha (N'^2 - \langle N'^2 \rangle) + \text{div}(N' \vec{U}') - \langle N' \vec{U}' \rangle + \delta \text{div}(N' [\vec{U}' \cdot \vec{b}]) - \langle N' [\vec{U}' \cdot \vec{b}] \rangle = \\ = -\text{div}(N_0 (\vec{U}' + \delta [\vec{U}' \cdot \vec{b}])). \end{aligned} \quad (11)$$

Четвёртый член в левой части уравнения можно упростить

$$\text{div}(\vec{U}_0 + \chi \vec{e} + \delta [\vec{U}_0 \cdot \vec{b}]) N' \approx \text{div}(\vec{U}_0 + \delta [\vec{U}_0 \cdot \vec{b}]) N' + L_K \chi N'; \quad \chi = (q|\vec{E}|)/(m v_{col}).$$

В результате будем иметь:

$$\left(\frac{\partial}{\partial t} - D_0 \Delta + (2\alpha N_0 + \beta) + L_E^{-1} \chi \right) n' + \operatorname{div} \left(n' \cdot \bar{U}' \right) - \left(n' \cdot \bar{U}' \right) = -L_s^{-1} (\bar{U}' \cdot \bar{g}) - \delta \operatorname{div} [\bar{U}' \cdot \bar{b}],$$

где толщина спорадического слоя L_s полагается равной толщине градиентного слоя концентрации плазмы, равной $L_g = N_0 / |\operatorname{grad} N_0|$, $n' = N' / N_0$, $\bar{g} = L_g |\operatorname{grad} N_0| / N_0$.

Согласно [23] можно пренебречь членом $\operatorname{div}(n' \bar{U}')$, тогда имеем:

$$\left(\frac{\partial}{\partial t} - D_0 \Delta + (2\alpha N_0 + \beta) + L_E^{-1} \chi \right) n' + \operatorname{div}(n' \cdot \bar{U}') = -L_s^{-1} (\bar{U}' \cdot \bar{g}) - \delta \operatorname{div} [\bar{U}' \cdot \bar{b}]. \quad (12A)$$

Далее рассматриваются спектры неоднородностей по известной стандартной форме спектрального анализа [21, 22]. Двухточечный корреляционный тензор поля скоростей $R_y(\bar{r}, \tau) = \langle U'_j(\bar{x}, t) \cdot U'_j(\bar{x}', t') \rangle$ выражается посредством Фурье-преобразования

$$R_y(\bar{r}, \tau) = \int \Phi_y(\bar{k}, \omega) e^{i\bar{k}\bar{r} - i\omega\tau} d\bar{k} d\omega, \quad (13A)$$

где $\bar{x} = \bar{x}' - \bar{r}$, $t = t' - \tau$, спектральный тензор поля скоростей Φ_y равен

$$\Phi_y(\bar{k}, \omega) = \frac{1}{(2\pi)^4} \int R_y(\bar{r}, \tau) e^{i\omega\tau - i\bar{k}\bar{r}} d\tau d\bar{r}. \quad (14A)$$

В (13) допущение экспоненциальной релаксации корреляций поля скоростей \bar{U} во времени даёт

$$R_y(\bar{r}, \tau) = \int F_y(\bar{k}) e^{-|\tau|/\tau_k} e^{i\bar{k}\bar{r}} d\bar{k}, \quad (15)$$

τ_k – время жизни турбулентной неоднородности масштаба $|\bar{k}|^{-1}$; $\tau_k^{-1} = \tau_r^{-1} + \tau_v^{-1}$, где $\tau_r^{-1} \approx \varepsilon^{1/3} k^{2/3}$ – скорость диссипации вихря благодаря турбулентному перемешиванию, $\tau_v^{-1} = \nu k^2$ – скорость вязкой диссипации вихря.

В случае изотропной несжимаемой плазмы тензоры $F_y(\bar{k})$ и $\Phi_y(\bar{k}, \omega)$ соответственно равны:

$$F_y(\bar{k}) = \frac{\delta_{ij} - k_i k_j / k^2}{4\pi k^2} E(k), \quad \Phi_y(\bar{k}, \omega) = \frac{\delta_{ij} - k_i k_j / k^2}{4\pi^2 k^2 \tau_k (\omega^2 + \tau_k^{-2})} E(k), \quad k = |\bar{k}|. \quad (16)$$

здесь $E(k)$ – колмогоровская функция спектральной плотности энергии.

Для случайных полей $\bar{U}'(\bar{x}, t)$ и $n'(\bar{x}, t) = N'(\bar{x}, t) / N_0$, стационарных функций (\bar{x}, t) , с Фурье-преобразованиями

$$U'_j(\bar{x}, t) = \int U'_j(\bar{k}, \omega) e^{i\bar{k}\bar{x} - i\omega t} d\bar{k} d\omega, \quad n'(\bar{x}, t) = \int n'(\bar{k}, \omega) e^{i\bar{k}\bar{x} - i\omega t} d\bar{k} d\omega. \quad (17)$$

Фурье-трансформированное уравнение (12) имеет вид:

$$(D_o k^2 + \tau_r^{-1} + \tau_E^{-1} - i\omega)n'(\bar{k}, \omega) + ik_s \int n'(\bar{k}', \omega') \cdot U'_j(\bar{k} - \bar{k}', \omega - \omega') d\bar{k}' d\omega' = - \\ - L_s^{-1}(\bar{g} \cdot \bar{U}'(\bar{k}, \omega)) - i\delta(\bar{k} \cdot [\bar{U}'(\bar{k}, \omega) \cdot \bar{b}]). \quad (18)$$

Член со звёрткой в левой части уравнения представляет собой вклад, вносимый модой взаимодействия в процесс генерации плазменных флуктуаций, который можно феноменологически выразить через коэффициент турбулентной диффузии D_t . Тогда

$$[(D_o + D_t)k^2 + \tau_r^{-1} + \tau_E^{-1} - i\omega)n'(\bar{k}, \omega) = -L_s^{-1}(\bar{g} \cdot \bar{U}'(\bar{k}, \omega)) - i\delta(\bar{k} \cdot [\bar{U}'(\bar{k}, \omega) \cdot \bar{b}]). \quad (19)$$

Полагая $D_t k^2 \approx \tau_r^{-1}$, для $n'(\bar{k}, \omega)$ получаем

$$n'(\bar{k}, \omega) = \frac{-L_s^{-1}(\bar{g} \cdot \bar{U}'(\bar{k}, \omega)) - i\delta(\bar{k} \cdot [\bar{U}'(\bar{k}, \omega) \cdot \bar{b}])}{(D_o k^2 + \tau_r^{-1} + \tau_E^{-1} - i\omega)}.$$

С учётом $(\bar{k} \cdot [\bar{U}' \cdot \bar{b}]) = (\bar{U}' \cdot [\bar{b} \cdot \bar{k}])$ имеем

$$n'(\bar{k}, \omega) = \frac{-L_s^{-1}\bar{g} - i\delta[\bar{b} \cdot \bar{k}]}{(D_o k^2 + \tau_r^{-1} + \tau_E^{-1} - i\omega)} \cdot \bar{U}'(\bar{k}, \omega), \quad (20)$$

Корреляционная функция $R_N(\bar{r}, t) = \langle n'(\bar{x}, t) \cdot n'(\bar{x}', t') \rangle$ флуктуаций плотности плазмы и инверсионное соотношение, при статистической однородности и стационарности равны:

$$R_N(\bar{r}, t) = \int \Psi(\bar{k}, \omega) e^{i\bar{k}\bar{r} - i\omega t} d\bar{k} d\omega, \quad \Psi(\bar{k}, \omega) = (2\pi)^{-4} \int R_N(\bar{r}, t) e^{i\omega t - i\bar{k}\bar{r}} d\omega d\bar{r}. \quad (21)$$

Имея в виду [21, 22] для статистически однородных и стационарных случайных полей

$$\langle U'_j(\bar{k}, \omega) \cdot U'_j^*(\bar{k}', \omega') \rangle = \Phi_{jj}(\bar{k}, \omega) \delta(\bar{k} - \bar{k}') \delta(\omega - \omega'), \quad (22)$$

и

$$\langle n'(\bar{k}, \omega) \cdot n'^*(\bar{k}', \omega') \rangle = \Psi(\bar{k}, \omega) \delta(\bar{k} - \bar{k}') \delta(\omega - \omega'), \quad (23)$$

где звёздочкой обозначена комплексная сопряжённость величин, с учётом (19) получается следующая зависимость между Ψ и Φ_{jj} функциями:

$$n'(\bar{k}, \omega) = \frac{-L_s^{-1}\bar{g} - i\delta[\bar{b} \cdot \bar{k}]}{(D_o k^2 + \tau_r^{-1} + \tau_E^{-1} - i\omega)} \cdot \bar{U}'(\bar{k}, \omega)$$

$$\Psi(\bar{k}, \omega) = \frac{(L_s^{-1}g_i + i \cdot \delta[\bar{b} \cdot \bar{k}]) (L_s^{-1}g_j + i \cdot \delta[\bar{b} \cdot \bar{k}])}{\omega^2 + (D_o k^2 + \tau_r^{-1} + \tau_E^{-1})^2} \cdot \Phi_{jj}(\bar{k}, \omega). \quad (24)$$

Из (16А) и (24А) имеем:

$$\Psi(\bar{k}, \omega) = \frac{1}{4\pi^2 \tau_k} \frac{(L_s^{-2} k^{-2} [\bar{g} \cdot \bar{k}]^2 + \delta^2 [\bar{b} \cdot \bar{k}]^2) k^{-2}}{(\omega^2 + (D_o k^2 + \tau_r^{-1} + \tau_E^{-1})^2)(\omega^2 + \tau_k^{-2})} \cdot E(k) \quad (25)$$

Пространственный спектр плотности флуктуаций плотности плазмы $P(\vec{k})$ определяется нуль-временной корреляционной функцией

$$\langle n'(\vec{x}, t) \cdot n'(\vec{x}', t') \rangle = R_N(\vec{x} - \vec{x}', 0) = \int P(\vec{k}) e^{i\vec{k}(\vec{x} - \vec{x}')} d\vec{k}. \quad (26)$$

а $P(\vec{k})$ связано с $\Psi(\vec{k}, \omega)$ соотношением

$$P(\vec{k}) = \int_{-\infty}^{+\infty} \Psi(\vec{k}, \omega) d\omega. \quad (**)$$

В результате интегрирования получено выражение для трёхмерной спектральной функции плотности энергии

$$P(\vec{k}) = \frac{L_s^{-2} k^{-2} [\bar{g} \cdot \vec{k}]^2 + \beta_s^2 [\bar{b} \cdot \vec{k}]^2}{(\tau_k^{-1} + \tau_r^{-1} + \tau_r^{-1} + \tau_E^{-1} + D_0 k^2)(\tau_k^{-1} + \tau_r^{-1} + \tau_E^{-1} + D_0 k^2) 4\pi k^2} E(\vec{k}). \quad (27)$$

С помощью (27А) для среднеквадратичного значения флуктуаций плотности плазмы $\langle (N'/N_0)^2 \rangle^{1/2}$ получено $\langle (N'/N_0)^2 \rangle^{1/2} - \langle n'^2 \rangle^{1/2} = \left(\int P(\vec{k}) d\vec{k} \right)^{1/2}$. Откуда интегрирование по сфере радиуса k в \vec{k} -пространстве даёт

$$\langle (N'/N_0)^2 \rangle - \langle n'^2 \rangle = \int_{k_1}^{k_2} P_1(k) dk, \quad (***)$$

где одномерный спектр флуктуаций плотностей плазмы равен

$$P_1(k) = \frac{2(L_s^{-2} + \beta_s^2 k^2)}{3(\tau_k^{-1} + \tau_r^{-1} + \tau_r^{-1} + \tau_E^{-1} + D_0 k^2)(\tau_k^{-1} + \tau_r^{-1} + \tau_E^{-1} + D_0 k^2)} E(k) \quad (28)$$

спектральных функций плотности кинетической энергии, которые описывают плазменные флуктуации, вызываемые турбулентностью нейтральной атмосферы в области волновых чисел внутреннего (k_d) и внешнего (L_s) масштабов неоднородностей.

Здесь L_s – толщина спорадического слоя, $\beta_s = \Omega_i / \nu_i$ – отношение гирочастоты иона к частоте столкновений иона с нейтралами β_s , \bar{g} , \bar{b} , D_0 , τ_k , τ_r , τ_r , τ_E .

Было замечено, что эффект магнитного поля на формирование флуктуаций плазменной плотности доминирует при меньших масштабах длины или при больших волновых числах $k > (\beta_s L_s)^{-1}$, тогда как относительная роль среднего градиента плотности плазмы более важна в случае генерации крупномасштабных флуктуаций $k < (\beta_s L_s)^{-1}$. Приведём аналитические выражения для спектральных функций, описывающих два случая плазменных флуктуаций.

а) Случай коротковолновой длины плазменных флуктуаций:

$$P_1(k) = \frac{2\beta_s^2 \varepsilon^{2/3} k^{1/3}}{3(\tau_k^{-1} + \tau_r^{-1} + \tau_r^{-1} + \tau_E^{-1} + D_0 k^2)(\tau_k^{-1} + \tau_r^{-1} + \tau_E^{-1} + D_0 k^2)}, \quad k_d > k > (\beta_s L_s)^{-1} \quad (29)$$

(в присутствии магнитного поля флуктуации плотности плазмы могут вызываться турбулентным движением слабоионизованного газа даже при движениях нейтралов являются несжимаемыми и градиент плотности фоновой плазмы отсутствует); для найденных параметров временного масштаба диффузии неоднородностей плазменной плотности $\tau_d = (D_0 k^2)^{-1}$, где D_0 коэффициент амбиполярной диффузии, приравнявая τ_d временному масштабу турбулентного движения τ_t , из равенства $\tau_d = \tau_t$ получается волновое число k_d (аналог вязкого масштаба длины для нейтральной атмосферы), при котором диффузия становится самой важной.

Согласно этим значениям параметров, которые определяют $P_1(k)$, в рассматриваемом случае интервала волновых чисел (для масштабов длины $40 \text{ м} < \ell < 200 \text{ м}$) действительны неравенства $\tau_i^{-1} > \tau_d^{-1}$, $\tau_i^{-1} > \tau_r^{-1}$, можно ожидать, что локальная функция спектральной плотности должна быть пропорциональна $P_1(k) \propto k^{-1}$.

б) Случай длинноволновых неоднородностей:

$$P_1(k) = \frac{2L_s^{-2} \varepsilon^{2/3} k^{-5/3}}{3(\tau_r^{-1} + \tau_i^{-1} + \tau_r^{-1} + \tau_E^{-1} + D_0 k^2)(\tau_i^{-1} + \tau_r^{-1} + \tau_E^{-1} + D_0 k^2)}, \quad (\beta_r L_s)^{-1} > k > L_s^{-1} \quad (30)$$

(интенсивность плазменных флуктуаций пропорциональна среднему градиенту плотности плазмы $|\nabla n_0|/n_0 = L_g^{-1} \approx L_s^{-1}$, где L_g – градиентный масштаб средней плазменной плотности). Для этого интервала волновых чисел выделяются три подобласти волновых чисел: $(\beta_r L_s)^{-1} > k > k_r$, $k_r > k > k_{rr}$ и $k_{rr} > k > L_s^{-1}$, где порядок величин k_r и k_{rr} определяется, приравниванием шкалы времён τ_r шкалам τ_i и $2\tau_r$, соответственно формулами: $k_r \approx \varepsilon^{-1/2} (2\alpha_r N_R)^{3/2}$, $k_{rr} \approx \varepsilon^{-1/2} (\alpha_r N_R)^{3/2}$, $N_R \approx n_0$.

1) В подобласти $(\beta_r L_s)^{-1} > k > k_r$ (масштабы длин $200 \text{ м} < \ell < 450 \text{ м}$) неравенства $\tau_i^{-1} > \tau_d^{-1}$, $\tau_i^{-1} > \tau_r^{-1}$ сохраняют силу, однако, из-за увеличения влияния среднего градиента плотности спектральная функция принимает вид:

$$P_1(k) \propto k^{-3}, \quad (\beta_r L_s)^{-1} > k > k_r. \quad (31)$$

2) В подобласти $k_r > k > k_{rr}$ (масштабы длин $450 \text{ м} < \ell < 1273 \text{ м}$) удовлетворяются неравенства $\tau_i^{-1} < \tau_r^{-1} < 2\tau_r^{-1}$, т.е. рекомбинация должна приниматься в расчёт, и тогда

$$P_1(k) \propto k^{-7/3}, \quad k_r > k > k_{rr}. \quad (32)$$

3) В подобласти $k_{rr} > k > L_s^{-1}$ (масштабы длин $1273 \text{ м} < \ell < 2000 \text{ м}$), рекомбинационное затухание доминирует ($\tau_r^{-1} > 2\tau_r^{-1}$) и ожидаемая зависимость $P_1(k)$ есть:

$$P_1(k) \propto k^{-5/3}, \quad k_{rr} > k > L_s^{-1}. \quad (33)$$

Следует обратить внимание на то, что согласно (31)-(33) плазменные неоднородности в геомагнитном поле располагаются по размерам в обратном порядке по отношению к турбулентным неоднородностям нейтральной атмосферы.

3.2. Таким образом, образование среднеширотных спорадических-E неоднородностей плазмы, благодаря турбулентности нейтральной атмосферы с масштабами длины $l_d < l < L_s \approx (D_0^2 / \varepsilon)^{1/4}$, является следствием совместного действия таких процессов как: с

одной стороны, взаимодействие турбулентного поля скоростей со средним градиентом плотности плазмы и геомагнитным полем, и, с другой стороны, рекомбинация, диффузия, электрическое поле, турбулентное вихревое затухание, которые действуют как диссипационные процессы. Относительная роль этих процессов различна при различных масштабах неоднородностей и зависит от параметров спорадического E_s слоя. Например, роль градиента плотности и, скажем, эффект рекомбинации растёт с увеличением масштабов длины неоднородностей. Спектр неоднородностей должен быть чувствительным к эффектам изменения упомянутых процессов. При использовании вида спектральной функции для спектра неоднородностей могут быть найдены отклонения от закона с постоянным спектральным индексом (или некоторого изменения наклона спектральной функции). Для оценки характерных масштабов длин при которых такие отклонения должны случиться, могут быть использованы следующие формулы:

$$l_\beta \approx \beta L_g \approx \beta L_s, \quad l_r \approx \varepsilon^{1/2} / (2\alpha N_R)^{3/2}, \quad l_\pi \approx \varepsilon^{1/2} / (\alpha N_R)^{3/2} \quad (34)$$

(для масштабов длины $l > l_\beta$ роль среднего градиента плотности плазмы становится более важной, чем влияние магнитного поля; для $l > l_r$ проявляется влияние рекомбинации; для $l > l_\pi$ рекомбинация становится главным диссипационным процессом). Таким образом, при $l_\beta < l_r < l_\pi < L_s$ в масштабах длин неоднородностей имеется четыре недостаточно широких подобластей. Кстати, заметим, что согласно японской программе SEEK по исследованию механизма генерации квазипериодической р/л отражаемости от направленных вдоль поля неоднородностей, введённых в ночные среднеширотные спорадические-E слои. Использовались ракетные и наземные средства наблюдений. Во время этой кампании в нижней термосфере на высотах (90-115 км) был зафиксирован широкий спектр плазменных неоднородностей, обусловленный по всей вероятности турбулентностью нейтральной атмосферы (этот вопрос в программу SEEK не входил) [20].

4. Анализ размерностей и спектральные функции турбулентности

4.1. Методом анализа размерностей получим следующие виды спектральных функций соответствующих подобластям инерционного интервала фазового пространства:

1) Инерционный интервал (ε, ν):

$$E(k) = \alpha \varepsilon_0^{2/3} \left[1 + (k/k_\nu)^{-8/3} \right] k^{-5/3}, \quad (35)$$

$k_\nu = (\varepsilon_0 / \nu^3)^{1/4}$ – волновое число вязкости; асимптотические значения спектральной плотности в области малых и больших волновых чисел, соответственно равны: $E(k) = \alpha \varepsilon_0^{4/3} \nu^{-2} k^{-13/3}$ и $E(k) = \alpha \varepsilon_0^{2/3} k^{-5/3}$; для промежуточного значения имеем:

$$E(k) = \alpha \varepsilon_0 \nu^{-1} k^{-3}. \quad (35a)$$

2) Подобласть амбиполярной диффузии (ε, D_o):

$$E(k) = \alpha \varepsilon_0^{2/3} \left[1 + (k/k_D)^{-8/3} \right] k^{-5/3}, \quad (36)$$

$k_D = (\varepsilon_0 / D_o^3)^{1/4}$ – волновое число амбиполярной диффузии; асимптотические значения спектральной плотности в области малых и больших волновых чисел, соответственно равны: $E(k) = \alpha \varepsilon_0^{4/3} D_o^{-2} k^{-13/3}$ и $E(k) = \alpha \varepsilon_0^{2/3} k^{-5/3}$; для промежуточного значения имеем:

$$E_D(k) = \alpha \epsilon_0 D_0^{-1} k^{-3}. \quad (36a)$$

3) Подобласть квадратичной рекомбинации (ϵ, α) , $L_\alpha = \alpha_1 N_1^2$:

$$E(k) = \alpha \epsilon_0^{2/3} \left[1 + (k/k_\alpha)^{-14/3} \right] k^{-5/3}, \quad (37)$$

$k_\alpha = (\epsilon_0 / \alpha_1)^{1/2}$ – волновое число квадратичной рекомбинации; асимптотические значения спектральной плотности в области малых и больших волновых чисел, соответственно равны: $E_\alpha(k) = \alpha \epsilon_0^{2/3} k^{-19/3} k_\alpha^{14/3}$ и $E(k) = \alpha \epsilon_0^{2/3} k^{-5/3}$; для промежуточного значения имеем:

$$E(k) = \alpha \alpha_1 \epsilon_0 k^{-4}. \quad (37a)$$

4) Подобласть линейной рекомбинации (ϵ, β) , $L_\beta = \beta N_1$:

$$E(k) = \alpha \left[1 + (k/k_\beta)^{-4/3} \right] k^{-5/3}, \quad (38)$$

$k_\beta = (\beta^3 / \epsilon_0)^{1/2}$ – волновое число линейной рекомбинации; асимптотические значения спектральной плотности в области малых и больших волновых чисел, соответственно равны: $E_\beta(k) = \alpha \beta^2 k^{-3}$ и $E(k) = \alpha \epsilon_0^{2/3} k^{-5/3}$; для промежуточного значения имеем:

$$E(k) = \alpha \beta \epsilon_0^{1/3} k^{-7/3}. \quad (38a)$$

5) Подобласть ионизации (ϵ, q) :

$$E(k) = \alpha \epsilon_0^{2/3} \left[1 + (k/k_q)^{-22/3} \right] k^{-5/3}, \quad (39)$$

$k_q = (q^3 / \epsilon_0)^{1/4}$ – волновое число ионизации; асимптотические значения спектральной плотности в области малых и больших волновых чисел, соответственно равны: $E(k) = \alpha q^2 k^{-9}$ и $E(k) = \alpha \epsilon_0^{2/3} k^{-5/3}$; для промежуточного значения имеем:

$$E(k) = \alpha q \epsilon_0^{1/3} k^{-16/3}. \quad (39a)$$

6) Подобласть плавучести (ϵ, ω_b) :

$$E(k) = \alpha \epsilon_0^{2/3} \left[1 + (k/k_b)^{-4/3} \right] k^{-5/3}, \quad (40)$$

$k_b = (\omega_b^3 / \epsilon_0)^{1/2}$ – волновое число плавучести; асимптотические значения спектральной плотности в области малых и больших волновых чисел, соответственно равны: $E(k) = \alpha \omega_b^2 k^{-3}$ и $E(k) = \alpha \epsilon_0^{2/3} k^{-5/3}$; для среднего значения имеем:

$$E(k) = \alpha \omega_b \epsilon_0^{1/3} k^{-7/3}. \quad (40a)$$

Таким образом, во всех выражениях для $E(k)$ подобластей инерционного интервала фигурируют поправочные множители вида $[1 + (k/k_*)^{-m/n}]$, соответственно: на вязкость, источник ионизации, α - и β -рекомбинации, амбиполярную диффузию плазмы и плавучесть. Полученные здесь результаты (для диффузии, линейной рекомбинации и плавучести: см. ф-лы (36)-(36а), (38)-(38а) и (40)-(40а) согласуются с результатами теории (см. ф-лы (3), (6), (31)-(33)).

4.2. Замечание. При построении интересных нас спектральных функций, будем рассматривать асимптотические случаи ((35)-(40)), т.е. полагать, что ансамбль турбулентных вихрей становится бесконечно большим, с сохранением их плотности (аналогично термодинамическому пределу в статистической физике). Физически, после такого предельного перехода, в фазовом пространстве можно представить цепочку подобластей инерционного интервала, т.е. расцифровать поправочный множитель при $E(k)$ в формулах (27)-(30) и др. (в [12] $E(k)$ представляется также в виде графиков) или в (27а)-(30а).

Введение совокупности вспомогательных спектральных функций потребует сопоставления со статистическими формулами, приведенными выше. При каждом выборе спектральной подобласти, спектральная функция определяется как решение уравнения неразрывности, описывающего движение нумерованной неоднородности в фазовом пространстве, как изолированной группы молекул в общем ансамбле вихрей.

Аналогично методу групповых разложений функций распределения частиц в фазовом пространстве будем строить спектральные функции ансамбля турбулентных вихрей. В фазовом пространстве будут рассматриваться инерционные подобласти, занятые процессами турбулизации нейтральной атмосферы (колмогоровская спектральная функция $E(k)$), плавучести ($E_p(k)$), диффузии плазмы ($E_D(k)$), рекомбинации ($E_R(k)$) и ионизации ($E_Q(k)$). Обобщенная спектральная функция $S(k)$, учитывающая эти процессы, может быть представлена в виде группового разложения

$$S(k, t) = \sum (-1)^{k-1} (k-1)! E_r(\cdot; t), \quad (41)$$

в котором суммирование производится по всем группам процессов, каждой из которых ставится в соответствие умноженное на $(-1)^{k-1} (k-1)!$ произведение спектральных функций E_r , аргументами которых являются параметры рассматриваемых процессов.

Литература

1. Balsley B. B., Carter D. A. The spectrum of atmospheric velocity fluctuations at 8 and 86 km. *Geophys. Res. Lett.*, 1982, vol. 9, pp. 465-468.
2. Vincent R. A. Planetary and gravity waves in the mesosphere and lower thermosphere. *Adv. Space Res.*, 1990, vol. 10, pp. 93-101.
3. Gvelesiani A. I. On the hierarchy of mesoscale vortexes in the turbulent medium. *J. Georgian Geophys. Soc.*, 2006/2007, v. 11B, pp. 3-11.
4. Gvelesiani A. I. To the problem of the upper atmosphere turbulence. *J. Georgian Geophys. Soc.*, 2008, v. 12B, pp. 76-78.
5. Sidi C., Dalaudier F. Temperature and heat flux spectra in the turbulent buoyancy subrange. *PAGEOPH*, 1989, v. 130, Nos. 2/3, pp. 547-569.
6. Holloway G. Consideration on the theory of temperature spectra in stably stratified fluids. *J. Phys. Ocean*, 1986, vol/ 16, pp. 2179-2183.
7. Shur G. N. Experimental investigations of the energy spectral density of atmospheric turbulence. *Proc. CAO*, 1962, vol. 43, pp. 79-90. (Шур Г. Н. Экспериментальные исследования энергетического спектра атмосферной турбулентности. Труды ЦАО,

1962, вып. 43, сс. 79-90).

8. Lumley J. L. Theoretical aspects of research on turbulence in stratified flows, 1965. In: Atmospheric Turbulence and Radio Waves Propagation (eds. A. M. Yaglom and V. I. Tatarsky) Nauka, Moscow, 1967, pp. 105-109.
9. Phillips O. M. On the Bolgiano and Lumley-Shur theories of the buoyancy subrange. In: Atmospheric Turbulence and Radio Waves Propagation (eds. A. M. Yaglom and V. I. Tatarsky) Nauka, Moscow, 1967, pp. 121-128.
10. Bolgiano R. Turbulent spectra in a stably stratified atmosphere. *J. Geophys. Res.*, 1959, vol. 64, pp. 2226-2229.
11. Townsend A. A. Turbulent shear flow. Cambridge University Press, Cambridge, 1976.
12. Kzyurov Yu. V. On the spectrum of mid-latitude sporadic-E irregularities. *Ann. Geophysicae*. 2000, vol. 18. pp. 1283-1292.
13. Thrane E. V. et al. Neutral air turbulence in the upper atmosphere observed during the Energy Budget Campaign. *J. Atmos. Terr. Phys.*, 1985, v. 47, pp. 243-264.
14. Dickinson P. H. G. Simultaneous observations of E-region irregularities by ground-based and rocket-borne techniques. *J. Atmos. Terr. Phys.*, 1985, v. 47, pp. 265-281.
15. Sinha H. S. S. Plasma density irregularities in the equatorial D-region produced by neutral turbulence. *J. Atmos. Terr. Phys.*, 1992, v. 54, N1, pp. 49-61.
16. Sinha H. S. S., Raizada S. Some new features of ionospheric plasma depletions over the Indian zone using all sky optical imaging. *Earth Planets Space*, 2000, v. 52, pp. 549-559.
17. Raizada S., Sinha H. S. S. Some new features of ionospheric plasma depletions over the Indian zone using all sky optical imaging. *Ann. Geophysicae*, 2000, v. 18, pp. 141-151.
18. Sinha H. S. S., Raizada S. First in situ measurement of electric field fluctuations during strong spread F in the Indian zone. *Ann. Geophysicae*, 2000, v. 18, pp. 523-531.
19. Хангадзе А. Г., А. И. Гвелесиანი. К теории диффузии ионосферной плазмы в области F. Москва: Наука, 1979, 116 с.
20. Fukao S., Yamamoto M., Tsunoda R. T., Hayakawa H., and Mukai T. The SEEK (Sporadic-E experiment over Kyushu) campaign. *Geophys. Res. Lett.*, 1998, vol. 25, p. 1761.
21. Batchelor G. K. The theory of homogeneous turbulence. Cambridge, University Press, London, 1953.
22. Татарский М. И. Распространение волн в турбулентной атмосфере. М.: Наука, 1967.
23. McComb W. D., Filipiak M. J., Shanmugasundaram V. Rederivation and further assessment of the LET theory of isotropic turbulence, as applied to passive scalar convection. *J. Fluid Mech.*, 1992, vol. 245, p. 279.

სუსხტად იონიზირებაული იონოსფეროს ტურბულენტობის საკითხისათვის

გველეხიანი ა.

რეზიუმე

განხილულია ცნობილი და ნაშრომში მიღებული საკუთარი თეორიული კვლევების შედეგები ნეტრალურ და გამტარ ატმოსფეროში ტურბულენტური პროცესების შესახებ. გამოყენებულია სტატისტიკური ფიზიკის, მსგავსებისა და განზომილებათა თეორიების მეთოდები (უკანასკნელი იძლევა საშუალებას გვერდი აუაროთ ამოცანის გადაჭრის მათემატიკურ სიძნელეებს). ჩატარებულია პროცესების სიერციო-დროითი მანშტაბების კლასიფიკაცია (დიფუზია, რეკომბინაცია, იონიზაცია, ტივტივი, ელექტრო-მაგნიტური მობლენები), რომლებიც ერთდროულად მიმდინარეობს ტურბულენტურ ზედა ატმოსფეროში. მოცემულია ფაზური სიერცის ინერციულ ინტერვალში შესაბამისი ტურბულენტური გრიგალური სტრუქტურების საექტრალური ფურქციების აგების ჯაჭვი.

К ВОПРОСУ О ТУРБУЛЕНТНОСТИ В СЛАБОИОНИЗОВАННОЙ ИОНОСФЕРЕ

Гвелесиани А. И.

Реферат

Рассмотрены известные и полученные в работе результаты собственных теоретических исследований процесса турбулентности в нейтральной и проводящей атмосфере. Применены методы статистической физики и теории подобия и анализа размерностей, позволяющей, в ряде случаев, обойти трудности аналитического решения задачи. Получено аналитическое выражение для спектральной функции плазменных неоднородностей, позволяющей детально объяснить типы спектров экспериментально наблюдаемых неоднородностей (зависимость спектрального индекса от характеристик спорадического-E слоя) и возможное отклонение от вида спектрального закона. Сделаны оценки масштабов длины, когда эти отклонения должны произойти. Проведена классификация пространственно-временных масштабов процессов (диффузии, рекомбинации, ионизации, плавучести), протекающих одновременно в турбулентной верхней атмосфере, и дана цепочка соответствующих спектральных функций турбулентности вихревых структур в инерционном интервале фазового пространства.

TO THE PROBLEM OF A LIGHT IONIZED IONOSPHERE PLASMA TURBULENCE

Gvelesiani A. I.

Abstract

Obtained theoretical results of studying of the processes providing in the light ionized ionosphere are discussed and compared with the well known other investigations of the turbulence processes in the neutral and conducting atmosphere. For this purpose the methods of statistical physics, theory of similarity and analysis of measurement were used. It is obtained common expression for spectral function of the ionosphere plasma irregularities (three-dimensional spectrum and one-dimensional power one), from which one can find formulas for subranges of the different processes of the ambipolar diffusion, recombination, ionization and buoyancy in Kolmogorov's inertial interval. It is also given classification of the spatial and temporal scales for them and preliminary result of construction of chain of spectral function for turbulent vortex structures in the inertial range of the phase space.

ДУШЕТСКАЯ (ТБИЛИССКАЯ) ГЕОФИЗИЧЕСКАЯ ОБСЕРВАТОРИЯ - ОДНА ИЗ СТАРЕЙШИХ В МИРЕ

Гогуа Р.А.

Институт геофизики им. М. З. Нодиа, 0193, Тбилиси, ул. М. Ахведиадзе, 1

*«Я не знаю ничего более интересного из практических
занятий, чем эти магнитные наблюдения»*

К.Ф. Гаусс. 31 Августа. 1833 г.

Первые сведения о геофизических явлениях на территории Грузии относятся к глубокой древности.

В исторической хронике «Картлис Цховреба» (Летопись Грузии) сохранились довольно подробные описания разрушительных землетрясений, имевших место на территории Грузии (например, сведения о землетрясениях I, XI, XIII, XVI в.в. и более поздних периодов).

Длительную историю имеют в Грузии, также, метеорологические (климатологические) исследования. В начале XVIII в. выдающийся грузинский ученый, географ и историк – Вахушти Багратиони в своем капитальном труде «Описание Грузинского государства» дал подробное описание климатических особенностей территории Грузии.

Как известно, инструментальные магнитные наблюдения в обсерваторских условиях начались в первой половине XIX в. Этому большому делу заложил основу, организованный Александром фон Гумбольдтом и Карлом Фридрих Гауссом, проект Гёттингенский «Магнитный союз». На основе этого проекта в разных регионах мира проводились одновременные визуальные наблюдения магнитного поля Земли. К этому периоду ученые Западной Европы и России приступили к совместным магнитным наблюдениям. Со стороны России организацию магнитных и метеорологических наблюдений возглавил академик Российской Академии А.Я. Купфер.

В 1833 г. А. Купфер представил «Проект учреждения систем магнитных и метеорологических наблюдений». Проект был поддержан правительством России 13 апреля, 1834 г. После этого А. Купфер начал путешествие в разных регионах Российской империи. По возвращении в Петербург из путешествия по южным районам империи, А. Купфер обратился специальным письмом от 20 декабря 1834 г. к главноуправляющему Закавказским краем, генерал-адъютанту барону Розену, в результате было обосновано учреждение магнито-метеорологической обсерватории в Тифлисе.

Старание академика А. Купфера привели к тому, что в Тифлисе, здание, построенное специально для обсерваторских наблюдений, в 1837 году уже было готово.

В обсерватории с самого начала велись магнитные наблюдения с разной периодичностью, а регулярные наблюдения, по более полной программе, начались с 1 мая 1844 г. С того же года результаты наблюдений Тифлисской обсерватории публиковались в «Своде магнитных и метеорологических наблюдений Главного Управления Корпуса Горных инженеров» в Петербурге, под редакцией акад. А. Купфера.

Дело постановки магнитных наблюдений и их публикаций, особенно образцово, было поставлено с 1879 года, благодаря усилиям директора обсерватории И. Мильберга, ближайшего сотрудника всемирно известного академика Вильда.

И. Мильберг ввел ежечасные вариационные наблюдения по всем трем элементам земного магнитного поля и начал регулярно производить абсолютные магнитные наблюдения «чем вполне обеспечил Тифлису первоклассную магнитную обсерваторию».

С 1879 года результаты обсерваторских наблюдений в виде отдельных изданий регулярно печатались Мильбергом на русском и немецком языках. Дело, иначтое Мильбергом, продолжили с успехом директора обсерватории Э. Штеллинг и С. Гласек.

Обсерватория в 1905 году из Тбилиси, из-за технических помех, была переведена в с. Карсаи (около г. Мцхета), а в 1935 году - в г. Душети, где функционирует до наших дней.

Обсерватория принимала активное участие в проведении Первого и Второго Международных полярных годов (1882 – 83 и 1932 – 33) г.г. и в генеральной магнитной съемке территории Кавказа (1930 – 35) г.г.

С обширной программой участвовала обсерватория в проведении Международного геофизического года (МГГ, 1957 – 58) г.г. и Международного геофизического сотрудничества (МГС, 1958 – 59 г.г.).

Руководители проведения МГГ особое внимание уделяли Душетской (Тбилисской) магнитной обсерватории, этим объясняется визит английского профессора С. Чепмена, председателя специальной комиссии по проведению МГГ летом 1957 г. в Тбилиси.

За годы существования обсерватории накопила неоценимый научный материал непрерывных магнитных наблюдений (свыше 120 лет), на основе которого составлены две базы:

1. Среднесуточные значения H , D , Z – элементов магнитного поля Земли, за период 1880 – 2003 годы.
2. Среднечасовые значения H , D , Z – элементов магнитного поля Земли, за период 1971 – 2003 годы. Продолжается работа по заполнению базы.

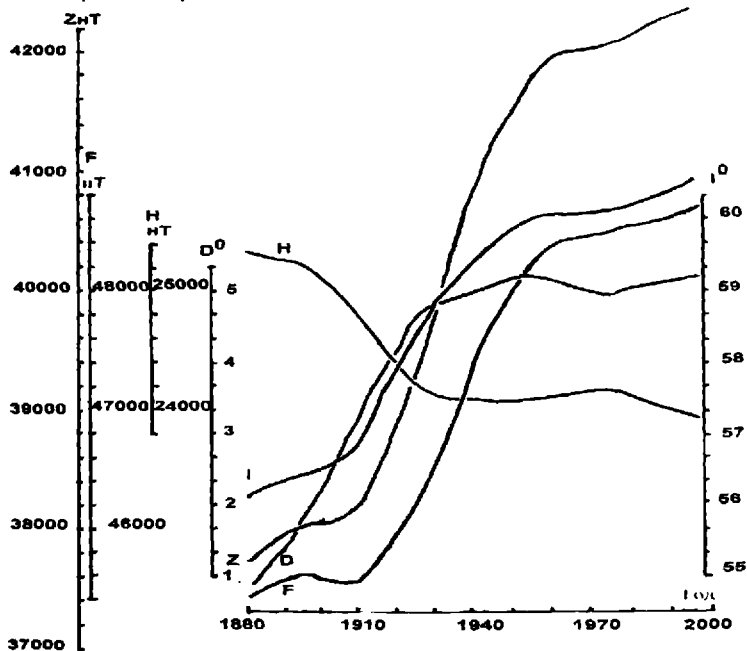


Рис. 1.

На рисунке представлены результаты среднегодовых значений элементов магнитного поля Земли Душетской (Тбилисской) геофизической обсерватории за период (1880-2003) г.г.

Основная ценность этих материалов в их уникальности, длинном ряде непрерывных наблюдений и единственности на всем Кавказе.

История обсерватории - это история грузинской геофизики. В недрах ее возникли многие направления наук о Земле, которые сегодня развиваются самостоятельными путями. Обсерватория сыграла огромную роль в развитии геофизической науки в Грузии и, в целом, на Кавказе.

В юбилейные годы нельзя не вспомнить имена руководителей Тбилиси-Карсани – Душетской обсерватории: И. Шестакова (1838 – 44) г.г., А. Филадельфина (1844 – 47) г.г., А. Абнха (1848 – 49) г.г., А. Морица (1850 – 78) г.г., Ф. Дорандта 1878 г., И. Мильберга (1879 – 94) г.г., Э. Штеллинга (1894 – 7) г.г., С. Гласека (1897 – 1917) г.г., М. Ситнова (1913 – 17) г.г., Р. Хуцишвили (1919 – 20, 1924 – 25, 1933 – 41) г.г., А. Бенашвили (1920 – 22) г.г., А. Дидебулидзе (1922 – 24) г.г., М. Нодна (1925 – 28) г.г., А. Какабадзе, К Сулаквелидзе, Г. Чиракадзе (1928 – 32) г.г., Н. Инцирвели (1941 – 43) г.г., И.

Цуцკირიძე (1943 – 53) გ., М.Челишვილი (1953 – 56) გ., Н. Хведелидзе 1957 г., А. Лашки (1958 – 62) გ., Н. Бочоришვილი (1963 – 67) გ., В. Мацаბერიძე (1968 – 86) გ., Р. Гогоა - с 1987 года до сегодняшних дней.

С обсерваторией связаны имена таких выдающихся личностей, как Н. Бараташвили, Л. Меликишвили, С. Джугашвили. В обсерватории приняли первые научные крещения Н. Мухелишвили и И. Векуа.

Об обсерватории большую заботу проявил славный сын грузинского народа Ив. Джавахишвили.

Особо следует отметить большую заслугу проф. М. Нодиа не только в восстановлении и переоснащении обсерватории, разрушенной в годы первой мировой войны, но и перед грузинской геофизикой. Имя проф. М. Нодиа заслуженно присвоено Тбилисскому Институту геофизики.

Большие заслуги в функционировании обсерватории на высоком уровне принадлежат магнитологам: Н. Кациашвили, Г. Беришвили, Н. Хведелидзе, И. Гогатишвили, Н. Намгалаури, Дж. Чиковани, Т. Матиашвили и др., высоко квалифицированному специалисту-инструменталисту Ф. Вейсу.

Особенно надо отметить заслуги главного магнитолога Э. Хахуташвили, которая более 60 лет верно служила этому большому национальному делу.

В настоящее время в Душетской геофизической обсерватории функционируют две цифровые вариационные станции: 1. Индукционный магнитометр E.D.A. марки FM 100B; 2. Феррозондовый магнитометр (модель DM1 FGE, S/N= 0344), а также абсолютные магнитометры: 1. Протонный магнитометр ММП-203 с колочной системой Гельмгольца; 2. магнитный теодолит.

Полученные материалы регулярно посылаются в Мировой Центр Данных в г. Киото (Япония).

Нужно отметить тот большой вклад, который внес проф. Т.Л. Челидзе в переоборудовании Душетской геофизической обсерватории современными цифровыми приборами и установлении связей с иностранными научными центрами.

Литერატურა

1. Гаусс К.Ф. Изб. Труды по Земному магнетизму. Москва, Изд-во АН СССР. 1952 .
2. Картлис Цховреба (история Грузии). Тбилиси. 1955 . (На груз. яз.).
3. Вахушти Багратиони. Описание царства Грузинского (география Грузии). Тбилиси. 1941. (На груз. яз.).
4. Нодиа М.З. Тбилиси – один из старейших геофизических центров в СССР и мире. Тбилиси. 1970. (На груз. языке).
5. Паркинсон У. Введение в геомагнетизм. Москва, «Мир». 1986.
6. Яновский Б.М. Земной магнетизм. Из-во Ленинградского. ун-та. 1978 .

დუშეთის (თბილისის) გეოფიზიკური ობსერვატორია ერთ-ერთი უძველესია მსოფლიოში

გოგუა რ.

რეზიუმე

სტატია ეძღვნება დუშეთის (თბილისის) გეოფიზიკური ობსერვატორიის დაარსებისა და განვითარების ისტორიას.

სტატიაში მოკლედ არის განხილული გეომანტიური დაკვირვებების განვითარების ძირითადი ეტაპები, მიღწევები. აღნიშნულია იმ მეცნიერთა დამსახურება, რომელთა ძალისხმევით ობსერვატორია გახდა ერთ-ერთი მოწინავე მსოფლიოში.

ДУШЕТСКАЯ (ТБИЛИССКАЯ) ГЕОФИЗИЧЕСКАЯ ОБСЕРВАТОРИЯ - ОДНА ИЗ СТАРЕЙШИХ В МИРЕ

Гогуа Р. А.

Реферат

Статья посвящена истории основания и становления Душетской (Тбилисской) геофизической обсерватории.

В статье коротко рассмотрены основные этапы развития геомагнитных наблюдений, достигнутых результатов. Отмечены заслуги тех видных ученых, усилиями которых Обсерватория стала одной из лучших в мире.

OF THE DUSHETY (TBILISI) GEOPHYSICAL OBSERVATORY ONE OF THE WORLD'S OLDEST

Gogua R.

Abstract

This article is devoted to the history of foundation and development of the Dusheti (Tbilisi) Geophysical Observatory.

The article briefly reviewed the main stages in the development of geomagnetic observation, the results achieved. There are merits of the eminent scientists whose efforts Observatory has become one of the best in the world.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОФИЛЯ ЛИСИ-ЧОПОРТЫ ПРОТОННЫМ МАГНИТОМЕТРОМ G-856 AX

Гогоа Р.А., Кириа Д.К., Миндели П.Ш., Гванцеладзе Т.А.

Институт геофизики им. М.З. Нодиа, 0193, Тбилиси, ул. М. Алексидзе, 1

Выбор профиля Лиси-Чопорты для исследования эффективности работы протонного магнитометра G-856 AX обусловлен тем обстоятельством, что исследуемый профиль достаточно хорошо изучен сейсмическими методами [1], и в то же время построен слабо намагниченными породами.

Профиль начинается западнее оз. Лиси, в 100 метрах от озера, проходит с.Дигоми, Дигомский массив, Мухаттверди и направляется к северу вдоль левого берега р.Арагви.

Геологическое строение профиля содержит: глины, песчаники, конгломераты, плотные песчаники, мергели, туфы, туфо-песчаники, туфо-брекчии, порфириты и магматические метаморфные породы.

Из перечисленных пород большинство характеризуется слабыми магнитными свойствами. Повышенной намагниченностью выделяются вулканогены среднего эоцена: туфы, туфо-известняки, туфо-брекчии и порфириты. Расположение отмеченных пород в геологическом разрезе дается в [1]. По буровым данным, около оз. Лиси они расположены на глубине 2 км с мощностью 1.5 км. В направлении севера мощность пород увеличивается и на расстоянии (10-13) км от начала профиля достигает 2.5 км. К северу породы постепенно погружаются и их мощность уменьшается.

Краткая информация о протонном магнитометре G-856 AX

Протонный магнитометр G-856 AX измеряет абсолютное значение полного составляющего индукции магнитного поля Земли (Т) в единицах пТ. Его чувствительность составляет 0.1 пТ, что позволяет его применение для поиска-картирования слабо намагниченных, в том числе археологических, предметов.

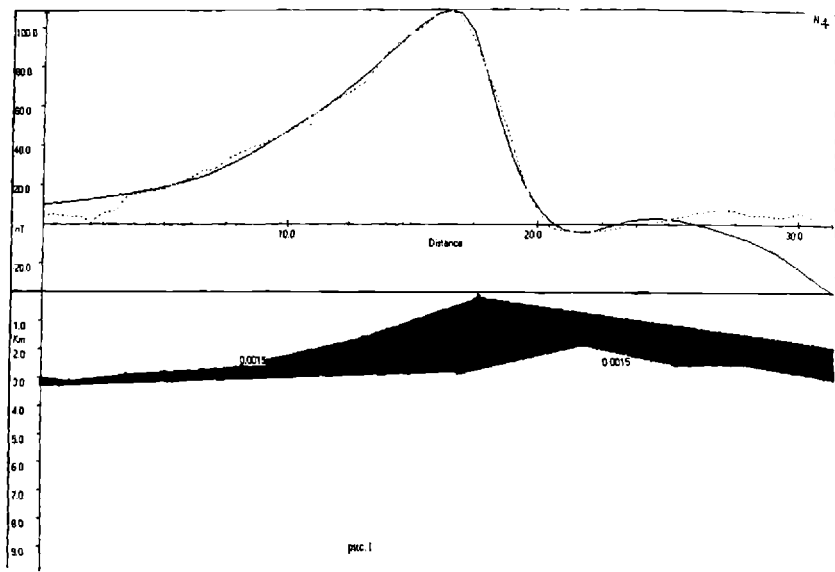
Магнитометр применяется как для полевых измерений, так и может быть использован, как «Базовая Станция», для регистрации вариаций полного составляющего магнитного поля Земли.

Магнитометр G-856 AX обеспечен программой Geometrics MagMap2000, которая обеспечивает анализ и обработку измеренных полевых данных. С ее помощью возможна быстрая перезагрузка данных из магнитометра в персональный компьютер. Вследствие на дисплее компьютера отображается сетка данных, что позволяет провести более качественный анализ измеренных данных. Программа обеспечивает фильтрацию данных. С ее помощью можно построить графики данных, двухразмерные контурные карты и трехразмерные карты поверхностей. Программа позволяет экспортирование данных в Surfer и Geosoft для дальнейшего усовершенствования и анализа карт.

Магнитное поле профиля Лиси-Чопорты и его геологическая интерпретация

Вдоль профиля магнитное поле значительно меняется. Четко выделяется магнитная аномалия, с максимальным значением 110 пТ, которая достигается на (7-8) км от начала профиля, между с.Мухаттверди и кладбищем аналогичного названия; в этом же пункте, по сейсмическим данным, отмечается возросшая мощность пород среднего эоцена.

Для установления источника аномалии магнитного поля было проведено компьютерное моделирование. Моделирование проводилось программой Купера Mag2dc, которая для вычисления аномалии использует алгоритм Талвани [2]. При моделировании был использован



фиксированный параметр $k_{\phi}=0.0015$ см.г.с. Для геологических объектов различной формы были решены прямые задачи магнитометрии и, в результате, была подобрана геологическая структура (рис.1) антиклинальной формы, магнитное поле которого достаточно хорошо совпадает с заданным наблюдаемым полем.

Заключение

1. Как показало компьютерное моделирование, источник магнитного поля имеет форму антиклина. Южное его крыло погружено на глубину 2 км, центр купола выходит на дневную поверхность, а северное крыло постепенно погружается. На крыльях мощность антиклина изменяется в пределах (1-2) км, а в центре купола составляет (2-2.5) км. По нашим соображениям антиклин построен вулканогеническими породами среднего эоцена.

2. Исследование показало, что протонным магнитометром G-856 AX, эффективно фиксируется построенный породами среднего эоцена антиклин, что очень важно в том аспекте, что почти все нефтяные месторождения в окрестности Тбилиси, связаны с антиклинами пород среднего эоцена.

Литература

1. Гамкрелидзе Н.Р, Челидзе Т.Л. и др. Глубинное геологическое строение профиля Лиси-Душети по данным комплексных геофизических исследований. Труды Ин-та геофизики им. М.З.Нодиа. 2008. Т.60. С.68-72.

2. Cooper G.R.J. Soft-mag-Cooper for Microsoft Windows, file Mag2dc.exe. School of Geosciences University of the Witwatersrand. Johannesburg. South Africa. 1993- 2003.

**ლისი-ჭოპორტი პროფილის ბაზოკვლევა G-856AX პროტონული
მაგნიტომეტრით**

გოგუა რ., ქირია ჯ., მინდელი პ., გვანცელაძე თ.

რეზიუმე

სტატიაში გამოკვლეულია ლისი-ჭოპორტი პროფილის მაგნიტური კვდი თანამდროვე, მაღალი სიზუსტის პროტონული მაგნიტომეტრით G-856AX.

დადგენილია, რომ ანომალური მაგნიტური ველის წყაროს აქვს ანტიკლინის ფორმა, ხოლო მისი დამაგნიტება შეესაბამება შუა ეოცენის ვულკანოგენურ ქანებს.

**ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОФИЛЯ ЛИСИ-ЧОПОРТЫ ПРОТОННЫМ
МАГНИТОМЕТРОМ G-856 AX**

Гогуа Р.А., Кириа Д.К., Миндели П.Ш., Гванцеладзе Т.А.

Реферат

В статье исследовано магнитное поле профиля Лиси-Чопорты современным протонным магнитометром (G-856AX) высокой точности.

Установлено, что источник аномального магнитного поля имеет антиклинальную форму, а его намагниченность соответствует вулканогеническим породам среднего эоцена.

RESEARCHR PROFILE LISI-CHOPORTY PROTON MAGNETOMETER G-856 AX

Gogua R., Kiria D., Mindeli P., Gvantseladze T.

Abstract

In the paper we have investigated the magnetic field profile Lisi-Choporty by modern magnetometer (G-856 AX) high accuracy.

We have established that the source of the anomalous magnetic field has anticlinal form, and its magnetization corresponds volcanic Middle Eocene rocks.

ЦИТЕЛИЦКАРОЙСКАЯ МАГНИТНАЯ АНОМАЛИЯ И ЕЕ ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ИНТЕРПРЕТАЦИЯ НА ОСНОВЕ НОВЫХ ГЕОЛОГО-ГЕОМАГНИТНЫХ ДАННЫХ

Гогуа Р.А., Гванцеладзе Т.А., Чиковани Дж.С.

Институт геофизики им. М. З. Нодиа, 0193. Тбилиси, ул. М. Алексидзе, 1

Введение

На территории Грузии все месторождения промышленного значения (Тарибани-Шираки, Ниноцминда-Манави-Норио, Супса-Кулеви) расположены в периферийных частях значительных магнитных аномалий (Цителицкаройской, Гомборской, Гурийской).

Исходя из этого факта, большое научное и практическое значение приобретает исследование природы и геологической истории возникновения таких аномалий.

История исследования аномалии

Цителицкаройская магнитная аномалия была обнаружена в конце сорокового года прошлого века А.Королем [1]. Он высказал соображение, что аномалия вызвана породами порфиритовой серни байосса, намагнитченность которых порядка $(1000-1500) \cdot 10^{-6}$ см·г·с.

Авторы статьи [2] считают, что источником Цителицкаройской магнитной аномалии является интрузивное тело основного состава, погруженное на глубину 6-7 км от поверхности Земли. Автор статьи [3] также считает, что аномалия вызвана интрузивным телом, расположенным на глубине 16-17 км.

В диссертационной работе [4] высказано мнение, что аномалия вызвана породами порфиритовой серни байосса или эффузивами верхнего мела.

На основе материалов аэромагнитной съемки авторы [5] считают, что магнитная аномалия вызвана интрузивом основного состава, но ничего не говорят о глубине залегания геологического тела и его намагнитченности.

На основе данных аэромагнитной съемки конца 80-ых годов прошлого века, автор [6] пришел к выводу, что источником северной части аномалии являются породы порфиритовой серни байосса и их интрузивные корни, намагнитченность которых должна быть порядка $(1000-2000) \cdot 10^{-6}$ см·г·с. Южная часть аномалии обусловлена меловым вулканизмом андезит-базальт-дацитового состава, глубина залегания которой (8-10) км, а намагнитченность $(1000-3000) \cdot 10^{-6}$ см·г·с.

Геология исследуемого региона и история его тектонического развития

В районе распространения магнитной аномалии (особенно в области его максимальных значений) на дневную поверхность выступают известняки верхнеюрского возраста, там же, в т.н. «Орлиной Балке» зафиксированы породы, которые сильно похожи на породы порфиритовой серни. Их мощность (20-25) м.

По данным скважины Хирса (1986-87) г, на северном крыле магнитной аномалии территория построена известняками верхней юры, а под ней с 3.8 км начинается порфиритовая серия байосса. Бурение приостановлено на глубине 5.2 км, не выходя из этих пород.

По геологическим исследованиям, в периоде средней юры, также, как в целом на Кавказе, в границах низменностей Восточной Грузии, наблюдаются возрастания вулканической активности в виде сильных подводных извержений. Интенсивные извержения особенно сильны в периферийных частях Грузинского щита, где в средней юре наслаивается морской вулканогенический пласт

В 2001 г. в эпицентре Цителицкаройской аэромагнитной аномалии, на профиле субмеридионального направления протонным магнитометром ММП-203 проведены исследования магнитного поля с шагом 100 м. Профиль (рис.1) начинается на юге около р.Иури (около водохранилища горы Дали), проходит Тарибанский участок поблизости г.Дедоплисцкаро (с восточной стороны), буровую скважину Хирса, р. Алазани и заканчивается на территории Азербайджана.

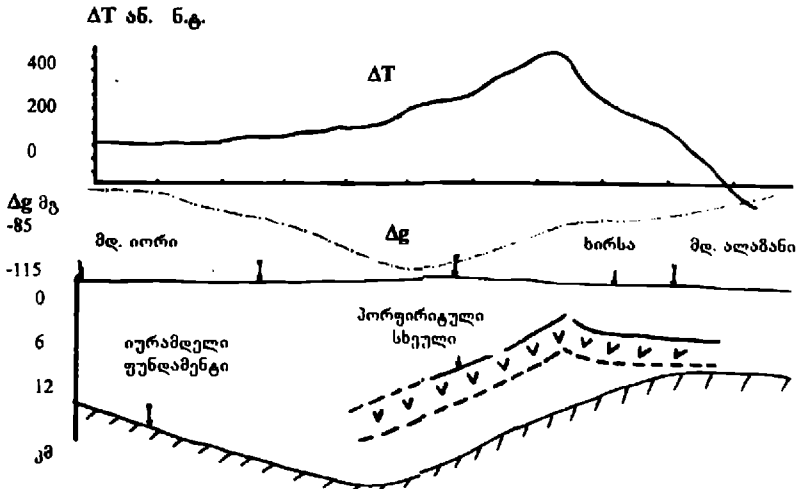


Рис. 1

В районе распространения Цителицкаройской магнитной аномалии магнетизм горных пород не исследован. Исходя из этого, для достоверной интерпретации аномалии было необходимо найти магнитные параметры (магнитную восприимчивость α и остаточную намагниченность I_n) магматических пород вблизи исследуемой территории. Такая территория оказалась в полосе Икоти-Араниси, где на дневную поверхность выходят породы порфириновой серии байосса. Их магнитная восприимчивость высока и меняется в пределах $(4000-12000) \cdot 10^{-6}$ см³·г⁻¹ [11].

По данным Б.Асанидзе [10], изучавшим породы вулканической серии байосса в зоне Гагра-Джава и в Окрибском поднятии значения таковы: магнитная восприимчивость $\alpha = (1000-6800) \cdot 10^{-6}$ см³·г⁻¹, остаточная намагниченность $I_n = (3800-14000) \cdot 10^{-6}$ см³·г⁻¹, параметр $Q = 4.1-7.1$.

Породы порфириновой серии байосса характеризуются также высокими значениями параметров α и I_n на территории Азербайджана, где буровая скважина Саатли в интервале глубин (3.5-6.1) км

пересекла вышеотмеченные породы. Их магнитная восприимчивость составляет в среднем $5000 \cdot 10^6$ см·г·с [13].

Магнитные параметры интрузивных пород на территории Грузии таковы: магнитная восприимчивость $\chi=(100-6700) \cdot 10^6$ см·г·с, а остаточная намагниченность $I_n=(100-10000) \cdot 10^6$ см·г·с, параметр $Q=1.4-6.7$ [14,15].

Особенно надо отметить, что при определении эффективной намагниченности пород принимают во внимание тот факт, что остаточная намагниченность имеет как прямое, так и обратное направление.

Геологическая интерпретация Цителцкарской магнитной аномалии

Как видно из рис.1, график аномального магнитного поля асимметричен, что говорит о том, что геологическое тело, вызвавшее аномалию, наклонено с севера на юг.

Интерпретацию магнитного поля проводили как для тонкого, так и для мощного пластов как аналитическим и графическим, так и компьютерным моделированием [16]. Для моделирования исследуемого региона мы использовали программу Купера Mag2dc.exe, которая для вычисления магнитной аномалии тел с размерностью 2.5 использует алгоритм Талванн [17]. Программа дает возможность интерпретатору непосредственно участвовать в процессе моделирования, так как программа работает в полноэкранном режиме и интерпретатору дается возможность менять параметры тела (вертикальное и горизонтальное положение, глубину залегания, магнитную восприимчивость, наклонение, склонение) и следя за результатами, которые отображаются на дисплее, вносить необходимые коррективы. Последовательным решением прямой и обратной задач магнитометрии интерпретатору дается возможность как можно лучше приблизить вычисленную кривую магнитной аномалии к наблюдаемой кривой. Минимизацию разности между вычисленной и наблюдаемой аномальными кривыми программа осуществляет с помощью метода наименьших квадратов. На дисплее можно отображать как магнитный эффект отдельных тел (график магнитного аномального поля, созданный индивидуальным телом), так и суммарный магнитный эффект всей модели. Есть возможность отобразить на дисплее график разности между вычисленной и наблюдаемой кривыми магнитной аномалии и в случае необходимости внести коррективы в модель. Программа также дает возможность контроля модели путем внесения в нее данных скважин.

При интерпретации фиксированными параметрами были: магнитная восприимчивость $\chi=5000 \cdot 10^6$ см·г·с, остаточная намагниченность $I_n=7500 \cdot 10^6$ см·г·с, эффективная намагниченность $I_{\phi}=0.01$ см·г·с.

При вычислении I_{ϕ} учитывался тот факт, что в нижнем и среднем юрском периоде магнитное поле Земли, в основном, имело прямое направление [18].

В первом варианте для моделирования мы выбрали мощное геологическое тело вертикального распространения. Для выбранной модели была решена прямая задача магнитометрии. Моделирование показало, что вычисленное поле значительно отличалось от наблюдаемого поля (рис.2).

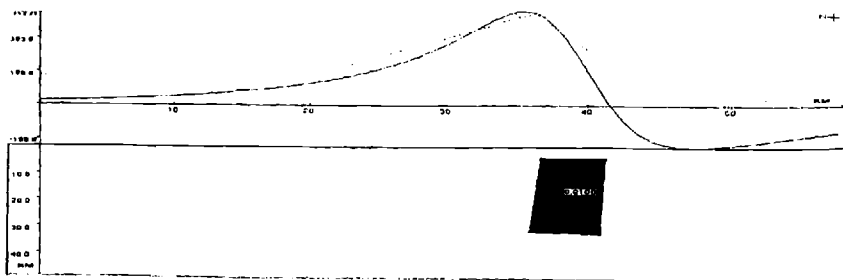


Рис. 2

Во втором варианте компьютерного моделирования, геологическое тело мощностью (2.5-3) км (максимальная мощность порфиритовой серии пород на территории Грузии) было наклонено с севера на юг. Были учтены также данные скважины Хирса. Этот вариант моделирования дал хорошее совпадение вычисленного поля с наблюдаемым полем (рис.3).

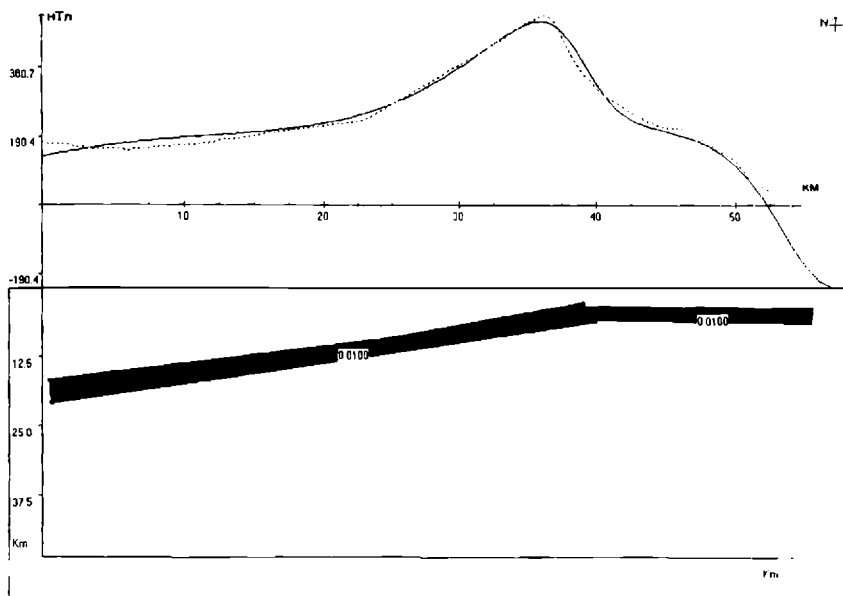


Рис. 3

Таким образом, для установления природы Цителицкарской магнитной аномалии следует рассмотреть следующие аргументы:

1. В среднеюрском периоде, в регионе исследования интрузивный магматизм не имел места;
2. В случае мощного вертикально расположенного интрузивного тела основного состава гравитационная аномалия была бы положительной, так как плотность пород такого интрузива значительно больше, чем плотность вмещающих пород распространенных в этом регионе. Реально на месте мы наблюдаем отрицательную гравитационную аномалию;
3. По данным скважины Хирса в интервале глубин (3.8-5.2) зафиксированы породы порфиритовой серии байосса. Скважина пробурена на северном крыле аномалии;
4. Намагниченность пород порфиритовой серии байосса и интрузивов одного порядка;
5. Компьютерное моделирование явно показало, что геологическое тело, вызвавшее магнитную аномалию, наклонено с севера на юг, имеет намагниченность порядка 0.01 см·г·с, а минимальная глубина залегания от поверхности Земли составляет (3-4) км.

Заключение

Таким образом, магнитное поле и магнетизм пород порфиритовой серии байосса, данные скважины Хирса, отрицательная гравитационная аномалия, результаты компьютерного моделирования дают нам право утверждать, что источником Цителицкарской магнитной аномалии является геологическое тело, построенное породами порфиритовой серии байосса. Геологическое тело имеет мощность (2.5-3) км, намагниченность 0.01 см·г·с. Глубина залегания в эпицентре аномалии составляет (3-4) км, а к югу тело погружается значительно глубже.

Аналогично геологическим взглядам об истории геотектонического развития территории Восточной Грузии, геомагнитные данные дают нам право высказать наше соображение о геологической истории возникновения магнитной аномалии.

В байосском периоде в результате мощного подводного эффузивного вулканизма возникло горизонтально расположенное геологическое тело (рис. 4а). В конце байосса, когда вулканическая деятельность прекратилась, началось усиление тенденции поднятия, этому процессу способствовало движение земной коры с юга на север. В результате, геологическое тело расколосось на две части. Северная часть тела осталась на месте, а южная часть опрокинулась (рис.4б). В результате возникли: шовное поднятие, разлом и магнитная аномалия.

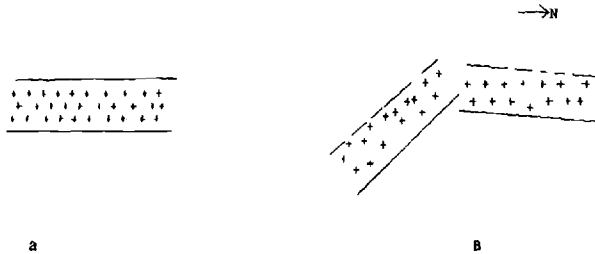


Рис.4

Наше заключение о природе источника магнитной аномалии и геологической истории его возникновения, хорошо согласуется с мобилистской теорией тектонического развития региона.

Литература

1. Король А. Отчет «О работе Южно-Кавказской магнитометрической партии № 4\48 в 1948 г.» Тбилиси. 1949.
2. Иоселнани М.С., Махарадзе Р.К. Строение осадочного комплекса и кристаллического фундамента территории Грузии по геофизическим данным. Тбилиси, «Мецниереба». 1969 .
3. Матушкин Б.А. О природе региональных магнитных аномалий (на примере Кавказа и Средней Азии). Изв. АН СССР. Физика Земли 1969. №6.
4. Сехинандзе Г.А. Магнитное поле Грузии и его геологическая интерпретация, Автореф. дис. на соискание ученой степени канд.геол.-мин.наук. Тбилиси. 1976 .
5. Никитина Н.С., Алексеев В.М. и др. Отчет «О результатах аэромагнитной съемки М-ба 1:25 000, выполненной на территории Восточной Грузии в 1981-82 гг.». Ленинград, 1983 .
6. Гамкрелидзе Н.П. Глубинное геологическое строение и магматизм территории Грузии по данным геофизических исследований. ФГУ. 1988. Т. I,II.
7. Буленшвили Д.А. Геология и нефтегазоносность межгорной впадины Восточной Грузии. Москва.1960 .
8. Кирилова И.В., Люстрых Е.Н., Растворова В.А., Сорский А.А., Хани В.Е. Анализ геотектонического развития и сейсмичности Кавказа. Москва, из-во АН СССР. 1960 .
9. Хани В.Е., Шарданов А.Н. Геологическая история и строение Куринской впадины. Баку. 1952 .
10. Асанидзе Б.З., Печерский Д.М., Адамия Ш.А. Результаты палеомагнитных исследований палеозойских пород Кавказа Изв. АН СССР. Физика Земли. 1980. №9.
11. გოგუა რ., ჩიქოვანი ჯ. მალალი სიზუსტის ძიების მაგნიტური მეთოდის შესაძლებლობების გამოკვლევა თბილისისპირეთის (მარტყოფი-საგარეჯო) ტერიტორიაზე. საქართველოს ჩვეთობი და გაზი. 2004. №9. გვ. 40-46.
12. Шолпо Л.Е., Сологашвили Дж., и др. Палеомагнетизм горных пород Грузии. Изд-во ТГУ. 1988.
13. Метакса Х.П. Методика и результаты интерпретации материалов магниторазведки

- при изучении мезозойского этажа среднекуринской впадины. Автореф. канд. дис.. Тбилиси. 1979 .
14. Табагуа Г.Г., Гогуа Р.А. «Опытно-методические работы по разработке и применению электрических и магнитных методов на рудных месторождениях Грузии». Тбилиси. 1982 .
15. Бродская С.Ю., Гогуа Р.А. Об условиях формирования интрузивов Аджарии по петромагнитным данным. Физика Земли. 1988. №4.
16. Логачев А.А., Захаров В.П. Магниторазведка. Ленинград, «Недра». 1979 .
17. Cooper G.R.J. Soft-mag-Cooper, for Microsoft Windows, file Mag2dc.exe. School of Geosciences University of the Witwatersrand, Johannesburg, South Africa. 1993-2003.
18. Паркинсон У. Введение в геомагнетизм . Москва, «Мир». 1986 .

წითელწყაროს მაგნიტური ანომალია და მისი გეოლოგიური ინტერპრეტაცია ახალი გეომაგნიტური და გეოლოგიური მონაცემებით.

გოგუა რ., გვანცელაძე თ., ჩიკოვანი ჯ.

რეზიუმე

ახალი გეომაგნიტური და გეოლოგიური ინფორმაციების საყუძველზე დადგენილია, რომ წითელწყაროს მაგნიტური ანომალიის წყაროა ბაიოსის პორფირიტული წყების ქანები. ამასთან ერთად, გამოთქმულია მოსაზრება საკვლევი რეგიონის გეოტექტონიკური განვითარების და მაგნიტური ანომალიის წარმოშობის გეოლოგიური ისტორიის შესახებ.

ЦИТЕЛЦКАРОЙСКАЯ МАГНИТНАЯ АНОМАЛИЯ И ЕЕ ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ИНТЕРПРЕТАЦИЯ НА ОСНОВЕ НОВЫХ ГЕОМАГНИТНЫХ И ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ДАННЫХ

Гогуа Р. А., Гванцеладзе Т. А., Чиковани Дж. С.

Реферат

На основе новых геомагнитных и геологических данных установлено, что породы порфиритовой свиты байоса являются источником Цителцкаройской магнитной аномалии.

Высказано, также, соображение о геотектоническом развитии исследуемого региона и геологической истории происхождения магнитной аномалии.

TSITELTSKARO'S MAGNETIC ANOMALY AND ITS GEOLOGICAL INTERPRETATION BASED ON NEW GEOLOGICAL AND GEOMAGNETIC DATA

Gogua R., Gvantseladze T., Chikovani J.

Abstract

On the basis of new geomagnetic and geological data it is established that the rocks of the Bayous porphyry series are a source of the Tsiteltskaro magnetic anomalies.

Is expressed, also, consideration about geotectonic development of the investigated region and geological history the origin magnetic anomaly.

КИНЕТИЧЕСКИЙ ЭФФЕКТ СЖИМАЕМОСТИ СОЛНЕЧНОГО ВЕТРА В ЗАСТОЙНОЙ ЗОНЕ ПЕРЕД МАГНИТОСФЕРОЙ ЗЕМЛИ

Кереселидзе З.А.

Институт геофизики им. М.З.Нодиа, 0193, Тбилиси, Алексидзе, 1. www.gqs.org.ge

Наличие магнитного пограничного слоя, который отождествляется с магнитопаузой, является тем фактором, который во многом определяет крупномасштабную ламинарную картину обтекания магнитосферы в целом. Пограничный слой структурирует течение плазмы и дает возможность сделать такие допущения, которые позволяют пользоваться упрощенными уравнениями, справедливыми для отдельных сегментов переходной области. В магнитном пограничном слое также наиболее вероятно, по сравнению с другими частями переходной области, развитие тех кинетических неустойчивостей, которые способствуют возникновению эффекта аномальной электрической проводимости, т.е. увеличению магнитной вязкости солнечного ветра [1]. Одновременно, магнитопауза является защитным экраном магнитосферы, обеспечивающим относительную стабильность ее внутренних структур во время возмущений солнечного ветра и ММП.

В ламинарном приближении переходную область на дневной стороне магнитосферы можно разбить на три структуры: фокальную область, включающую окрестности критической точки (фокуса) магнитосферы, магнитный пограничный слой и периферийную часть, т.е. все остальное пространство переходной области, фланги которой примыкают к полярным каспам. Выделение фокальной области, как отдельной структуры переходной области, имеет газодинамическую основу в теории струй идеальной жидкости. В свое время, в таком приближении, С. Чаплыгиным было получено двумерное решение задачи обтекания плоской пластины конечного размера, на которой критическая точка, т.е. точка сингулярности уравнения движения среды, была заменена застойной зоной. Линейные размеры этого виртуального образования в постановке Чаплыгина являются неизвестными, зависящими от заранее требуемой точности аналитического решения, задаваемого при помощи некоторого свободного параметра, являющегося отношением гидродинамической скорости на границе застойной зоны к скорости течения на бесконечном удалении от пластины.

Построение аналитической модели магнитопаузы, которая будет полностью адекватной реальной картине обтекания магнитосферы из-за непреодолимых математических осложнений, вряд ли представляется возможным. Поэтому, приближенные аналитические решения для магнитного пограничного слоя, несмотря на допущения, сделанные с целью упрощения задачи, все же имеют физическую ценность, хотя бы потому, что позволяют моделировать динамические характеристики магнитопаузы, зависящие от параметров солнечного ветра и ММП. К решениям такого типа относятся, например, аналитические выражения для нестационарной толщины магнитопаузы и распределения магнитного поля в пограничном слое магнитосферы, полученные в рамках клиновидной модели методом последовательных приближений Швеца [2]. Однако, такие решения вряд ли полезны для сравнения с результатами численных экспериментов, популярных в последнее время. Например, в наиболее удачном, с точки зрения информативности результатов, в численном эксперименте [3], в котором использованы данные измерений, проведенных в переходной области, для сравнения с теорией используется известная кинематическая модель Паркера.

В этой модели компоненты скорости идеальной несжимаемой среды линейно зависят от координат [4]. Она также достаточно удобна и для магнитовязкой плазмы. Однако, модель Паркера всегда приводит к сингулярному в критической точке решению уравнения вмороженности магнитного поля. Это уравнение является справедливым только для сжимаемой среды, хотя в [5] получено его частное решение в случае осесимметричного течения, при допущении постоянства плотности из-за слабой сжимаемости плазмы. Математически логичная форма данного решения может показаться случайной, т.к. несжимаемость исключает возможность растяжения силовых линий ММП в случае идеальной электрической проводимости солнечного ветра. Вероятно из-за этого результаты этой работы не подверглись достаточно глубокому анализу. Однако, даже в рамках модели Паркера достаточно просто можно учесть эффект сжимаемости и тем самым получить решение для течения с произвольной структурой. Кроме того, на примере другой кинематической модели будет показано, что в случае осесимметричного обтекания структура течения в фокальной области магнитосферы не зависит от фактора сжимаемости и топологически подобна той структуре, которую дает модель Паркера.

Рассмотрим стационарное уравнение для идеально проводящей плазмы (уравнение вмороженности) для однокомпонентного магнитного поля. Используется прямоугольная система координат с центром в критической точке магнитосферы. Однокомпонентное магнитное поле, аппроксимирующее геомагнитное поле на границе дневной стороны магнитосферы, направлено вдоль оси Z и зависит только от вертикальной координаты X , отсчитываемой в сторону Солнца

$$H_z \frac{\partial V_z}{\partial Z} - V_x \frac{\partial H_z}{\partial X} - H_z \operatorname{div} \vec{V} = 0 \quad (1)$$

Поле скоростей плазмы солнечного ветра вблизи критической точки магнитосферы (фокальная область) задается трехмерной моделью Паркера, модифицированной на случай сжимаемости

$$V_x = -K_1 X, \quad V_y = K_2 Y, \quad V_z = K_3 Z \quad (2)$$

$$\operatorname{div} \vec{V} = -K_1 + K_2 + K_3 = -\theta \quad (3)$$

где K_1, K_2, K_3 , и θ – постоянные.

При помощи (2) и (3) можно получить решение уравнения (1)

$$H_z = H_{0z} \left(\frac{X}{d} \right)^{\frac{K_3 - K_1}{K_1}} \quad (4)$$

где H_{0z} – характерная величина магнитного поля на некотором расстоянии d от границы магнитосферы. Очевидно, что максимум этого параметра равен толщине переходной области, минимумом же можно считать априори заданную толщину магнитопаузы. Однако, последний вариант следует считать физически недостаточно корректным и пригодным лишь для грубых количественных оценок. Исходя из сути магнитного пограничного слоя очевидно, что применительно к магнитопаузе в уравнение (1) необходимо добавить диссипативный член, появляющийся в магнито-вязкой среде.

В отличие от [5], анализ решения (4) будем проводить совместно с выражением для плотности плазмы. Для этого следует воспользоваться уравнением, являющимся следствием уравнения неразрывности в сжимаемой среде

$$K_1 X \frac{d}{dx} \ln \rho = \theta, \quad (5)$$

решением которого является

$$\rho = \rho_0 \left(\frac{x}{d} \right)^{\frac{\theta}{K_1}}, \quad (6)$$

где ρ_0 - плотность плазмы при $x = d$.

Рассмотрим следствия, вытекающие из выражения (6). В случае, если $\theta > 0$ (сток), то при $x \rightarrow 0, \rho \rightarrow 0$, т.е. плотность плазмы вблизи критической точки уменьшается. Это согласуется с численным экспериментом, в котором на границе магнитосферы возник слой разрежения плазмы. В критической точке, к которой стекает плазма, $H_z \rightarrow \infty$. Если же здесь располагается источник ($\theta < 0$), что является физически маловероятным, то $H_z \rightarrow 0, \rho \rightarrow \infty$. В этом случае, из-за расхождения силовых линий вмороженного магнитного поля, ограничивающих центральную магнитную силовую трубку, включающую критическую точку, неизбежным является нарушение инварианта уравнения вмороженности магнитного поля: $\frac{H}{\Delta l \rho} = const$ (Δl изменение поперечного размера магнитной трубки).

Формально, сохранение данного инварианта означает самосогласованность магнитного поля и плотности плазмы вблизи критической точки. Очевидно, что самосогласованность должна тем более существовать в магнитовязкой плазме. В первую очередь, это справедливо для области магнитного пограничного слоя, в котором поперечные изменения магнитного поля из-за стабилизирующего влияния магнитной вязкости должны сглаживаться. Такое предположение является очевидным следствием конечной электрической проводимости солнечного ветра вблизи границы магнитосферы. Поэтому, в этой области следует пользоваться не уравнением вмороженности, но полным уравнением индукции магнитного поля

$$rot[\vec{V} \vec{H}] = -\nu_m \Delta \vec{H}, \quad (7)$$

где $\nu_m = c^2 / 4\pi\sigma$ - магнитная вязкость, σ - электрическая проводимость, c - скорость света.

Для решения уравнения (7) в работе [6] была использована модель скоростей, которая в неявном виде отображает эффект обычной вязкости [7], которая, в некоторой степени, эквивалентна магнитной вязкости

$$V_x = -K_1 X^2, \quad V_y = K_2 XY, \quad V_z = K_3 XZ \quad (8)$$

В этом случае условие $div \vec{v} = (-2K_1 + K_2 + K_3)X$, формально означающее сжимаемость среды, при $X \rightarrow 0$ будет выполняться и в несжимаемой среде. Для произвольного X к такому же результату приводит случай осесимметричного обтекания ($K_1 = K_2 = K_3$) т.е. для осесимметричного течения, независимо от модели скоростей, топологическая картина течения сохранит подобие в случае несжимаемой среды. В таком частном случае, согласно модели (3), $\frac{1}{2} K_1 = K_2 = K_3$. Однако, для модели (8), как это было показано в [6], т.н.

динамические условия возможности движения накладывают определенные ограничения на структуру течения, которое из-за диссипативного эффекта может иметь лишь осесимметричный характер.

В дальнейшем удобно воспользоваться безразмерными величинами, переход к которым можно произвести при помощи замен: $\eta = (K / \nu_m)^{1/2} X$, $H_z(X) \rightarrow H(\eta)$, $K_1 = K_2 = K_3 = K$, после чего уравнение (8) примет вид

$$\frac{d^2H}{d\eta^2} + \eta^2 \frac{dH}{d\eta} + \eta H = 0 \quad (9)$$

Оба граничных условия для данного безразмерного уравнения удобно задать на границе магнитосферы (нижняя граница магнитопаузы)

$$H(0) = H_{0z} = const, \quad \left. \frac{\partial H}{\partial \eta} \right|_{\eta=0} = \left(\frac{K v_m^2}{c^3} \right)^{-1/3} E_{0y} \quad (10)$$

где H_{0z} - характеристическая величина магнитного поля на границе магнитосферы. Второе условие (10) вытекает из комбинации уравнения Максвелла для плотности электрического тока с законом Омма и предполагает, что поверхность магнитосферы отождествлена с бесконечной токовой плоскостью (аналог DCF-тока), на которой интенсивность электрического поля E_{0y} является заданной.

Решение уравнения (9), удовлетворяющее граничным условиям (10), дается в т.н. функциях Куммера (гипергеометрические функции)

$$H = \exp^{-\eta/3} \left[\left(c^3 / K v_m^2 \right)^{1/3} E_{0y} \eta {}_1F_1 \left(\frac{2}{3}, \frac{4}{3}, \frac{\eta^3}{3} \right) + H_{0z} {}_1F_1 \left(\frac{1}{3}, \frac{2}{3}, \frac{\eta^3}{3} \right) \right] \quad (11)$$

Очевидно, что выражение (11) является конечным всюду в области ее определения, т.е. на всей магнитопаузе, включая область критической точки. Отметим, что для модели Паркера (2), которая использовалась для сравнительного анализа результатов теоретического моделирования и численного эксперимента, характер функциональной зависимости, определенный выражением (11), не меняется [3]. Это означает, что модели (2) и (8) дают одинаковую конфигурацию тех линий тока плазмы, которые аппроксимируют фокальную область (застойную зону) перед магнитосферой. Очевидно, что вне диффузионной области ($v_m = 0$), где картина крупномасштабного течения плазмы определяется градиентом газодинамического давления в переходной области, а также силой Ампера, действие которой приводит к асимметрии течения, сохранение топологического сходства является необязательным. Эффект этой силы очевиден в численном эксперименте [3], но на магнитопаузе он может нивелироваться силой вязкости, возникающей вблизи границы магнитосферы. Эта сила неявно присутствует в модели (8), в отличие от модели (2), и отображается в различии размерностей численных постоянных K , входящих в эти модели. В результате, можно считать, что в переходной области плазма является идеально проводящей вплоть до верхней границы магнитопаузы и, при этом, силовые линии вмороженного в солнечный ветер ММП коллинеарны силовым линиям геомагнитного поля. В таком случае представляется естественным сшивание решений (4) и (11) на верхней границе магнитопаузы, после чего расходимость, т.е. $H \rightarrow \infty$, при $x \rightarrow 0$, будет устранена. Кроме прочего, это означает, что теоретическая возможность генерации вблизи границы магнитосферы слоя с повышенным магнитным давлением (магнитный барьер), допускаемая решением (4), будет практически нереальной. Отметим, что в численном эксперименте не возник ни только магнитный барьер, но не проявился также и эффект магнитного динамо, допускаемый условием вмороженности ММП в солнечный ветер.

Действительно ли фокальная область магнитосферы для солнечного ветра является дозвуковой? Насколько это согласуется с предположением, что данная область пространства перед магнитосферой может быть наиболее вероятным местом генерации кинетических неустойчивостей, вызывающих развитие эффекта аномального сопротивления вблизи границы магнитосферы? Для ответа на эти вопросы может оказаться полезным аппроксимация фокальной области застойной зоной, а также модельное выражение для плотности (6). Очевидно, что в фокальной области солнечный ветер может подвергаться

сильной сжимаемости, т.е. здесь скорость звука может существенно уменьшаться, по сравнению с другими частями переходной области. Но в застойной зоне также должна уменьшаться и гидродинамическая скорость, что позволяет считать характер течения вблизи критической точки магнитосферы дозвуковым. Для ответа на второй вопрос воспользуемся допущением о малости тепловой скорости протонов солнечного ветра по сравнению с электронной скоростью. Кроме того, примем во внимание, что все же происходит направленное движение плазмы к критической точке магнитосферы, но с очень маленькими скоростями, предельное значение которых определяется заранее задаваемой точностью приближения застойной зоны. При этом, наличествует ММП, силовые линии которого параллельны (либо антипараллельны) граничным силовым линиям геомагнитного поля. Т.к., согласно (6), должен существовать градиент плотности плазмы в перпендикулярном к магнитному полю направлении, будет происходить также и электромагнитный дрейф электронов. Следовательно, возникнет электрическое поле на поверхности магнитосферы, вызывающее обратное движение электронов в перпендикулярном по отношению к градиенту плотности и магнитному полю направлении. Таким образом, если допустить выполнение физически вполне оправданного для солнечного ветра неравенства

$$(T_i / M)^{\frac{1}{2}} \ll \omega / K_y \ll (T_e / m)^{\frac{1}{2}}, \quad (12)$$

где T_i , T_e - температура протонов и электронов, M , m - их масса будут выполняться все условия, необходимые для генерации дрейфовых волн. Для фазовой скорости этих волн существует следующее выражение [8]

$$V_d = -\frac{cT_e}{eH_z} \frac{d \ln \rho}{dx}, \quad (13)$$

где, наряду с уже определенными величинами, e - элементарный заряд.

Если воспользоваться выражением (6), из формулы (13) будем иметь

$$V_d = -\frac{\partial T_e}{eH_z X K_1} \quad (14)$$

Эта величина, т.е. относительная скорость движения между компонентами плазмы, является одной из параметров, определяющих критерии возбуждения плазменных неустойчивостей, в том числе ионно-звуковой и ионно-циклотронной. Именно через эти неустойчивости является наиболее вероятным развитие эффекта аномального сопротивления в плазме, которому содействует также температурная анизотропия между протонной и электронной компонентами [9]

$$v_m = 10^{-2} c^2 (\omega_{pe})^{-1} (mT_e / MT_p)^{\frac{1}{2}} \left(\frac{V_d}{C_s} \right), \quad (15)$$

где ω_{pe} - плазменная электронная частота, C_s - скорость звука.

Из (14) можно определить характерный диапазон изменения величины скорости электромагнитного дрейфа в фокальной области. Для этого, наряду с характерной величиной электронной температуры, магнитного поля и параметра $\frac{\theta}{K_1}$, также необходимо знать пределы изменения координаты X , меняющейся от параметра d до толщины магнитопаузы. Характер изменения плотности определяет также и интервал изменения волнового числа k_y .

Следовательно, во избежание бесконечного возрастания дрейфовой скорости $V_d = \frac{\omega}{k_y}$, т.е.

частоты электромагнитных волн ω , можно оговориться, что плотность плазмы меняется лишь до границы магнитного пограничного слоя, характерная толщина которого (при характерной величине магнитной вязкости $\nu_m = 10^{12} \text{ см}^2 \text{ с}^{-1}$) $\delta \approx 2 \cdot 10^7 \text{ см}$.

Верхний предел изменения плотности определяет параметр d , который можно отождествить с высотой застойной зоны. Максимальная величина последней, соответствующей наиболее грубому приближению, равна толщине переходной области в ее центральной части [2]. Вместе с требованием повышения точности высота застойной зоны будет уменьшаться. Например, если считать, что на границе застойной зоны гидродинамическая скорость течения должна быть равна $V_1 = 0,01V_0$, где V_0 характерная скорость солнечного ветра до взаимодействия с магнитосферой, то высота застойной зоны будет более чем на порядок превосходить толщину магнитопаузы [11]. Численную оценку величины скорости дрейфа в случае осесимметричного течения при достаточно сильной сжимаемости, когда параметр $\frac{\theta}{K_1} = \frac{1}{2}$, проведем именно с такой точностью, которой соответствует $d = [6 \cdot 10^8 - 2 \cdot 10^7] \text{ см}$. Воспользуемся также следующими характерными величинами электронной температуры и интенсивности ММП: $T_e = 5 \cdot 10^5 \text{ К}^0$, $H_z = 10^{-4} \text{ Гс}$ [2]. В результате получим интервал значений $V_d = [4 \cdot 10^4 - 12 \cdot 10^5] \text{ см с}^{-1}$. Таким образом, фазовая скорость дрейфовых волн в застойной зоне меняется в достаточно широком интервале значений и может превосходить гидродинамическую скорость на границе застойной зоны $V_1 = 4 \cdot 10^5 \text{ см с}^{-1}$.

Литература

1. Липеровский В.А., Пудовкин М.И. Аномальное сопротивление и двойные слои в магнитосферной плазме. Москва, Наука. 1983. 180 с.
2. З.А. Кереселидзе. МГД эффекты конечной электрической проводимости солнечного ветра вблизи магнитосферы Земли. ТГУ. 1986. 122 с.
3. J.C. Dorelli, M. Hesse, M.M. Kuznetsova, L. Rastatter. A new look at driven magnetic reconnection at the terrestrial subsolar magnetopause. Journal of Geophysical Reserch. 2004. Vol. 109. A12216, doi:10.1029/2004JA010458/
4. Parker E.N. Comments on the reconnection rate of magnetic fields. J. Plasma Phys. 1973. Vol.9. Part1. PP.49-63.
5. Пудовкин М.И. Формирование и характеристики магнитного барьера перед дневной магнитопаузой. Геомагнетизм и аэронавтика. 1987. Т.276, №1. С.18-21.
6. Khantadze A.G., Kereselidze Z.A. The problem of the MHD flow near stagnation point of the current sheet. Proc. of the Varena-Abastumani Int. school on "PLASMA ASTROPHYSICS". Sukhumi. 1986. (ESA SP-251-ISSN 0379-6566). PP.151-154.
7. Sonnerup B.U.O., Priest E.R. Resistive MHD stagnation-point flows at a current sheet. J. Plasma Phys. 1975. Vol.14. Part 2. PP.283-294.
8. Смирнов Б.М. Физика слабо-ионизированного газа. Москва, Наука. 1985. 423 с.
9. Sagdeev R.Z. The 1976 Openheimer lecture: Critical problems in plasma astrophysics; I. Turbulence and nonlinear waves. Rev. of Modern Phys. 1976. Vol.51. PP.1-9.
10. Aburjania G.D., Kereselidze Z.A., Khantadze A.G., M.S. Chkhitunidze. Large-scale LF electromagnetic waves in the Earth's magnetosheath. Geomagnetizm and Aeronomy. 2007. Vol. 47. №5. PP. 584-590.

მზის ქარის კუმშვადობის კინეტიკური ეფექტი დედამიწის მაგნიტოსფეროს წინამდებარე სტაგნაციის ზონაში

კერესელიძე ზ.

რეზიუმე

სიმქარეთა ველის პარკერის კინემატიკური მოდელის მოდიფიკაციის გამოყენებით, მიღებულია მაგნიტური ველის ინდუქციის განტოლების ანალიზური ამონახსნი კუმშვადი მზის ქარის იდეალური და სასრული ელექტრული გამტარებლობის შემთხვევაში. ნაჩვენებია, რომ ღერძულად სიმეტრიული ლამინარული დინების შემთხვევაში კუმშვადობის ეფექტი გავლენას არ ახდენს მდგარი ზონის კონფიგურაციაზე. მოდელის ფარგლებში შეფასებულია მზის ქარის პლაზმაში კინეტიკური არამდგრადობების განვითარების შესაძლებლობა მაგნიტოსფეროს წინამდებარე სტაგნაციის ზონაში ელექტრომაგნიტური დრეივის სიმქარის სიდიდის კრიტიკულ მნიშვნელობამდე გაზრდის გამო.

КИНЕТИЧЕСКИЙ ЭФФЕКТ СЖИМАЕМОСТИ СОЛНЕЧНОГО ВЕТРА В ЗАСТОЙНОЙ ЗОНЕ ПЕРЕД МАГНИТОСФЕРОЙ ЗЕМЛИ

Кереселидзе З.А.

Реферат

При помощи модификации кинематической модели Паркера получено аналитическое решение уравнения магнитной индукции в случаях идеальной и конечной электрической проводимости сжимаемого солнечного ветра. Показано, что в случае осесимметричного ламинарного течения эффект сжимаемости не влияет на конфигурацию застойной зоны. В рамках модели проведена оценка развития кинетических неустойчивостей в плазме солнечного ветра, из-за возрастания скорости электромагнитного дрейфа до критической величины в застойной зоне перед магнитосферой.

KINETIC EFFECT OF THE SOLAR WIND COMPRESSIBILITY IN STAGNATION ZONE IN FRONT OF THE EARTH MAGNETOSPHERE

Kereselidze Z.

Abstract

Using a modification of the velocity field kinematic model by Parker, an analytical solution to the magnetic field induction equation has been received for the cases of ideal and finite electric conductivity of the compressive solar wind. It has been revealed that in case of axially symmetric laminar stream the compressibility effect does not influence the configuration of stagnation zone. A possibility of development of kinetic instabilities in the solar wind plasma has been estimated under the model framework due to a critical increase of electromagnetic drift velocity value in the front stagnation zone of the magnetosphere.

МОДЕЛЬ ЛОКАЛЬНОЙ ГЕОМАГНИТНОЙ АНОМАЛИИ ЦКАЛЦМИНДА-УРЕКИ

Кереселидзе З.А., Одилавадзе Д. Т., Геладзе Г.Г., Садрадзе Н.Г., Тваური Г.А.

Институт геофизики им. М.З. Нодиа, 0193, Тбилиси, ул. М. Алексидзе 1, - www.ggs.org.ge

Введение. На рис.1 дана структурная картина центра локальной геомагнитной аномалии курорта Цкалцминда-Уреки ($N = 42^{\circ}00'536''$, $E = 41^{\circ}45'451''$), находящегося на территории т.н. «Имедис калаки». Интерес к изучению этого места, кроме чисто геофизических причин, обусловлен также и тем, что аномалии магнитного поля, подобные обсуждаемой, возможно положительно влияют на здоровье человека. В этом месте фиксируются значительные градиенты геомагнитного поля, имеющие порядок 100 нТ/10м и более. Здесь главным (нормальным) значением можно считать 48800 нТ, величину геомагнитного поля в реперной точке в геомагнитной обсерватории Душети ($N = 42^{\circ}05'41''$, $E = 44^{\circ}42'11''$). Структурная картина, очевидно, указывает на нерегулярный характер вызывающего аномалию магнитного тела. Однако, несмотря на наличие значительной количественной информации, накопленной в результате экспедиции Института геофизики в 2000-2007 гг, пока что представляется сложной полновесная интерпретация обсуждаемой геомагнитной аномалии. Отметим, что электрометрическая разведка, проведенная в 2006-2007 гг. также не дала такого материала, который вместе с геомагнитными измерениями позволит уверенно судить о глубинной в результате экспедиции структуре аномалии. Тем не менее, на основе имеющихся данных с достаточной степенью вероятности можно предположить, что электромагнитная структура центра аномалии может соответствовать такой глубинной картине местности, в которой присутствуют хаотически разбросанные магнитные тела малых размеров, находящиеся под достаточно мощным слоем песчаных отложений. Согласно [1], эти тела могут ассоциироваться с фигурами регулярной формы, например, с магнитными сферами или стержнями, различный наклон которых может быть причиной чередования знака градиента аномалии геомагнитного поля. Отметим, что теоретически также существует еще один, почти фантастический вариант генезиса обсуждаемой геомагнитной аномалии, являющейся следствием нахождения под слоем пласта песка магнитного мультиполя. Такое представление объясняет причину знакопеременного характера градиентов геомагнитного поля, но сам факт генезиса мультиполя на территории, площадь которой составляет несколько десятков гектаров, представляется нереальным. Например, мультипольную структуру имеет магнитное поле Марса, однако её пространственные масштабы огромны, по сравнению с масштабами «Имедис калаки». Кроме того, в связи с этим местом, возникает вопрос: имеют ли в этом случае общую основу магнитная и электрическая аномалии, что вовсе не обязательно? Ведь, если обсуждаемая аномалия вызвана теллурическими токами, которые должны иметь более или менее схожие линейные масштабы и электромагнитные характеристики на всем отрезке Черноморского побережья Грузии, то всюду должны фиксироваться аномалии, подобные аномалии Цкалцминда-Уреки. Таким образом, естественно предположить, что на территории «Имедис калаки» магнитная и электрическая аномалии могут быть вызваны какими-либо локальными геологическими причинами.

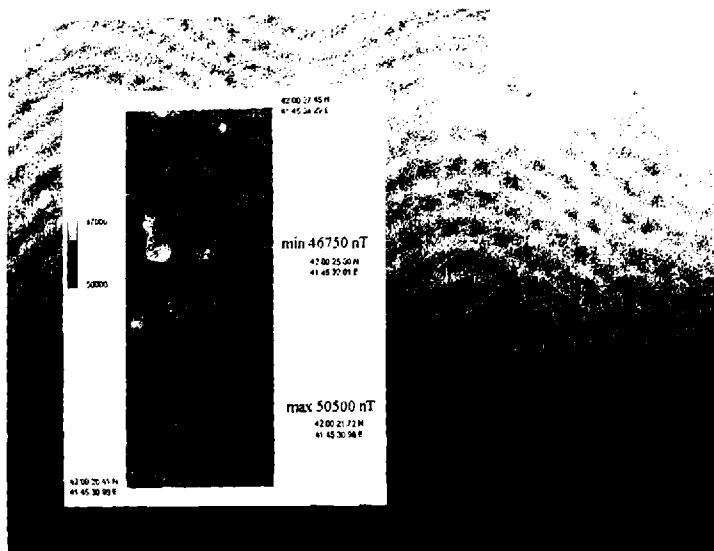


рис.1

Геологическая характеристика. В позднем плейстоцене (ранее 18-17 тысяч лет), на главной стадии последнего периода оледенения, уровень Черного моря менялся в пределах -100-110 м. от современной отметки. Во время максимальной регрессии прибрежная полоса Черного моря находилась на 2.5-3.5 км. западнее современного берега и ее рельеф характеризовался значительной крутизной. Затем, на начальной стадии трансгрессии моря ее ранний берег полностью оказался под водой. Например, в среднем голоцене береговая линия проходила на 7-8 км. восточнее современной, т.к. уровень моря повысился до отметки +4.5 – +5 м. Впоследствии наблюдаются изменения уровня моря с относительно малыми амплитудами (промежуточная регрессия, трансгрессионная фаза нового Черного моря, фанагорическая регрессия). Наконец, после окончания нимфовой регрессии, происшедшей 1100-1200 лет тому назад, береговая полоса моря приняла современный вид. В этот процесс существенную роль сыграли впадающие в море реки, т.к. современные наслоения вдоль береговой линии, в основном, сформированы за счет терригенных материалов, мобилизованных ими. В грузинском секторе побережья наиболее эффективны системы двух крупных рек: Чорохи (юг) и Риони (север). В частности, в районе Уреки-Цкалцинда действует подсистема рек Супса и Натанеби, которая занимает промежуточное место в вышеуказанной системе и характеризуется определенными собственными признаками. Риони выносит основную массу песков, Чорохи снабжает побережье позднпротерозойским, палеозойским и мезозойским материалами, которым построены анатолийский горный массив и складчатая полоса Аджара-Триалети.

Маленькие реки, Супса и Натанеби, питающие побережье Уреки-Цкалцинда, также приносят базальты, трахибазальты, андезиты, диабазы, трахиты и туфы, т.е. палеогенные вулканогены и вулканогенно-осадочные материалы. В бассейнах этих рек в относительно спокойных условиях происходит глубокая сепарация этих материалов по удельному весу. При этом, в первую очередь, выносятся минералы легкой фракции, сопровождаемой концентрацией минералов тяжелой фракции, мобилизация которых в прибрежной полосе происходит вследствие сезонного возрастания энергии рек. В тонкозернистом песке

присутствует около 72-97. %-ов тяжелой фракции, представленной магнетитом (32-71%) и пироксеном (21-38%). Относительно незначительным является содержание пирита, эпидота, биотита и циркония. Характерный диаметр зерен песка 0.16-0.29 мм, а содержание магнетита в нем является достаточно высоким по причине действия следующих факторов: 1. провинция, снабжающая побережье Уреки-Цкалцминда инертным материалом, богата пироксен-магнетитом; 2. прибрежная зона полностью построена на песчаных отложениях и имеет особенные динамические качества. В частности, в ней, в условиях глубокой сепарации, песок мелкоалевритного размера наносится на подводный склон, в то время, как составляющий тяжелую фракцию Фсамитский и крупноалевритный материал остается на берегу. Поэтому, на пляже в направлении от моря постепенно уменьшается характерный размер образующего материала и увеличивается содержание магнетита в песке кристаллы которого имеют диаметр 0.25-0.1 мм. Отметим, что на основе данных аэромагнитной съемки, проведенной в советскую эпоху, предполагается наличие значительной магнитной аномалии в море, на глубине 4-8 км от берега, которую связывают с новозвксинской регрессией [2]. Однако, такое предположение требует дополнительной проверки, для чего необходимо глубинное геофизическое исследование данного района.

Геофизическая модель. Известно, что на земной поверхности, точнее, на границе раздела атмосферы и суши, имеет место скачок естественного электрического поля, величина которого зависит от орорафии земной поверхности и характера физических процессов, протекающих в каждой среде. Поэтому, в различных геологических структурах должны иметь различную, по сложности, электромагнитную картину, которая наиболее проста, когда поверхность раздела является эквипотенциальной. Такой идеальный вариант исключает существование поверхностных «блуждающих» токов, т.е. поверхностную неоднородность свободных электрических зарядов, но не поляризационных зарядов и тока смешения. Поэтому, для объяснения электрической аномалии «Имедис калаки» представим, что под слоем песков, в твердом пласте беспорядочно разбросаны магнитные тела различных размеров (магнитные жилы), являющиеся центрами скопления поляризационных зарядов. Такой эффект вполне возможен, если основные породы, вмещающие «магнитные включения», различны по своим физико-химическим качествам. Кроме того, ограничивающие магнитные тела «микротрещины» могут иметь сложный, неоднородный рельеф, что также будет способствовать эффекту поляризации. Таким образом, в центре обсуждаемой магнитной аномалии возможно выполнение условий, необходимых и достаточных для эффективного накопления поляризационных зарядов, плотности которых терпит систематические изменения. Если воспользоваться модельным представлением, то в качестве одного из таких центров накопления поляризационных зарядов может служить, например, пересечение облаков наклонного двойного электрического слоя, возникшего на поверхности микротрещины в намагниченной твердой породе. Очевидно, что край такого слоя можно отождествить с острием, на котором накапливается значительный поляризационный заряд. Из теории известно, что заряженное острие является местом, вокруг которого может образоваться особенная пространственная электромагнитная структура. Ее моделирование, за исключением некоторых простых случаев, относится к классу сложных задач математической физики. Притом, в случае изменения плотности поляризационных зарядов не только в пространстве, но и во времени, математическая задача еще более осложняется из-за излучения электромагнитных волн. Отдельное острие, более или менее корректно, можно отождествлять с местом расположения точечного электрического заряда. Поэтому, можно представить, что имеется глубинная структура, вмещающая подобные заряженные острия. В таком случае потенциал глубинного поляризационного заряда на земной поверхности зависит лишь от расстояния, т.е. в равноудаленных точках неравнозначные искажения фоновых значений естественной разности электрических потенциалов должны отсутствовать. Следовательно, согласно нашей модели, существенные помехи при электрометрических измерениях могут возникать лишь в случае хаотического расположения поляризационных центров. Это неизбежно должно

привести к суперпозиции их возмущений и появлению нерегулярного электромагнитного фона, вызывающего аномалию геоэлектрического поля, качественно подобную аномалии, наблюдаемой в «Имедис калаки». Таким образом, перманентный характер нестационарных возмущений, будет связан с поверхностными и глубинными «блуждающими» токами, а также с электромагнитными волнами, источниками которых являются особые места, вроде заряженных островов. Именно существование таких возмущений может быть причиной, осложняющей электрометрические измерения в «Имедис калаки», где возникает проблема компенсации естественной разности потенциалов.

Согласно нашей гипотезе, качественная модель генезиса магнитно-электрической аномалии, подобной локальной геомагнитной аномалии Цкалцинда-Уреки, справедлива лишь в случае существования микротрещин в твердом пласте под поверхностным слоем песчаных наносов. Отметим, что давно существует интересная теоретическая геологическая модель заполнения микротрещин высокотемпературными, связанными с интрузиями, активными эманациями, построенная Л. Берсудским [3]. В свое время эта модель была использована для объяснения генезиса локальных магнитных аномалий, обнаруженных в восточной Сибири, точнее, в Ангара-Илимском бассейне. Они имеют особые, отличающиеся от всех ранее известных аномалий, крайне нерегулярные магнитные характеристики. Модель Берсудского опиралась на геологическую теорию, согласно которой, возникновению богатых рудой мест должна была предшествовать сильная метаморфизация вмещающей среды (песчанники, мергели, глины), сопровождаемая мощным примешиванием магнетита. Берсудский предположил, что этот эффект мог быть особенно сильным вблизи микротрещин, выполнявших функцию своеобразных каналов в твердой породе, по которым текли эманации. В процессе охлаждения среды обогащенные магнетитом метаморфизированные породы проходили через точку Кюри, в которой магнитная восприимчивость минералов достигает максимальной величины. Из-за значительной величины коэрцитивной силы, что характерно для большинства горных пород, застывшие в трещинах эманации, которые справедливо можно называть магнитными жилами, сохранили высокую степень намагниченности. В Ангара-Илимском случае она значительно превосходит намагниченность, возникающую естественным путем, т.е. вызванную в охлажденных породах геомагнитным полем. После этого явления возможно также дополнительное обогащение микротрещин магнетитом, выкристаллизованным из движущихся по трещинам гидротерм. Таким образом, согласно модели Берсудского, жилородные образования с высокой концентрацией магнетита могут намагничиваться в полях двух различных магнитных источников: в главном геомагнитном поле, а также в антипараллельном к нему собственном магнитном поле метаморфизированных пород. При этом, поле «магнитных» жил, в случае интенсивного остаточного намагничивания, может даже превосходить внешнее поле, ввиду чего, возможен эффект обратной полярности. Отметим, что в то время, когда была создана эта модель, мировая практика знала лишь единичные случаи обратного намагничивания пород относительно геомагнитного поля, которые объяснялись тектоническими причинами. К такому случаю можно отнести и обсуждаемую нами аномалию. Поэтому, модель Берсудского, допускающая существование близлежащих магнетитовых жил противоположной полярности, может быть пригодна и для менее интенсивной, чем Ангара-Илимская, локальной геомагнитной аномалии «Имедис калаки». Кроме того, в известной степени, такая модель принципиально не противоречит гипотезе, предполагающей наличие мультиполюсного намагниченного пласта под слоем песка.

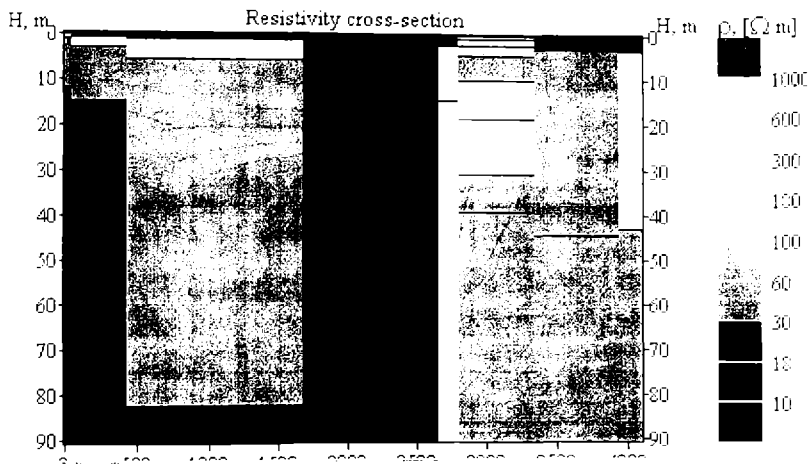
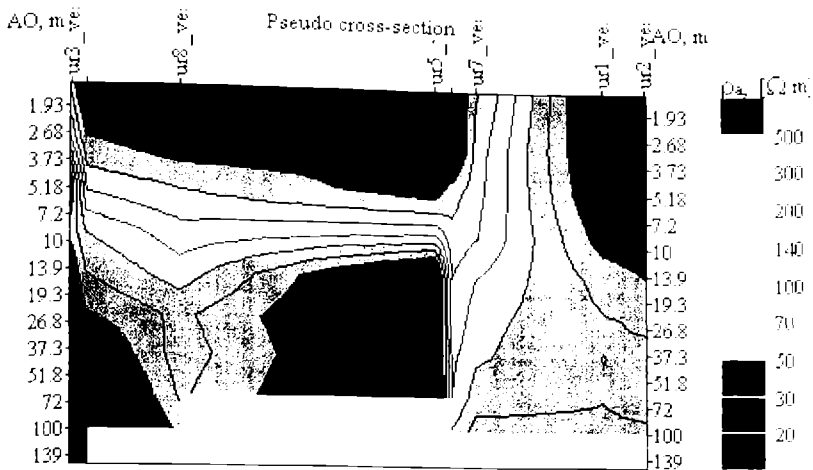


рис.2а.6

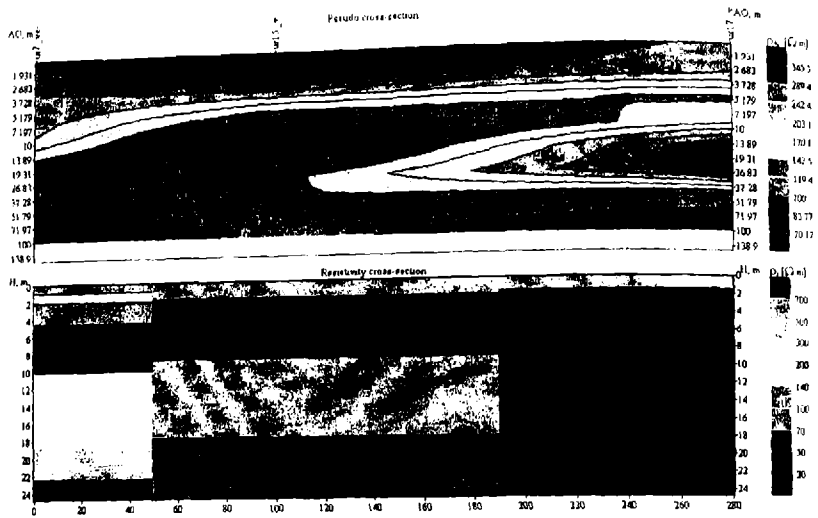


рис.3а,б.

Электрометрическая картина. После многократной геомагнитной съемки на побережье курорта Уреки и территории села Цкалцинда были проведены исследования с целью измерения электрических характеристик центра локальной геомагнитной аномалии, а также представления глубинной картины распространения берегообразующих материалов и определения их физических параметров. Задача состояла в литологической дифференциации и определении мощности распространённых в исследуемом районе материалов, для чего был использован метод вертикального электрического зондирования (ВЭЗ). Исследуемая территория орографически довольно простая, т.к. разность гипсометрических уровней на участке геофизических работ длиной 3 км. составляла всего 8м. Данные полевых работ были проинтерпретированы программным обеспечением ipi2win и были построены трёхслойные кривые ВЭЗ (в основном Q , Н и К типов). В частности, были получены трёхслойные кривые типа Q, где мощность первого слоя (удельное электрическое сопротивление $\rho=1000-2000$ Омм) указывает на преимущественное распространение теригенного материала в северном направлении. По полученным данным, вдоль профиля параллельно береговой линии, были составлены разрез кажущегося сопротивления и геоэлектрический разрез (рис.2а,б). Перпендикулярному разрезу соответствует рис.3а,б. Кроме этого, оказалось, что достаточно однородный геоэлектрический разрез с удельным сопротивлением 200-300 Омм распространяется по всему горизонту измерений со средней мощностью 20м. и, по нашей интерпретации, составлен сухими песками.

Выводы. Электрометрическими измерениями установлено, что дифференциация составных пород в районе локальной магнитной аномалии Цкалцинда-Уреки, по удельному электрическому сопротивлению, достаточно контрастная, что подтверждает эффективность геофизических исследований; река Супса, по всей видимости, в палеопоиме которой производились основные измерения, характеризуется глубокой сепарацией выносного материала; в соответствие с конкретными изыскательскими задачами, был установлен литологический состав распределённых в исследуемой зоне материалов; было проведено оконтуривание выявленного аномального объекта в одномерном представлении; на исследуемой территории находится геологическое тело с высоким сопротивлением- 1000-2000 Ом.м, и приблизительно с такими пространственными размерами: длина- 2500м.

1. Хведелидзе Н.С., Керселидзе З.А., Беришвили Г.Г., Гиоргадзе М.Г. Особенности локальной магнитной аномалии Цкалцминда-Уреки. Труды Ин-та геофизики. 2008. Т.60. С.98-105.
2. Твалчрелидзе М.Т., Лебанидзе З.М., Джаошвили Г.Ш.. Условия формирования современных осадков центральной и юго-восточной части грузинского сектора Черного моря. Труды ГИН АН Грузии. Нов. сер. 2002. Вып 117. С.238-244.
3. Логачев А.А. Курс магниторазведки. Гос. изд. геологической лит. 1951. 305 с.

წყალწმინდა-ურეკის ლოკალური გეომაგნიტური ანომალიის მოდელი

კერესელიძე ზ., ოდილადაძე დ., გელაძე გ., სადრაძე ნ., თვაური გ.

რეზიუმე

მოცემულია წყალწმინდა-ურეკის საკურორტო ზონაში ნატარებელი მაგნიტომეტრიული და ელექტრომეტრიული გაზომვების გეოფიზიკური ინტერპრეტაციის შედეგები, რომელთა საფუძველზეც ნატარებელია ამ ლოკალური მაგნიტური ანომალიის თვისობრივი ანალიზი. აღმოჩნდა, რომ გამოკვლეული არის სიღრმეში იკვეთება ანომალიის გასიშვვევი სხეული, რომელიც საყარაულოდ შედგება ქაოტურად მიმოფანტული ურაკტენტებიდან. შედეგების გეოფიზიკური ინტერპრეტაციისათვის გამოყენებულია ბერსუდსკის გეოლოგიური მდელი. რომლის თანახმად უკუღამაგნიტების ეფექტი გეომაგნიტურ კვლში გამოაწვეულია მეტამორფიზირებული ქანების საკუთარი მაგნიტური კვლით.

МОДЕЛЬ ЛОКАЛЬНОЙ ГЕОМАГНИТНОЙ АНОМАЛИИ ЦКАЛЦМИНДА-УРЕКИ

Керселидзе З.А., Одиладвадзе Д.Т., Геладзе Г.Г., Садрадзе Н.П., Тваური Г.А.

Реферат

Даны результаты геофизической интерпретации магнитометрических электрострических измерений, проведенных в курортной зоне Цкалцминда-Уреки, на основании которой проведен качественный анализ данной локальной магнитной аномалии. Оказалось, что в глубине исследованной области вырисовывается тело, вызывающее аномалию, которое, по всей вероятности, состоит из хаотически разбросанных отдельных фрагментов.

Для геофизической интерпретации использована геологическая модель Берсудского, согласно которой эффект обратного намагничения в геомагнитном поле вызван собственным магнитным полем метаморфизированных пород.

MODEL OF TSKALTSMINDA-UREKI LOKAL GEOMAGNETIC ANOMALY

Kereselidze Z., Odilavadze D., Geladze G., Sudradze N., Twauri G.

Abstract

The work presents the results of geophysical interpretation of magnetometric and electrometric measurements taken throughout Ureki-Tskaltsminda resort area. The results have served as a base for quality analysis of the local magnetic anomaly. A body conditioning the anomaly has been revealed in depth of the studied area. It presumably consists of chaotically scattered fragments. The Geological model by bersudski has been applied for geophysical interpretation of the results, according to which, the reverse effect in geomagnetic field is caused by proper magnetic field of metamorphised rocks.

К ВОПРОСУ «ДИНАМО» - ЭФФЕКТА В ЗАСТОЙНОЙ ЗОНЕ ПЕРЕД МАГНИТОСФЕРОЙ

¹ Чхитунидзе М.С., ² Габисония И.А., ³ Жошколадзе Н.И.

¹ *Институт геофизики им. М.З.Нодиа, 0193, Тбилиси, ул. М. Ахвешидзе. 1. www.gqs.org.ge*

² *Сухумский гос. университет-www.sou.ge*

³ *Телавский гос. университет им. Я.Гогобенишвили*

В задаче обтекания магнитосферы солнечным ветром существует проблема критической точки магнитосферы, которую можно избежать, если воспользоваться формализмом застойной зоны. Ниже рассматривается модельная задача, целью которой является исследование возможной магнитной структуры застойной зоны, которая складывается в результате сугубо нестационарного процесса, имеющего место в пределах линейного масштаба центральной части переходной области между фронтом ударной волны и границей магнитосферы. Эту структуру, которая включает пространство вблизи критической точки магнитосферы, можно отождествить с застойной зоной Чаплыгина. Проблема ее устойчивости имеет два аспекта:

1. устойчивость застойной зоны, как крупномасштабного гидродинамического образования во время возмущений параметров солнечного ветра;
2. возмущения магнитной структуры застойной зоны и проблема ее топологического равновесия.

Согласно критерию устойчивости МГД тангенциального разрыва, который использовался в работе [1], параметрами, определяющими стабильность границы застойной зоны, являются: межпланетное магнитное поле (ММП), скорость солнечного ветра и его плотность до взаимодействия с магнитосферой. Поэтому, вышеуказанный первый вопрос в определенной степени связан со вторым, поскольку эволюция магнитного поля внутри застойной зоны может повлиять на устойчивость границы застойной зоны. Что касается проблемы топологического равновесия магнитной структуры застойной зоны, в отличие от вопроса устойчивости ее границы, для нее не существует какого-либо твердого математического критерия. Причину этого следует искать не только в грубости приближения застойной зоны, хотя при строгом подходе она больше является математической абстракцией, заменяющей гидродинамический фокус магнитосферы, чем полноценной физической аналогией реальной гидродинамической структуры вблизи критической точки. Кроме того, существует общая топологическая проблема, связанная с устойчивостью магнитных конфигураций в плазменной среде, т.е. как для лабораторной, так и для космической плазмы.

Для задачи ламинарного обтекания в приближении гидродинамического пограничного слоя среди различных теоретических вариантов возможной конфигурации «эффективного клина» магнитосферы, т.е. застойной зоны, теоретически физически приемлемы три конфигурации линий тока: седловой узел с неустойчивым плоским узлом, седловая звезда с неустойчивой плоской звездой и седловая спираль с неустойчивым плоским фокусом [1]. Два первых случая без противоречия соответствуют простой топологии магнитного поля в виде концентрических магнитных петель на границе застойной зоны с центром на оси

симметрии. При этом сила Ампера $F = \frac{1}{c} [\vec{j} \vec{B}] \neq 0$. С первого взгляда представляется, что для

конфигурации типа седловой спирали ситуация должна быть иной. Действительно, такая структура является бессиловой и ее можно считать суперпозицией двух типов магнитных полей, если рассматривать случай, когда линии тока плазмы и силовые линии межпланетного магнитного поля являются параллельными. Однако оказывается, что в определенных условиях суперпозиция двух бессильных полей, подобно силовым полям, может быть устойчивой. Этот факт может иметь особое значение для развития т.н. турбулентного «динамо-эффекта» внутри застойной зоны, связанного со спиральностью гидродинамического поля скоростей в плазме.

Первоначально рассмотрим вопрос: каким образом складывается спиральная магнитная структура путем суперпозиции двух силовых полей? Такая задача является классическим примером магнитной гидростатики [2]. Условие отсутствия магнитной силы в неоднородном поле ($\text{rot} \vec{B} \neq 0$) означает, что электрический ток направлен вдоль силовых линий магнитного поля, т.е. $\text{rot} \vec{B} = \alpha \vec{B}$, где α - скалярная величина, которая может быть зависима от координат. С другой стороны это означает, что в неоднородном поле, для которого $\text{grad} B^2 \neq 0$, но сила Ампера $F_a = 0$, силы магнитного давления и магнитного натяжения должны быть взаимно компенсированы. Такое поле создает, например, магнитный диполь, который, кроме Земли, имеют и некоторые другие космические объекты. Что касается спирального поля, то оно наиболее простым образом может быть получено путем сложения магнитного поля прямолинейного тока и параллельного ему пучка магнитных силовых линий. Прямолинейный ток создает магнитные кольца с центром на оси тока, в которых, из-за действия силы магнитного натяжения, возможны перемещения в радиальном направлении. В отличие от колец, в пучке параллельных силовых линий действует только магнитное давление, направленное в сторону расширения пучка. Если при суперпозиции этих, различных по топологии, полей будет соблюдаться условие равенства градиента магнитного давления и силы магнитного натяжения, то форма суммарного поля будет спиральной и полная магнитная сила будет равна нулю. Действительно, согласно [2], составляющие суммарного бессилового поля в цилиндрической системе координат имеют вид: $B_z = A I_0(\alpha r)$, $B_\phi = A I_1(\alpha r)$, $B_r = 0$, где I_0 и I_1 - модифицированные функции Бесселя, а α и A - постоянные. Т.к. на оси симметрии цилиндра ($r = 0$) выполняются условия $I_0(\alpha r) = 1$ и $I_1(\alpha r) = 0$, то очевидной становится топология суммарного бессилового магнитного поля: в центре аппроксимационного цилиндра силовые линии параллельны его оси, но с увеличением r постепенно возрастает их наклон, пока поле не примет практически азимутальное направление.

Приведенный пример, который является справедливым только при допущении цилиндрической симметрии, достаточно удовлетворительно соответствует магнитной конфигурации, имеющей топологию, подобную седловой спирали. Однако, следует учесть, что, в отличие от цилиндра, для которого любое сечение, перпендикулярное его оси, дает одинаковую картину, для седловой спирали будет соблюдаться лишь условие топологического подобия. Это означает, что для этой конфигурации параметр, характеризующий степень спиральности магнитного поля должен быть максимальным в области основания седловой звезды, в отличие от цилиндра, для которого максимум достигается в сечении, соответствующем срединной точке на его оси симметрии. Кроме рассмотренного классического примера, качественно поясняющего один из путей создания спиральной магнитной структуры, можно также воспользоваться результатами работы [3]. В ней был использован формализм многократного расщепления силовой линии магнитного поля в т.н. нерегулярной особой точке, с которой отождествлялась макушка застойной зоны. В приближении осевой симметрии, путем синтеза с моделью концентрических магнитных

петель, была получена формула для шага магнитного винта, возникающего на поверхности застойной зоны

$$L = 2\pi n(h_0 + |z|)^{-1/2} |z|^{3/2} \quad (1)$$

где $n = B_0 / B_\phi$, h_0 – высота застойной зоны, B_0 – характерная величина магнитного поля. Из (1) следует, что шаг винта L является переменным и показывает, что первоначальная тороидальная структура магнитного поля максимально искажается в области основания застойной зоны, где $L_{max} = \sqrt{2\pi n h_0}$ и силовые линии фактически создают полоидальную магнитную структуру.

Для существования «динамо-эффекта» принципиальным является допущение, что внутри застойной зоны можно пренебречь скоростью гидродинамического движения плазмы. Однако, т.к. абсолютная неподвижность заряженных частиц солнечного ветра в неоднородном магнитном поле исключается, следует количественно оценить справедливость указанного допущения. Для этого главным критерием является соотношение гидродинамической скорости к скорости электромагнитного дрейфа в плазме. Эта задача рассматривалась в работе [4], в которой была принята во внимание «двухкомпонентная» природа «медленных» движений плазмы, когда следует рассматривать независимо друг от друга движение протонов и электронов. Оказалось, что после аналитического решения уравнений двухкомпонентной магнитной гидродинамики, при условии пренебрежения инерцией электронов, обязательно приходим к следующему результату:

1. меняется условие «вмороженности» магнитного поля в плазме, означающее, что в области пространства перед магнитосферой постулат об идеальной электрической проводимости солнечного ветра и «вмороженности» в эту среду межпланетного магнитного поля (ММП) уже не является справедливым.

2. В плазме могут возникнуть вихревые движения, за которыми последуют локальные изменения магнитного поля.

Исходя из этих результатов, оказалось, что в протонную компоненту солнечного ветра вморожено не магнитное поле, а новый комбинированный вектор $\vec{C} = \frac{Mc}{e} \text{rot} \vec{V}_p + \vec{B} = \text{const}$, где M – масса протона, e – элементарный заряд, c – скорость света.

Таким образом, вследствие «медленных» движений в застойной зоне, характерная скорость которых значительно меньше скорости электромагнитного дрейфа, могут возникнуть вихри скорости, за увеличением которых последует ослабление локальных магнитных полей. Очевидно, что этот процесс должен быть обратимым, т.е. ослабление вихрей должно вызывать усиление магнитного поля, что качественно означает развитие «динамо»-эффекта. Однако, этот эффект без учета спиральности магнитного поля все же будет слабым. Действительно, в застойной зоне максимальная величина ΔV_p не может превосходить $V_d \approx 10 \text{ кмс}^{-1}$, а минимальный линейный масштаб не может быть меньше ларморовского радиуса вращения протона, т.е. $\frac{Mc}{e} \text{rot} \vec{V}_p \approx \frac{Mc}{e} \frac{\Delta V_p}{L} \approx 0,2 \text{ нТл}$, что является

весьма малой величиной [4]. Поэтому, в застойной зоне может оказаться менее заметным усиление вихревого магнитного поля, по сравнению с увеличением уровня турбулизации плазмы, вызванной любой причиной, например, локальными изменениями основного магнитного поля, происходящими по причине изменения параметра спиральности. Очевидно, что усиление турбулизации, происшедшее таким путем, в застойной зоне должно иметь предел. Иначе, если изменения вектора \vec{B} достигнут значительной величины, может нарушиться условие двухжидкостного гидродинамического приближения.

Известно, что в плазме низкой плотности интенсификация турбулентного движения заряженных частиц является главной причиной ухудшения электрической проводимости [5].

Кроме того, малая инерция электронов, по сравнению с инерцией протонов, может быть вызвана разницей вязкостей электронной и протонной компонент плазмы, что не было учтено в работе [4]. Поэтому, несмотря на значительный качественный результат, на основе данной работы нельзя сделать твердого заключения о количественных показателях «динамо»-эффекта в застойной зоне. По этой причине представляется необходимой оценка справедливости применимости классической теории к магнитосферным условиям. Для этого можно воспользоваться уравнением магнитной индукции в статистической форме

$$\frac{\langle \partial \vec{B} \rangle}{\partial t} = \text{rot} [\langle \vec{V} \rangle \times \langle \vec{B} \rangle] + \alpha \text{rot} \langle \vec{B} \rangle + v_m \Delta \langle \vec{B} \rangle, \quad (2)$$

где символ $\langle \rangle$ означает среднее, α – псевдоскаляр, который является мерой спиральности турбулентного поля скоростей.

Параметр α играет особую роль в теории турбулентного «динамо», поэтому, определение численного диапазона его изменения в конкретной магнитогидродинамической (МГД) задаче связано с выявлением корреляционных связей между компонентами векторного поля скоростей. Решение такой задача является очень сложной проблемой и, главное, требует морфологического анализа исследуемой гидродинамической структуры. Однако, в застойной зоне перед магнитосферой диапазон изменения параметра α можно определить относительно просто, если воспользоваться линейными характеристиками застойной зоны и ее вероятной магнитной структурой.

Т.к. в застойной зоне гидродинамическая скорость плазмы, согласно идее Чаплыгина, является пренебрежимо малой по сравнению со скоростью солнечного ветра в межпланетном пространстве, в выражении (2) можно считать, что $\langle \vec{V} \rangle \approx 0$, а также, по причине использования приближения конечной электрической проводимости, можно снять символ усреднения перед магнитным полем. В статистическом приближении коэффициент магнитной вязкости, кроме эффекта джоулевой диссипации, зависит также и от турбулентного сопротивления, что в нашем случае неявно подразумевается. Поэтому, вместо (2) окончательно получим модифицированное уравнение диффузии магнитного поля, в котором присутствует член, соответствующий эффекту спиральности.

Согласно работе [6] конкретное модельное решение уравнения (2) удобно искать для фурье-компонент магнитного поля

$$\vec{B}(\vec{r}, t) = \vec{B}(k, t) \exp(i\vec{k}\vec{r}), \quad (3)$$

где \vec{r} – радиус-вектор в плоскости, перпендикулярной оси симметрии застойной зоны,

$K = \frac{2\pi}{\lambda}$ – волновое число, соответствующее генерированным в плазме турбулентным пульсациям. Величина этого числа меняется в определенном интервале, в зависимости от линейных масштабов вихрей скорости, определяющих длину волны λ . Следовательно, если воспользоваться представлением (3), уравнение в частных производных (2) преобразуется в обычное дифференциальное уравнение

$$\frac{d\vec{B}}{dt} = i\alpha [K\vec{B}] - K^2 v_m \vec{B}, \quad (4)$$

для которого начальным условием является уравнение неразрывности магнитного поля $\text{div} \vec{B} = K\vec{B} = 0$. Допустим, что \vec{K} имеет только z компоненту. Из уравнения неразрывности следует, что в любой, перпендикулярной к оси симметрии застойной зоны сечения, в прямоугольной системе координат могут существовать две компоненты магнитного поля B_x и B_y , для которых из (4) получим два скалярных уравнения

$$\frac{dB_x}{dt} = -iK\alpha B_y - K^2 v_m B_x, \quad (5)$$

$$\frac{dB_y}{dt} = iK\alpha B_x - K^2 v_m B_y, \quad (6)$$

решение которых удобно для представления

$$B_x = B_{0x} \exp^{n+ikz}, B_y = B_{0y} \exp^{n+ikz}, \quad (7)$$

удовлетворяющего уравнениям (5) и (6) лишь в том случае, если $\gamma = K\alpha - K^2 v_m$. Отсюда получим следующую связь между компонентами магнитного поля: $B_x = -iB_y$.

Представление (7) не противоречит выше упомянутым гидродинамическим конфигурациям застойной зоны. Однако, обязательно следует принять во внимание то обстоятельство, что уравнение (2) не описывает магнитную структуру застойной зоны полностью, но магнитное поле, возникшее вследствие конкретного вихря, генерированного из-за эффекта турбулентности. Поэтому, это поле, несмотря на присутствие в уравнении (2) члена, пропорционального $rot \vec{B}$, может быть бессловым.

Таким образом, знак параметра γ определяет характер изменений магнитного поля, генерированного в застойной зоне из-за турбулизации плазмы. В частности, существуют два варианта этих изменений во времени:

- 1) $\gamma > 0$ — магнитное поле усиливается (турбулентный «динамо»-эффект).
- 2) $\gamma < 0$ — магнитное поле ослабевает (сильная омическая диссипация).

Здесь является логичным возвращение к инварианту $\vec{C} = \frac{Mc}{e} rot \vec{V}_p + \vec{B} = const$, согласно

которому в первом случае со временем будет происходить ослабление вихрей скорости протонной компоненты, т.е. усиливающееся магнитное поле будет иметь стабилизирующее влияние на движение плазмы. Во втором случае будет возрастать уровень турбулизации плазмы. В реальности, будем иметь затухающий со временем нестационарный процесс, когда периодически будет происходить либо усиление магнитного поля, либо интенсификация вихревого движения. В конце концов, установится неустойчивое, но равновесное состояние, т.е. будет достигнуто состояние, которое будет контролироваться скоростью солнечного ветра и межпланетным магнитным полем.

Таким образом, магнитная вязкость плазмы солнечного ветра и α эффект практически исключают существование такого решения уравнения (2), которое со временем может дать устойчивую стационарную магнитную конфигурацию. В том случае, когда $\gamma > 0$, этот параметр является декрементом колебаний магнитного поля, когда $\gamma < 0$ — инкрементом, величина которого зависит от трех других параметров: K, v_m и α . Диапазон изменений волнового числа $K = \frac{2\pi}{\lambda}$ зависит от характерных линейных масштабов застойной зоны.

Максимальный по величине масштаб турбулентности будет равен радиусу основания застойной зоны, минимальный — ларморовскому радиусу вращения в магнитном поле частиц плазмы солнечного ветра. В обычных условиях, когда в солнечном ветре не развивается эффект аномального сопротивления, в лобовой области магнитосферы и на магнитопаузе $K \approx [10^{-9} + 10^{-7}] \text{ см}^{-1}$ и $v_m \approx 10^{11} + 10^{12} \text{ см}^2 \text{ с}^{-1}$ [1]. Если воспользоваться условием $\gamma > 0$, при помощи вышеуказанных интервалов, из выражения $\gamma = K\alpha - K^2 v_m$ можно определить ту предельную величину декремента колебаний, после достижения которой в застойной зоне будет возможно развитие положительного «динамо»-эффекта. Для этих интервалов параметров K и v_m параметр спиральности будет меняться в интервале $\alpha = [10^2 + 10^5] \text{ см} \cdot \text{с}^{-1}$. Отсюда следует, что для «динамо»-эффекта, как минимум, является необходимой величина $\alpha > 10^2 \text{ см} \cdot \text{с}^{-1}$. Таким образом, приходим к значительному

результату: чем больше линейный масштаб турбулентного вихря, тем меньше эффективные величины параметров K, α .

Положительный «динамо»-эффект в застойной зоне предположительно должен вызвать генерацию альвеновских волн, частотный спектр которых может отличаться от спектра таких же волн, но генерированных из-за возмущений магнитной поверхности застойной зоны. Волны Альвена, подобно ионно-циклотронной и ионно-акустической кинетической неустойчивостям, могут стать причиной развития аномального сопротивления в плазме солнечного ветра [5]. Этот эффект может способствовать образованию локального токового слоя вблизи критической точки магнитосферы. После распада этого слоя может измениться энергетический спектр плазмы, вследствие чего возрастет вероятность проникновения энергичных электронов из основания застойной зоны вглубь магнитосферы. Существование энергичных электронов в плазмосфере, которая является главным внутримангнитосферным резервуаром плазмы, необходимо для развития электронно-циклотронной неустойчивости, генерирующей очень низкочастотные и крайне низкочастотные электромагнитные волны.

Возвратимся к вопросу МГД устойчивости застойной зоны перед магнитосферой. Известно, что магнитные тела, созданные силовыми линиями, образующими конфигурации конечных размеров типа седловой звезды или седловой спирали, не могут быть топологически устойчивыми [7]. Однако, нельзя исключить, что топологически неустойчивые магнитные конфигурации будут оставаться равновесными, чего можно достичь в случае баланса между магнитными и гидродинамическими силами. Вообще, неустойчивые конфигурации обязательно эволюционируют, т.е. их равновесие является меняющимся во времени процессом. Здесь возможны различные варианты эволюции магнитного поля, которые допускают как разрывы силовых линий магнитного поля (приближение идеальной электрической проводимости), так и их пересоединение или аннигиляцию (приближение конечной электрической проводимости). В результате пересоединения, т.е. слияния магнитных силовых линий обычно образуется новая магнитная конфигурация. В монографии [7] даны примеры эволюции во времени различных магнитных структур. Они достаточно наглядно показывают различные этапы развития достаточно простых равновесных, но топологически неустойчивых, магнитных конфигураций. Именно развитие подобных структур нельзя исключить в застойной зоне, в основании которой, из-за диссипационных эффектов и уменьшения линейных масштабов магнитной конфигурации, возможно также появление токового слоя. Вблизи такого токового слоя может происходить пересоединение силовых линий его собственного магнитного поля с силовыми линиями, ограничивающими начальную магнитную конфигурацию. В результате может возникнуть такая топологическая картина, в которой, в отличие от первоначальной, будут присутствовать две новые магнитные конфигурации, изолированные друг от друга нейтральной линией. Со временем данная картина может развиваться по схеме, аналогичной предыдущей, и окончательно образовать такую магнитную структуру, которая будет соответствовать какой либо из трех магнитных конфигурации, удобных для аппроксимации застойной зоне в случае азимутальной симметрии.

Литература

1. Кереселидзе З.А. МГД эффекты взаимодействия солнечного ветра с магнитосферой Земли. ТГУ. 1986. 122 с.
2. Пикельнер С.Б. Основы космической электродинамики. Москва. 1961. 295 с.
3. Кереселидзе З.А., Кирцхалия В.Г., Чхитунидзе М.С., Хантадзе А.Г., Жонжолодзе Н.И., Габисония И.А. Топология магнитного поля и спектр МГД волн в застойной зоне перед магнитосферой Земли. Georgian Engineering News. 2007. №2. С.31-37.
4. Khantadze A.G., Kereselidze Z.A. On the Two-Fluid Nature of a Plasma near the Subsolar Point of the Magnetosphere. Phys. Solariterp., Potsdam. 1984. Vol. 23. PP.78-82.

მაგნიტოსფეროს წინამდებარე მდგარ ზონაში "დინამო"-ეფექტის საკითხთან დაკავშირებით

ჩხიგუნძე მ., ი გაბისონია ი., უონჟოლაძე ნ.

რეზიუმე

მაგნიტური ველის გაძლიერებას ("დინამო"-ეფექტი) გარდამავალი არის ფოკალურ ნაწილში, რომელიც გაიგივებულია ჩაპლიგინის მდგარ ზონასთან, ხელს უწყობს მზის ქარის მაგნიტური სიბლანტე. ამ ფაქტორისა და სტაგნაციის ზონის ხასოვანი მასშტაბის ცვლილების დიაპაზონის გათვალისწინებით დადგენილია მაგნიტური ველის ცვლილების დეკრემენტის არსებობისათვის აუცილებელი სპირალურობის პარამეტრის სიდიდის დიაპაზონი. ნაჩვენებია, რომ სტაგნაციის ზონის შემომსახურელი არამდგრადი მაგნიტური კონფიგურაციები "დინამო"-ეფექტის განვითარების შედეგად შეიძლება განიცდიდნენ დროში ევოლუციას, თუმცა მათი ტოპოლოგია ყოველთვის წონასწორული იქნება.

К ВОПРОСУ «ДИНАМО»-ЭФФЕКТА В ЗАСТОЙНОЙ ЗОНЕ ПЕРЕД МАГНИТОСФЕРОЙ

Чхитунидзе М.С., Габисония И.А., Жонжолაძე Н.И.

Реферат

Усилению магнитного поля («динамо»-эффект) в фокальной части переходной области, которая отождествляется с застойной зоной Чаплыгина, способствует магнитная вязкость солнечного ветра. С учетом данного фактора и диапазона изменений линейного масштаба застойной зоны, установлен диапазон величины параметра спиральности, необходимый для существования декремента изменения магнитного поля. Показано, что неустойчивые магнитные конфигурации, ограничивающие застойную зону, вследствие развития «динамо»-эффекта, могут эволюционировать во времени, однако их топология всегда будет равновесной.

“DYNAMO”-EFFECT IN STAGNATION ZONE IN FRONT OF THE MAGNETOSPHERE

Cbkhitunidze M., Gabisonia I., Zhonzholadze N.

Abstract

The increase of the magnetic field (“dynamo”-effect) in the focal part of the magnetosheath, which is identified with stagnation zone of Chaplign, supports magnetic viscosity of the solar wind plasma. A range of helicity parameter value necessary for existence of magnetic field alteration decrement has been determined taking into consideration the given factor as well as the range of the stagnation zone linear scale alteration. It has been revealed that non-stable magnetic configurations outlining the stagnation zone may undergo evolution by time as a result of “dynamo”-effect development; however, their topology picture will always be balanced.

**«ГЕОМАГНИТНАЯ АНОМАЛИЯ» ШИРОТНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ
 ЭЛЕКТРОННОЙ КОНЦЕНТРАЦИИ F2 СЛОЯ ИОНОСФЕРЫ**

Чхетია А.М.

*Институт геофизики им. М. З. Нодиа, 0193, Тбилиси, ул. М.Алексидзе, 1.
 E-Mail: www.ggs.org.ge*

Ионизация нейтральных компонент атмосферы, в основном, вызывается рентгеновским и ультрафиолетовым излучениями Солнца. Поэтому плотность электронов в ионосфере изменяется в зависимости от зенитного угла Солнца. В теории «простого слоя Чепмена» [1] показано, что характер зависимости электронной концентрации N_{max} от зенитного угла Солнца (χ) выражается формулой:

$$N_{max} = k\sqrt{\cos\chi} = k\sqrt{\sin\delta\cos\theta + \cos\delta\sin\theta\cos\phi} \quad (1)$$

где δ – склонение Солнца, θ – дополнение по отношению к широте (угол – $\theta = 90^\circ - \phi$ – географическая широта), t – местное время в угловых единицах ($t=0$ соответствует полудню). Зенитный угол Солнца строго определенным образом зависит от времени года (в зимние месяцы δ наименьшее – $23,5^\circ$, в летние месяцы наибольшее $+23,5^\circ$, а в равноденственные периоды $\delta = 0^\circ$), от географической широты ($\theta=90^\circ-\phi$) и от времени суток (t). Согласно теории С. Чепмена на экваторе в полдень должен наблюдаться максимум электронной концентрации. В результате многолетних измерений, проведенных в различных точках земного шара, было установлено, что для области f_{min} , E и F₁ ионосферы электронная концентрация довольно удовлетворительно согласуется с законом $k\sqrt{\cos\chi}$, однако вариации электронной концентрации F2-слоя ионосферы имеют сложный характер и существенно отличаются от теории «простого слоя Чепмена».

Характерной формой широтного распределения полуденных значений максимальной электронной концентрации F2 слоя ионосферы является распределение с двумя максимумами в районах с магнитным наклонением $I \approx 30^\circ$ северной и южной широты и с «минимумом» вблизи магнитного экватора. В качестве примера на рис.1 приводятся среднегодовые (за 1962 г.) зависимости полуденных значений критических частот f_{min} , $f_0 E$, $f_0 F_1$ и $f_0 F_2$ от магнитного наклонения.

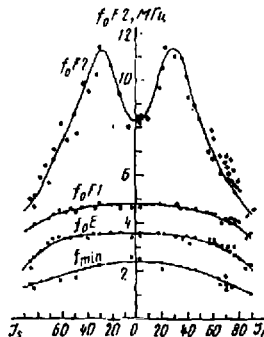


Рис.1. Широтные распределения среднегодовых полуденных значений критических частот f_{min} , $f_0 E$, $f_0 F_1$ и $f_0 F_2$ от магнитного наклонения.

Приэкваториальные максимумы и провал у геомагнитного экватора $f_0 F2$, известны в литературе, как «экваториальная или геомагнитная аномалия». На наличие провала в широтном распределении $f_0 F2$ впервые указал Эпплтон [2]. Уже из первых работ [2] и дальнейших исследований стало ясно, что особенности экваториального слоя F2 обусловлены влиянием магнитного поля Земли.

В настоящее время существуют как качественные, так и количественные объяснения природы «геомагнитной аномалии».

Качественные объяснения природы «геомагнитной аномалии» F2 слоя ионосферы в основном развивались в трех направлениях:

1) Митра [3] предполагал, что из-за поглощения ультрафиолетового излучения Солнца на высотах 600-1200 км. над магнитным экватором образуются электроны и ионы. На этих высотах частота соударений очень мала, и электроны и ионы имеют большие длины свободных пробегов. Учитывая, что на магнитном экваторе силовые линии круто поднимаются вверх и затем опускаются по направлению к северу и югу, ионы и электроны, образующиеся на верхней атмосфере над магнитным экватором, направляются к северу и югу. Электроны и ионы, спускаясь на более низкие уровни, попадают в атмосферу Земли и увеличивают плотность ионизации на высоте F2 слоя ионосферы, в областях с магнитным наклоном $J \sim \pm 30^\circ$.

2) Д. Мензел и Д. Бейли [4] предположили, что увеличение электронной концентрации F2 слоя ионосферы в областях с магнитным наклоном $I \sim \pm 30^\circ$ происходит вследствие перекачки электронов из экваториальной области в более высокие широты из-за дневного теплового расширения.

3) Известно, что если на заряженную частицу одновременно действуют электрическое \vec{E} и магнитное \vec{B} поля, то возникает дрейф заряженных частиц в направлении $[\vec{E} \times \vec{B}]$, перпендикулярном к этим полям. Увеличение электронной концентрации F2 слоя ионосферы в областях с магнитным наклоном $I \sim \pm 30^\circ$ Д. Мартин [5] объясняет так. В экваториальной области днем существуют магнитное и электрическое поля (направленные на восток), что обеспечивает дрейф плазмы вверх. Поднятая таким образом плазма затем диффундирует вниз вдоль силовых линий магнитного поля и вызывает накопление электронов к северу и югу от экватора – «фонтан эффект».

Количественные объяснения природы «геомагнитной аномалии» F2 слоя ионосферы, в основном развивают идею Д. Мартина. Одной из первых работ, в которой сделана попытка получить количественную оценку широтной аномалии, была работа Р. Дункана [6]. Оценка высоты, на которую должна подниматься плазма над экватором и вызывать увеличение ионизации в районах максимумов, была проведена на основании геометрических соображений. Н. Ришбет, А. Лион и Дж. Пит [7] решили уравнения баланса путем ряда упрощений при определенных задаваемых параметрах ионосферы. В дальнейшем были произведены уточнения параметров уравнения баланса, чтобы получить эффект, максимально приближающийся к экспериментальному.

В работе автора [8] было выявлено, что увеличение электронной концентрации F2 слоя ионосферы в районах с магнитным наклоном $J \sim \pm 30^\circ$ обусловлено не дополнительной ионизацией в этих районах, а только лишь ее аномальным уменьшением в экваториальной области. Целью настоящей работы является - на основе комплексного анализа данных: критических частот f_{min} , $f_0 E$, $f_0 F1$ и $f_0 F2$ мировой сети ионосферных станций, X – составляющей геомагнитного поля приэкваториальных магнитных обсерваторий (охватывающих $\varphi = 30^\circ$ северную и южную широты) и результатов, проведенных экспериментальных исследований околослоного космического пространства, детально изучить «геомагнитную аномалию» F2 слоя ионосферы для окончательного завершения, и наметить пути его дальнейшего исследования.

Исследуемый экспериментальный материал (за 1962 год) был приобретен по интернету из Мирового центра геофизических данных г. Москвы [9].

Необходимо отметить, что при рассмотрении физических процессов в ионосфере, необходимо знать максимум электронной концентрации в пределах слоя. Для характеристики ионосферных слоев автор пользовался медианными значениями критических частот (f_0 в МГц-ах).

Электронную концентрацию в пределах слоя можно определить простой зависимостью:

$$N = 1,24 \cdot 10^4 f_0^2$$

где N – максимальное число свободных электронов в см^3 , а f_0 – измеренная критическая частота в МГц-ах.

Для выяснения характера планетарной зависимости изменения критических частот f_0F_2 от магнитного наклонения, все станции были объединены в отдельные группы северного и южного полушария, с магнитными наклонениями: $0^\circ - \pm(0^\circ \div 4.9^\circ)$, $\pm 10^\circ - \pm(5^\circ \div 14.9^\circ)$, $\pm 20^\circ - \pm(15^\circ \div 24.9^\circ)$, $\pm 30^\circ - \pm(25^\circ \div 34.9^\circ)$, $\pm 40^\circ - \pm(35^\circ \div 44.9^\circ)$, $\pm 50^\circ - \pm(45^\circ \div 54.9^\circ)$, $\pm 60^\circ - \pm(55^\circ \div 64.9^\circ)$, $\pm 70^\circ - \pm(65^\circ \div 74.9^\circ)$, $\pm 80^\circ - \pm(75^\circ \div 84.9^\circ)$, $\pm 90^\circ - \pm(85^\circ \div 90^\circ)$.

Осреднение данных проводилось отдельно для зимнего (январь, февраль, ноябрь, декабрь), равноденственного (март, апрель, сентябрь, октябрь), летнего (май, июнь, июль, август) и среднегодового периодов. На рис. 2 приводится планетарное распределение осредненных значений критических частот F_2 – слоя ионосферы в зависимости от магнитного наклонения, за каждый час суток.

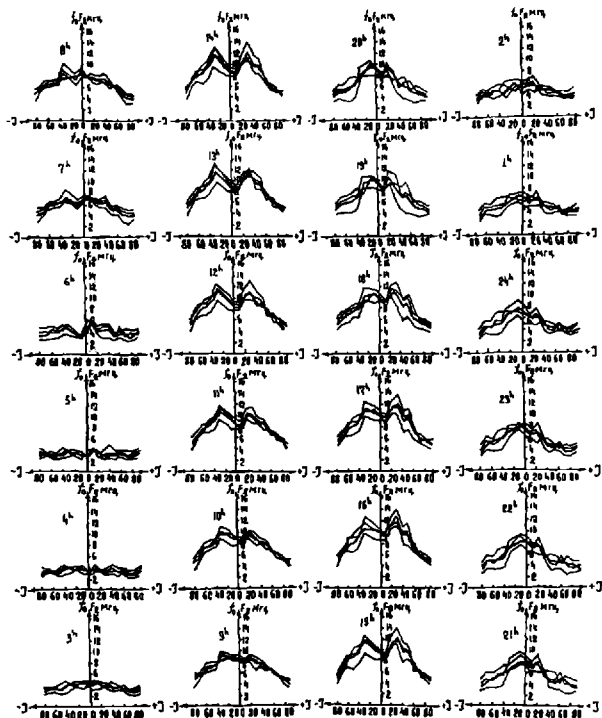


Рис. 2 Широтные распределения критических частот F_2 слоя ионосферы от магнитного наклонения, за каждый час суток (осредненные значения для периодов – равноденственного, зимнего, летнего и среднегодового).

Из представленных на рис. 2 кривых видно, что «экваториальная аномалия» наблюдается для всех сезонов, однако могут меняться величины максимумов северного и южного полушарий и глубина экваториального провала. Равноденственное и среднегодовое распределение f_0F_2 в обоих

полушариях симметрично относительно экватора (исключаются эффекты, обусловленные наклоном северной и южной полярных областей к Солнцу). Распределение f_0F_2 с двумя максимумами примерно на $\pm 30^\circ$ магнитной широты и минимумом на экваторе, имеет место только между 10 и 20 час. местного времени. С 21 часа меняется форма кривой, она переходит в распределение с одним максимумом в экваториальной области и продолжается до 3 часов. С 3 до 6 часов наблюдается почти постоянное значение критических частот во всем широтном разрезе. От 7 до 9 часов вновь наблюдается распределение с одним максимумом в экваториальной области. Для исследования геомагнитного эффекта слоя F2 ионосферы, прежде всего, необходимо из результатов наблюдений исключить искажающий эффект, обусловленный сезонными вариациями. Последнее можно осуществить, если за исходные данные применить среднегодовые значения. Действительно, учитывая, что зенитный угол Солнца χ выражается формулой:

$$\cos \chi = \sin \delta \cos \theta + \cos \delta \sin \theta \cos \tau$$

при использовании среднегодовых значений $\delta=0$, то $\cos \chi = \sin \theta \cos \tau = \sin(90^\circ - \varphi) \cos \tau = \cos \varphi \cos \tau$. Для полудня $\tau=0$ зенитный угол Солнца χ с географической широтой места φ связан простым соотношением $\varphi = \chi$.

На рис. 3 приводятся среднегодовые зависимости критических частот f_0F_2 от магнитного наклонения для различных часов суток (время местное), сгруппированные по характеру изменения формы кривой.

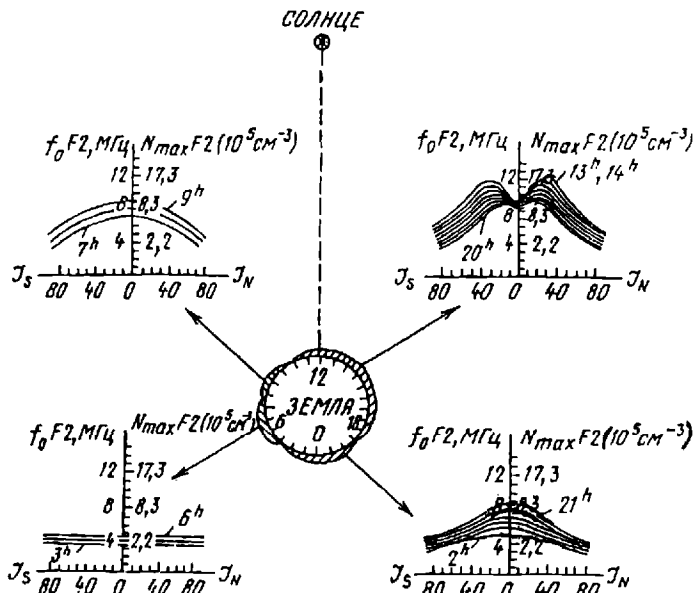


Рис. 3. Среднегодовые зависимости критических частот F2 слоя ионосферы от магнитного наклонения для разных часов суток (время местное), сгруппированные по характеру изменения формы кривой.

Из представленных на рис. 3 кривых видно, что на экваторе с 10 часов до 20 часов местного времени электронная концентрация остается почти неизменной, несмотря на то, что с увеличением зенитного угла Солнца должно наблюдаться ее увеличение. Следовательно, можно предположить, что естественное увеличение электронной концентрации вблизи экватора вуалируется каким-то физическим процессом обратного направления. Вероятнее всего допустить, что причиной понижения электронной концентрации в экваториальной области является электромагнитный дрейф. Проведем

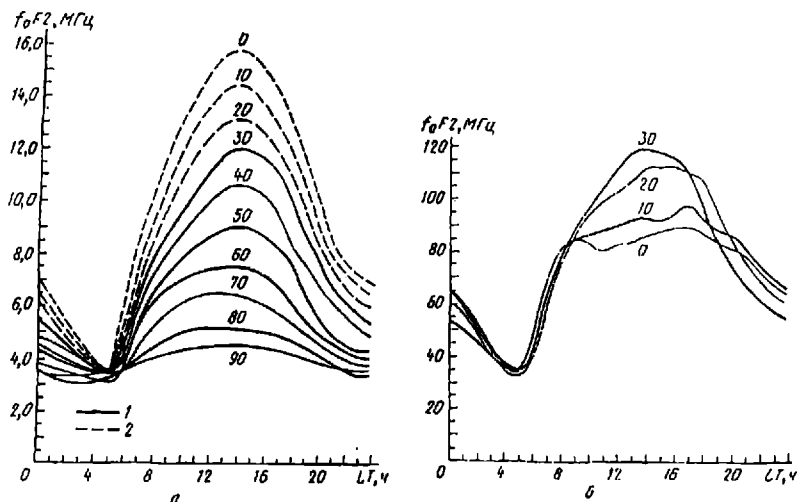


Рис. 4 Среднегодовые солнечно-суточные вариации критических частот F2 слоя ионосферы для разных значений магнитного наклоения: 4а – от 90° до 0°; 4б – от 30° до 0°. Сплошные кривые соответствуют экспериментальным данным, штриховые – экстраполированным от 20° до 0° магнитного наклоения (метод экстраполяции приводится в тексте).

Из представленных на рис. 4а кривых можно сделать вывод, что среднегодовые солнечно-суточные вариации критических частот F2 слоя ионосферы от 90° до 30° магнитного наклоения имеют ярко выраженную суточную волну, мало искаженную гармониками высших порядков. Следовательно, изменения солнечно-суточных вариаций критических частот $f_0 F_2$ в диапазоне 30° - 90° можно аппроксимировать формулой:

$$f_0 F_2 = a_0 + A \cos \omega t = a_0 + A \cos \frac{2\pi}{T} t \quad (1)$$

где $\omega = 0.73 \cdot 10^{-4} \text{ сек.}^{-1}$ – угловая скорость вращения Земли, $T = 24 \text{ час.}$, $t = 0$ соответствует «полудню» (12^h – 13^h L T), a_0 – свободный член, показывающий средний уровень, A – амплитуда солнечно-суточной волны. Как a_0 , так и A зависит от магнитного наклоения.

Ниже 30° магнитного наклоения (рис. 4б) суточные вариации критических частот $f_0 F_2$, вместо простой зависимости $k \cos \omega t$, имеют значительные провисания в полуденных часах, и вместо увеличения амплитуды, с увеличением зенитного угла Солнца наблюдаются уменьшения.

На рис. 5. приводятся изменения среднего уровня a_0 , амплитуды солнечно-суточных вариаций A и относительных амплитуд A/a_0 – критических частот, $f_0 F_2$ от магнитного наклоения.

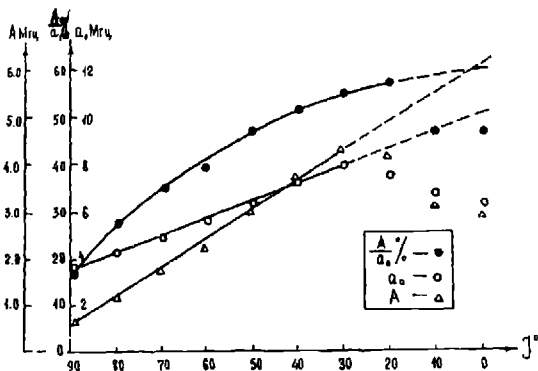


Рис. 5. Зависимость амплитуды солнечно-суточных вариаций (A), среднего уровня (a_0) и относительных амплитуд (A/a_0 %) критических частот F2 слоя ионосферы в функции от магнитного наклонения.

Из представленных на рис. 5 кривых можно сделать вывод, что увеличение максимальной электронной концентрации F2 слоя ионосферы в областях с магнитными наклонениями $1 \sim \pm 30^\circ$ - кажущееся. Здесь, естественно предположить, что мы имеем не увеличение электронной концентрации в приэкваториальной зоне ($1 \approx 30^\circ$), а лишь уменьшение последней в экваториальной области.

Вышеизложенный вывод безусловно подтверждает уникальный экспериментальный материал, полученный в работе Г. Лопатиной, Я. Фельдштейн [10]. Оказалось, что в отдельных случаях, во время больших и очень больших геомагнитных бурь, отмечено исчезновение экваториального минимума $f_0 F2$. В качестве примера на рис. 6 приводятся изменения критических частот $f_0 F2$ (в МГц) с геомагнитной широтой (φ_m) для меридиана $\lambda = 0^\circ$ в местный полдень. Кривая - «а» построена по медианным значениям для магнитно-спокойных дней сентября 1958 года, а кривая «б» - для магнитно-возмущенного дня 5 сентября 1958 года, когда отмечено исчезновение экваториального минимума $f_0 F2$.

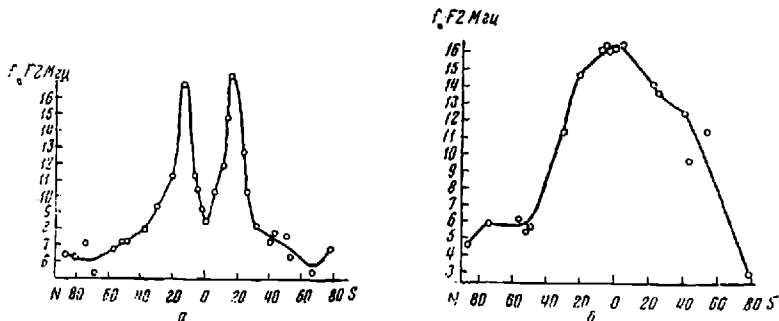


Рис.6 Изменения критических частот $f_0 F2$ с геомагнитной широтой (φ_m) для меридиана $\lambda = 0^\circ$ в местный полдень [10]. Кривая «а» построена по медианным значениям для магнитно-спокойных дней сентября 1958 года, а кривая «б» - для магнитно-возмущенного дня 5 сентября 1958 года.

Из представленных на рис. 6 кривых можно сделать следующие выводы:

1) Увеличения критических частот F2 слоя ионосферы - $f_0 F2$ в районах 15°-20° северной и южной широты ($I \approx 30^\circ$) – кажущееся и обусловлено не дополнительной ионизацией в этих районах, а только лишь ее аномальным уменьшением в экваториальной области (необходимо отметить, что авторами работы [10] исследования в этом аспекте не проводились);

2) На экваторе в полдень величина критической частоты $f_0 F2 = 16.6$ МГц (рис. 6б), а по проведенной нами экстраполяции (рис. 4а кривая $I=0^\circ$) $f_0 F2=16.2$ МГц видно, что согласие вполне хорошее.

Если в приэкваториальной зоне дневные и вечерние значения электронной концентрации не достигают максимума, то можно ее восстановить на основе экстраполяции кривых (рис. 5) и рассчитать ожидаемые солнечно-суточные вариации критических частот от 30° до 0° магнитного наклона, что и приведено на рис. 4а штриховыми кривыми.

Сопоставляя наблюдаемые солнечно-суточные вариации критических частот $f_0 F2$ со значениями, которые следовало бы ожидать, если бы не было уменьшения в экваториальной области, можно было бы рассчитать глубину провала. На рис. 7 приводятся зависимости глубины экваториального провала критических частот F2 слоя ионосферы $f_0 F2$ от магнитного наклона для разных часов суток местного времени.

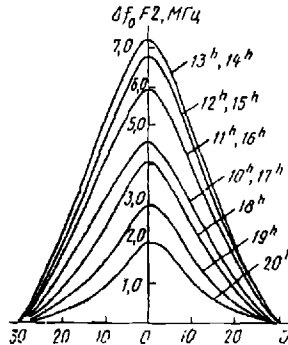


Рис. 7. Зависимости глубины экваториального провала критических частот F2 слоя ионосферы от магнитного наклона, для разных часов суток местного времени.

Зависимость глубины экваториального провала критических частот F2 слоя ионосферы ($\Delta f_0 F2$) от магнитного наклона (I°), для разных часов (t) суток ($\omega=0,73 \cdot 10^{-4}$ сек $^{-1}$), можно выразить эмпирической формулой:

$$\Delta f_0 F2 = (2 + 5.2 \cos \omega t) \exp(-8.8 \text{tg}^2 I) \text{ МГц} \quad (2)$$

Вышеуказанные экспериментальные факты наводят на логический вывод, что динамическую картину изменения зависимости электронной концентрации F2 – слоя ионосферы от магнитного наклона для разных часов суток по местному времени, можно аппроксимировать следующей эмпирической формулой:

$$N_e = A(t) + B(t) \exp(-a(t) \text{tg}^2 I) - C(t) \exp(-\beta(t) \text{tg}^2 I) \text{ эл. см}^{-3} \quad (3)$$

На рис. 8 приводятся изменения A, B и C коэффициентов со временем, которые получены на основе экспериментальных данных.

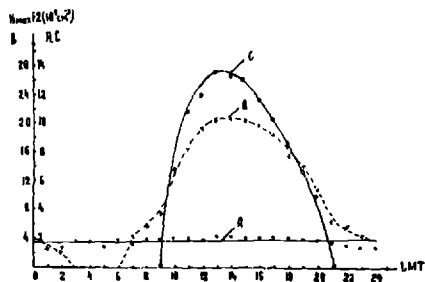


Рис. 8. Изменения А, В и С коэффициентов эмпирической формулы (3) со временем.

Следовательно, эти коэффициенты можно представить так:

$$\begin{aligned} A(t) &\approx \text{const} = 2.0 \cdot 10^5 \text{ эл. см}^{-3}; \\ B(t) &= B_0 + B_1 \sin\left(\frac{2\pi}{T} t - \varphi_0\right); \end{aligned} \quad (4)$$

$$C(t) = C_0 + C_1 \sin\left(\frac{2\pi}{T} t_1 - \varphi_0\right);$$

где

$$\begin{aligned} B_0 &= 10.2 \cdot 10^5 \text{ эл. см}^{-3}, \quad a(t) \approx \text{const} = 0.5, \quad \beta(t) \approx \text{const} = 8.0, \\ B_1 &= 10.2 \cdot 10^5 \text{ эл. см}^{-3}, \quad \varphi = 120^\circ, \quad T = 24, \\ C_0 &= 13.5 \cdot 10^5 \text{ эл. см}^{-3}, \quad t = \{1, 2, \dots, 24\}, \quad t_1 = \{9, 10, \dots, 21\} \end{aligned}$$

На рис. 9 приводятся экспериментальные (точки) и рассчитанные эмпирической формулой 3 (кружки) кривые распределения электронной концентрации F2 – слоя ионосферы в зависимости от магнитного наклона за 8, 10, 13 и 21 час по местному времени.

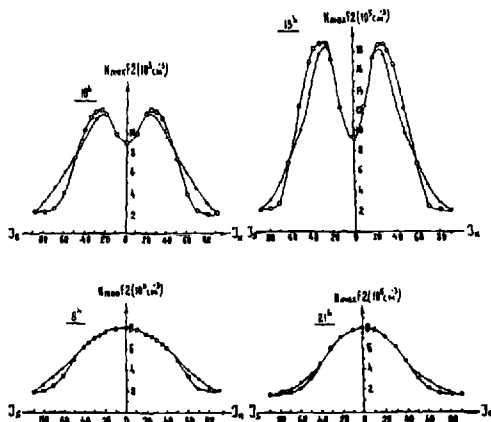


Рис. 9. Распределения электронной концентрации F2 слоя ионосферы в зависимости от магнитного наклона за 8, 10, 13 и 21 час по местному времени. Кривые с кружками – рассчитаны эмпирической формулой 3, а кривые с точками соответствуют экспериментальным данным.

Из анализа кривых рис.9 следует, что предлагаемую эмпирическую формулу (3) вполне можно использовать при моделировании картин планетарного распределения зависимости электронной

концентрации F2 слоя ионосферы от магнитного наклонения, для разных часов суток по местному времени.

На рис. 10 для 12 час. по местному времени приводятся рассчитанные кривые, соответствующие – первому (1), второму (2) и третьему (3) членам эмпирической формулы (3), а 4 – суммарная кривая.

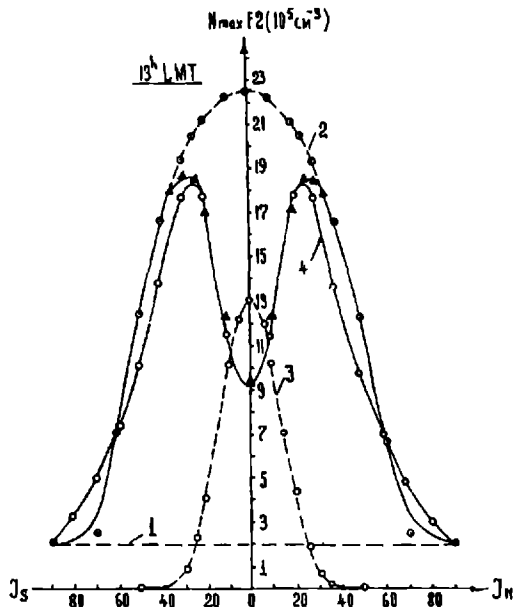


Рис. 10. Изменения членов эмпирической формулы (3) в функции от магнитного наклонения для 12-го часа местного времени. 4-суммарная кривая, а кривые 1, 2, 3 соответствуют первому (1), второму (2) и третьему (3) членам эмпирической формулы (3).

Члены эмпирической формулы (3) имеют следующий физический смысл:

- 1) первый член обусловлен остаточной ионизацией и вторжением в ионосферу агента корпускулярной природы;
- 2) второй член отражает воздействие коротковолнового излучения Солнца (учитывается теория «простого слоя Чепмена»);
- 3) третий член вносит основной вклад в формирование «экваториальной аномалии» и характеризует долю уменьшения электронной концентрации в экваториальной области (обусловлено электромагнитным дрейфом электронов от высоты F2 слоя ионосферы вверх).

На рис. 11 приведены экспериментальные (а) и экстраполированные (б, исключая «геомагнитную аномалию») карты планетарного распределения равных значений (изолиний) критических частот $f_o F2$ для эпохи 1962 г. По оси абсцисс отложено местное время, а по оси ординат – магнитное наклонение. Числа на изолиниях обозначают величину критических частот в МГц-ах.

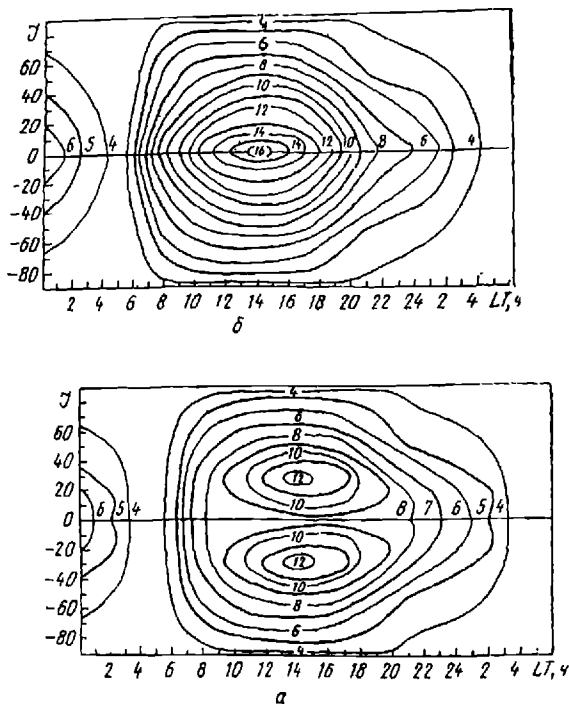


Рис. 11. Карты планетарного распределения равных значений критических частот F2 слоя ионосферы ($f_0 F_2$), для эпохи 1962 г., «а» - экспериментальная, а «б» - экстраполированная (исключена «геомагнитная аномалия»). По оси абсцисс отложено местное время, по оси ординат - магнитное наклонение, а числа на изолиниях обозначают величину критических частот в МГц-ах.

Планетарное распределение критических частот $f_0 F_2$ от координат местного времени и магнитного наклонения в компактной форме иллюстрирует экваториальную аномалию (рис. 11а). Экстраполированную контурную карту распределения линий равных значений критических частот $f_0 F_2$ (рис. 11б) можно сопоставить с теоретической картой, полученной на основе «простого слоя Чепмена», а для исследования экваториальной аномалии использовать в качестве начального условия.

Если уменьшение электронной концентрации в экваториальной области можно объяснить утечкой электронов вследствие электромагнитного дрейфа, то необходимо исследовать состояние ионосферы выше и ниже F2 слоя. С этой целью анализируемый нами экспериментальный материал был сопоставлен с картиной планетарного распределения электронной концентрации во всей толще ионосферы от 160 до 760 км, полученной как из наземных данных [11], так и из спутниковых материалов [12].

На рис. 12 приводятся кривые планетарного распределения электронной концентрации (N) во всей толще ионосферы: 12а - значения N ниже максимума F2 слоя (от высоты от 160 км до 360 км) являются полуденными медианными значениями для сентября 1957г. [11]; 12б - значения N над максимумом F2 слоя ионосферы (от высоты от 560 км до 760 км), по данным спутника Алуэрт-1, зарегистрированным в Сингапуре вблизи полудня 1 октября 1961 года [12].

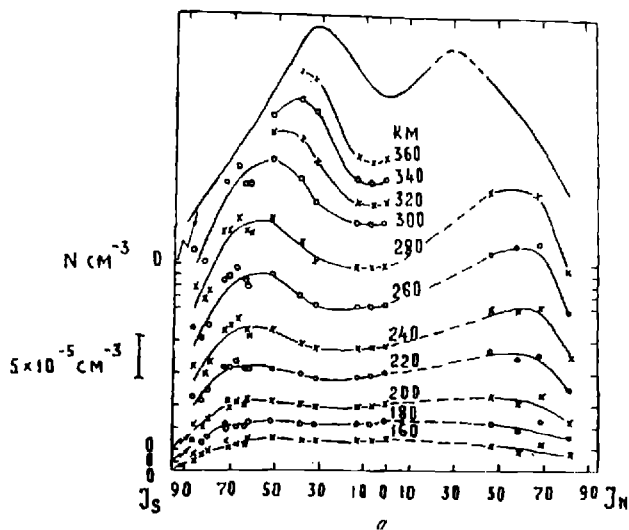
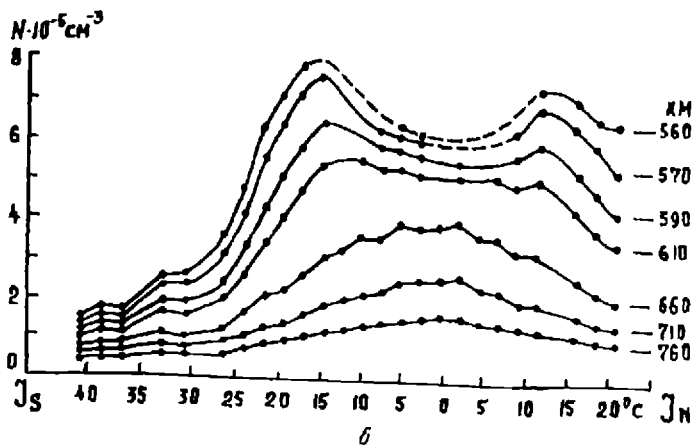


Рис. 12. Зависимость электронной концентрации от магнитного наклонения, для фиксированных высот и ниже (а) и над максимумами (б) F2 слоя ионосферы.

Сравнение кривых, рис. 1 и рис. 12 показывает, что экваториальная аномалия впервые появляется на высоте порядка 200 км, при углах наклонения около 60° , и по мере увеличения высоты эти максимумы постепенно сдвигаются к магнитному экватору, уменьшается расстояние между максимумами, пока на высоте 660 км не образуется один экваториальный максимум. Экваториальный максимум на высоте 700 км характеризуется повышенной электронной концентрацией по сравнению с тем, которое следовало бы ожидать из теории диффузионного равновесия [13].

Из вышеизложенных экспериментальных фактов непосредственно следует, что днем из экваториальной области ионосферы, из-за электромагнитного дрейфа, происходит интенсивная утечка электронов с высоты F2 слоя вверх. Учитывая, что на этих высотах частота соударений очень

мала, то электроны и ионы имеют большие длины свободных пробегов и вполне могут поставаться из области F2 слоя ионосферы в плазмосферу. Таким образом, можно предположить, что происходит "перекачка" ионосферной плазмы из F2 слоя ионосферы в плазмосферу. Вышеприведенный вывод, по-видимому, подтверждает эксперимент, проведенный в США под названием «Аргус» [14], в котором было показано, что атомные взрывы в атмосфере (на высоте 480 км) могут поставлять частицы в магнитную ловушку (искусственный радиационный пояс в удалении от Земли на расстоянии 6500 км).

Если в экваториальной зоне имеет место интенсивный электромагнитный дрейф электронов от высот максимума F2 слоя ионосферы вверх, то должен возникнуть ток. Ток должен генерировать магнитное поле, которое должно отразиться в геомагнитных наблюдениях в экваториальной области (30°N-30°S). Возникает вопрос – не связана ли доля уменьшения электронной концентрации в экваториальной области [третий член эмпирической формулы (3)] с аномально большой величиной амплитуды солнечно-суточных вариаций геомагнитного поля вблизи магнитного экватора? Для выяснения этого вопроса из графиков, приведенных в работе Н. Бенковой и М. Фаткулин [15], были отсчитаны амплитуды солнечно-суточных вариаций X – составляющей магнитного поля Земли S_{qx} , по средним и низкоширотным станциям. На рис 13 приводятся зависимости амплитуд S_{qx} от географической широты (φ), геомагнитной широты (Φ) и магнитного наклонения (I).

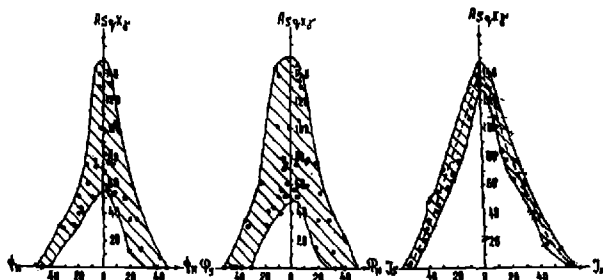


Рис.13. Зависимости амплитуды солнечно-суточных вариаций X – составляющей геомагнитного поля S_{qx} от географической широты (φ), геомагнитной широты (Φ) и магнитного наклонения (I).

Из представленных на рис. 13 кривых видно, что распределение амплитуды S_{qx} от магнитного наклонения дало более упорядоченную картину, чем от географической и геомагнитной широт. Таким образом, как распределение максимальной электронной концентрации слоя F2 ионосферы, так и распределение амплитуды солнечно-суточных вариаций X – составляющей магнитного поля Земли, лучше контролируется магнитным полем Земли.

На рис. 14 приводятся сравнения, зависимости между амплитудой солнечно-суточной вариации S_{qx} и доли дрейфа электронной концентрации в экваториальной области ΔN_{max} от магнитного наклонения (а), и дается связь между ними (б)..

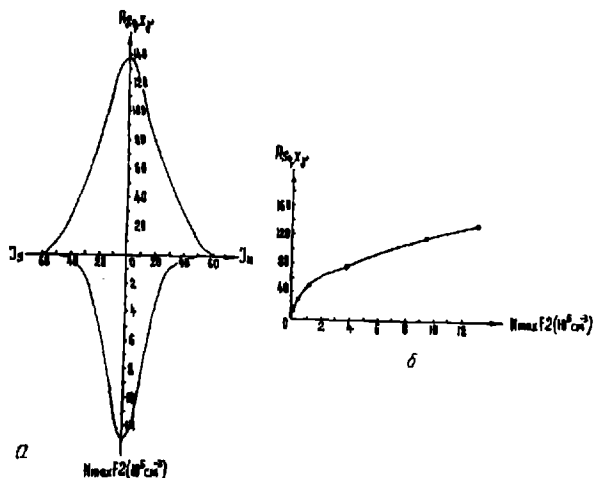


Рис.14. Зависимость амплитуды солнечно-суточных вариаций X – составляющей геомагнитного поля ($A_{Sq,x}$) и доли уменьшения электронной концентраций F2 слоя ионосферы в экваториальной области ($N_{max,F2}$) от магнитного inclination (а) и связь между $A_{Sq,x}$ и $N_{max,F2}$ (б).

Кривые, приведенные на рис. 14 показывают, что между уменьшением электронной концентрации в экваториальной области (ΔN_{max}) и амплитудой солнечно-суточной вариации $S_{q,x}$ наблюдается определенная корреляционная связь.

Если корреляционная связь между «экваториальной аномалией» F2 слоя ионосферы (ΔN_{max}) и «токами экваториальной электроструи» $A_{Sq,x}$ достоверна, то между вышеуказанными явлениями должны наблюдаться синхронные изменения за длительный промежуток времени. Данная ионосферно-геомагнитная связь требует дальнейших тщательных исследований за длительный промежуток времени.

Основные результаты, проведенных автором исследований геомагнитной аномалии широтного распределения электронной концентрации F2 слоя ионосферы, сводятся к следующему:

1. Установлено, что увеличение электронной концентрации в районах с магнитным наклоном $I \approx 30^\circ$ северной и южной широты кажущееся и обусловлено не дополнительной ионизацией в этих районах, а только лишь ее аномальным уменьшением в экваториальной области.

2. Показано, что «геомагнитную аномалию» широтного распределения электронной концентрации F2 слоя ионосферы можно объяснить не «фонтан эффектом» (что считается общепризнанным), а явлением перекачки электронов из экваториальной области F2 слоя ионосферы вверх в плазмосферу, вследствие электромагнитного дрейфа.

3. В связи с тем, что экспериментальные данные широтного распределения электронной концентрации F2 слоя ионосферы интерпретировались ошибочно, существующие в настоящее время теории, в которых даются попытки объяснить «геомагнитную аномалию» «фонтан эффектом», должны быть заменены явлением «перекачки» электронов из экваториальной области F2 слоя ионосферы вверх в плазмосферу.

4. Предложена эмпирическая формула, описывающая динамическую картину распределения электронной концентрации F2 слоя ионосферы в зависимости от магнитного inclination для каждого часа суток (время местное LT):

$$N_e(\text{эл. с м}^{-3}) = A(t) + B(t)\exp(-0.5\text{tg}^2 I) - C(t)\exp(-8.0 \text{tg}^2 I)$$

Изменения A, B, C коэффициентов во времени (t) приводятся в виде формул и графиков.

Члены эмпирической формулы имеют следующий физический смысл:

а) первый член – обусловлен остаточной ионизацией и вторжением в ионосферу агента корпускулярной природы;

б) второй член – отражает воздействие коротковолнового излучения Солнца (учитывается теория «простого слоя Чепмена»);

в) третий член – вносит основной вклад в формирование «геомагнитной аномалии» и характеризует электромагнитный дрейф электронов от высоты F2 слоя ионосферы вверх в плазмосферу;

5. показано, что предлагаемую эмпирическую формулу вполне можно использовать при моделировании картины планетарного распределения зависимости электронной концентрации F2 слоя ионосферы от магнитного наклонения для каждого часа суток местного времени;

6. для эпохи 1962 года, в системе координат местного времени (LT) и магнитного наклонения (I), построены экспериментальные и экстраполированные (исключая «геомагнитную аномалию») карты планетарного распределения – равных значений (изолиний) критических частот f_oF_2 (в МГц-ах). Экстраполированную контурную карту изолиний критических частот f_oF_2 можно сопоставить с теоретической картой, полученной на основе «простого слоя Чепмена», а для исследования «геомагнитной аномалии» - использовать ее в качестве начального условия.

7. В экваториальной области (с магнитным наклонением $\sim 30^\circ$ северной и южной широты), выявлена корреляционная связь между уменьшением электронной концентрации ($\Delta N_e F_2$ – третий член полученной автором эмпирической формулы, который характеризует интенсивную утечку электронов вследствие электромагнитного дрейфа) и амплитудами солнечно-суточной вариации X составляющей магнитного поля Земли. Данная ионосферно-геомагнитная связь требует дальнейших тщательных исследований за длительный промежуток времени.

Литература

1. Chapman S., Bartles J. *Geomagnetism*, Oxford University Press. 1951. PP. 504-518.
2. Appleton E.V. Two Anomalies in the Ionosphere. *J. Nature*. London. The Gainsborough Press. 1946. Vol. 157. PP.691.
3. Mitra S.K. Geomagnetic control of region F2 on the ionosphere *J.Nature*. London. The Gainsborough Press. 1946. Vol 158. PP.668.
4. Menzel D.H., Bailey D.K. Relations entre les Phenomenes Solaires at Geophysiques. *Colloques Internationaux*. Lyon. 1947.
5. Martin D.F. *The Physics of the Ionosphere*. London. 1954. PP.259.
6. Duncan R.A. The equatorial F-region of the ionosphere. *J. Atmospheric and Terrestrial Physics*. London. Pergamon Press. 1960. Vol 18. PP. 89-100.
7. Rishbeth H., Lyon A.J., Peart J. The geomagnetic anomaly in the equatorial F. region. *J. Geophys. Res*. 1963. Vol.68, N9. PP. 2559-2566.
8. Чхетия А.М. О широтном распространении максимальной электронной концентрации F-слоя ионосферы. *Ионосферные исследования Москва*, изд-во Советское радио. 1979. №29. С. 43-47.
9. Russia. Moscow. Center of Geophysical Data (from internet – <http://reus.wdcb.ru/spidr>).
10. Лопатина Г.Б., Фельдштейн Я.И. – Геомагнитный эффект слоя F2 ионосферы. *Ионосферные исследования*. Москва. Изд-во АН СССРю 1961. N6. С.29-34.
11. Croom S.A., Robbins A.R., Thomas J.O. *J. Nature*. London . The Gainsborough Press. 1959. Vol. 184. PP.2003.
12. King J.W. *J Nature*. London . The Gainsborough Press. 1963. Vol. 197. PP.639.
13. Rothwell P., Sayers J., Wager J. *J Nature*. London . The Gainsborough Press 1963. Vol 198. PP.230.

14. Ван Аллен Дж. А, Мак-Илвейн К.Е., Людвиг Г.Х. «Операция Аргус». Материалы симпозиума по результатам научных наблюдений за эффектами искусственной радиации на больших высотах. Москва, «Атомиздат». 1960. С. 19-21.

15. Бенкова Н.П., Фаткулин М.И. Токи в невозмущенной ионосфере и их геофизический эффект. Ионосферные исследования. Москва, «Наука». 1970. №19. С. 136-174.

იონოსფეროს F2 ფენის ელემენტარული კონცენტრაციის განაწილება ბანაჟილბაის "გეომაგნიტური ანომალია"

ჩხეტია ა.

რეზიუმე

მსოფლიო ქსელის იონოსფერული სადგურების კრიტიკული სიხშირეების - f_{min} , f_oF_1 , f_oF_2 , დედამიწის ეკვატორთან ახლომდებარე გეომაგნიტური ობსერვატორიების (რომლებიც მოიცავენ ჩრდილოეთისა და სამხრეთის განედებს - $\pm 30^\circ$ -ს) დედამიწის მაგნიტური ველის X მდგენელისა და დედამიწის ახლომდებარე კოსმოსურ სივრცეში განხორციელებული ექსპერიმენტების კვლევის შედეგების, ერთობლივმა კომპლექსურმა ანალიზმა, აქტორის საშუალება მისცა გამოეტანა შემდეგი დასკვნები:

1. დადგენილ იქნა, რომ იონოსფეროს F2 ფენის ელემენტარული კონცენტრაციის მომატება $\varphi \pm 30^\circ$ არეებში მოჩვენებითა და განპირობებულია არა დამატებითი იონიზაციით ამ რაიონებში, არამედ ეკვატორულ არეში ელემენტარული კონცენტრაციის მხოლოდ ანომალური შემცირებით.

2. ნაჩვენებია, რომ იონოსფეროს F2 ფენის "გეომაგნიტური ანომალია" შეიძლება აიხსნას არა "ფანტან ეფექტით" (როგორც მიღებულია), არამედ ელემენტარული დრეივის შედეგად იონოსფეროს ეკვატორიალური არიდან ელემენტარების გადაქაჩვით, F2 ფენიდან მაღლა პლაზმოსფეროში.

3. რადგან იონოსფეროს F2 ფენის "გეომაგნიტური ანომალიის" ეფექტის (ექსპერიმენტალური მასალის) ინტერპრეტაცია არასწორად ხდებოდა, ლოკუკურია, არსებული თეორიები, რომლებიც გეომაგნიტური ანომალიის ეფექტს ხსნიან "ფანტან ეფექტით" შეცვლილ უნდა იქნას იონოსფეროს F2 ფენიდან მაღლა პლაზმოსფეროში ელემენტარების გადაქაჩვით.

«ГЕОМАГНИТНАЯ АНОМАЛИЯ» ШИРОТНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОННОЙ КОНЦЕНТРАЦИИ F2 СЛОЯ ИОНОСФЕРЫ

Чхетия А.М.

Реферат

Комплексный анализ данных: критических частот f_{min} , f_oF_1 , f_oF_2 Мировой сети ионосферных станций, X – составляющей геомагнитного поля приэкваториальных магнитных обсерваторий (охватывающих $\pm 30^\circ$ северную и южную широты) и результатов, проведенных экспериментальных исследований околоземного космического пространства, позволили автору сделать следующие выводы:

1. Установлено, что увеличение электронной концентрации в районах с магнитным наклоном $I \approx 30^\circ$ северной и южной широты кажущееся и обусловлено не дополнительной ионизацией в этих районах, а только лишь ее аномальным уменьшением в экваториальной области.

2. Показано, что «геомагнитную аномалию» широтного распределения электронной концентрации F2 слоя ионосферы можно объяснить не «фонтан эффектом» (что считается общепринятым), а явлением перекачки электронов из экваториальной области F2 слоя ионосферы вверх в плазмосферу, вследствие электромагнитного дрейфа.

3. В связи с тем, что экспериментальные данные широтного распределения электронной концентрации F2 слоя ионосферы интерпретировались ошибочно, существующие в настоящее время теории, в которых даются попытки объяснить «геомагнитную аномалию» «фонтан эффектом», должны быть заменены явлением «перекачки» электронов из экваториальной области F2 слоя ионосферы вверх в плазмасферу.

“GEOMAGNETIC ANOMALY” OF LATITUDINAL DISTRIBUTION OF ELECTRON CONCENTRATION IN F2 REGION OF THE IONOSPHERE

Chkhetia A.

Abstract

Complex analysis of data of critical frequencies f_{min} , f_oE , f_oF1 , f_oF2 of World net of ionospheric observation stations, X component of geomagnetic field of equatorial magnetic observatories (enveloping $I \approx 30^\circ$ North and South latitudes), results of experimental investigations of near-earth cosmic space allowed us to conclude the following:

1. it is determined that increase of electron concentration in regions with magnetic dip in latitude $I \approx 30^\circ$ North and South is not conditioned by additional ionization in these regions, but by its anomalous decrease in equatorial area;

2. it is shown that “geomagnetic anomaly” of latitudinal distribution of electron conservation in F2 region of the ionosphere can be explained not by “fountain effect” (which is generally accepted), but by phenomenon of electron transfer from equatorial area of F2 region of the ionosphere upwards into the plasmasphere as the result of electromagnetic drift;

3. in view of the fact that experimental data of latitudinal distribution of electron concentration in F2 region of the ionosphere have been interpreted erroneously, existed today theories, attempting to explain “geomagnetic anomaly” by “fountain effect”, should be replaced by phenomenon of electron transfer from equatorial area of F2 region of the ionosphere to plasmasphere.

МОДЕЛИРОВАНИЕ И ПРОГНОЗ ОСНОВНЫХ ГИДРОФИЗИЧЕСКИХ ПОЛЕЙ В ЧЁРНОМ МОРЕ

Корძაძე А. А., Деметрашвили Д. И.

Институт геофизики им. М. З. Нодиа, 0193, Тбилиси, ул. Алексидзе, 1

1. Введение

Изучение и прогноз гидротермодинамических процессов в Чёрном море является одним из основных вопросов океанографии Чёрного моря. Состояние морской экосистемы, распространение и трансформация разных загрязняющих веществ, биохимические процессы, протекающие в морском бассейне и т. д. во многом зависят от пространственно-временного распределения гидротермодинамических характеристик моря (течения, температура, солёность, плотность) [1-3]. Поскольку Чёрное море и атмосфера создают единую гидротермодинамическую систему, динамические процессы моря в значительной степени влияют и на распределение климатических характеристик в Черноморском регионе [4, 5].

В настоящее время методы математического моделирования являются одним из самых эффективных средств изучения динамических и экологических процессов в Мировом океане, включая внутренние моря. Широко опираясь на экспериментальные данные, они позволяют нам детально исследовать циркуляционные особенности и распределение гидротермодинамических характеристик, как по всему водному бассейну, так и в отдельных его районах в тесной связи с внешними физическими факторами, ответственными за состояние морской среды.

Численное моделирование динамических процессов Чёрного моря началось в начале 70-х годов прошлого столетия в бывшем СССР. Первая прогностическая модель, основанная на полной системе уравнений гидротермодинамики океана, и исследования, проведённые на основе этой модели, изложены в [6 - 11]. Работы по моделированию динамики Чёрного моря, выполненные до 90-х годов прошлого века, достаточно детально описаны в монографиях [11-12]. Эти работы показали способность моделей реально воспроизводить некоторые общие черты распределения гидрофизических параметров Чёрного моря.

В дальнейшем, быстрый прогресс вычислительной техники и широкое привлечение экспериментальных методов (включая методы дистанционного зондирования) способствовали поднятию математического моделирования процессов Чёрного моря на более высокий уровень. В настоящее время в ведущих океанографических центрах стран Черноморского региона и США разработаны прогностические модели динамики Чёрного моря, которые с достаточной адекватностью и высоким разрешением воспроизводят основные черты динамических процессов Чёрного моря [13-28]. Продолжением работ [6-11] являются развитые нами в последние годы бароклинные модели общей и региональной циркуляции Чёрного моря [23-28].

Вышеперечисленные модели отличаются друг от друга в основном методами параметризации разных физических факторов (турбулентная диффузия, поглощение солнечной радиации и т. д.), используемых координатной системой, численными методами решения, параметрами расчётной сетки.

В настоящее время одной из первоочередных задач оперативной океанографии Чёрного моря является создание оперативной системы диагноза и прогноза состояния Чёрного моря, которая позволит непрерывно следить за текущим и будущим состояниями Чёрного моря в реальном времени. Созданию такой оперативной прогностической системы служат финансируемые Евросоюзом в последние годы международные проекты ARENA и ECOOP. В рамках ARENA, в июле 2005 года, впервые для Черноморского региона был осуществлён пилотный эксперимент по функционированию оперативной системы диагноза и прогноза состояния Чёрного моря. Составной частью этого эксперимента был расчёт прогноза основных гидрофизических полей (течения,

температура, солёность) с высоким разрешением на 48 часов в Грузинском секторе Чёрного моря с помощью региональной модели [28].

Целью настоящей статьи является описание некоторых результатов моделирования гидротермодинамических процессов по всему бассейну Чёрного моря и прогноза течения и термохалинных полей в части Грузинского сектора моря на основе бароклинных прогностических моделей общей (с горизонтальным разрешением 5 км) и региональной циркуляций (с горизонтальным разрешением 1 км) Чёрного моря, развитых в Институте геофизики им. М. Нодиа.

2. Описание модели общей циркуляции

Численная, бароклинная прогностическая модель динамики Чёрного моря основана на полной системе уравнений гидротермодинамики океана в гидростатическом приближении, записанной в Декартовой системе координат для отклонений термодинамических величин от соответствующих стандартных вертикальных распределений [23 - 28].

Модель учитывает: рельеф морского дна и конфигурацию бассейна, атмосферное воздействие, водообмен между Чёрным и Мраморным морями через пролив Босфор, речной сток Дуная, поглощение поверхностным слоем моря суммарной солнечной радиации, пространственно-временное изменение коэффициентов горизонтальной и вертикальной турбулентной вязкости и диффузии, чередование типов атмосферной циркуляции, развивающихся над акваторией Чёрного моря.

Модель позволяет учитывать атмосферное термохалинное воздействие как условиями Дирихле, путём задания температуры и солёности на поверхности моря, так и условиями Неймана, путём задания потоков тепла, испарения и атмосферных осадков. Ветровое воздействие атмосферы учитывается путём задания на поверхности моря компонентов тангенциального напряжения трения ветра. У дна моря компоненты скорости течения, потоки тепла и солёности считаются равными нулю. На боковой поверхности, которая отделяет морскую акваторию от суши, горизонтальные компоненты скорости, потоки тепла и соли равны нулю.

Водообмен со Средиземным морем и речной сток Дуная учитывались соответствующими неоднородными боковыми условиями с привлечением экспериментальных данных о расходах, температуре, солёности Босфорского нижнего и верхнего течений и р. Дунай.

Коэффициент горизонтальной турбулентной вязкости рассчитывался по формуле, предложенной в [29], а коэффициенты вертикальной турбулентной вязкости и диффузии – по формуле, представленной в [30].

В случае неустойчивой стратификации ($\partial\rho/\partial z < 0$), которая может возникнуть в процессе интегрирования, реализация этой устойчивости в модели учитывалась путём увеличения коэффициента турбулентной диффузии в 20 раз в соответствующих столбах от поверхности до дна.

3. Численная схема

Для рассматриваемой нелинейной нестационарной задачи динамики моря доказаны теоремы существования и единственности [31 - 33]. Для решения системы уравнений модели используется двухиндексный метод расщепления по физическим процессам, вертикальным координатным плоскостям и линиям, который достаточно подробно описан в [11, 34]. Метод позволяет решение нестационарной пространственной задачи свести к решению сравнительно простых двумерных и одномерных задач.

4. Моделирование общей циркуляции Чёрного моря

Предложенная модель реализована, в первую очередь, для всего бассейна Чёрного моря с целью исследования влияния различных физических факторов на пространственно-временную структуру общей циркуляции Чёрного моря. Кроме того, рассчитанные циркуляционные параметры были использованы в разных задачах по распространению примесей в Чёрном море [35].

4.1 Параметры задачи

При реализации модели использовались три расчётных сетки с постоянными горизонтальными шагами 37, 10 и 5 км, соответственно. В последнем случае количество точек сетки по

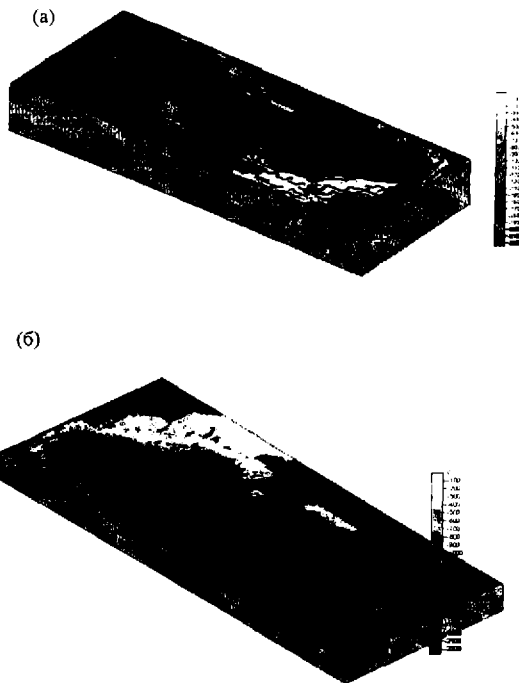


Рис.1. Пространственное изображение рельефа дна Чёрного моря, используемого в модели.
 (а) - вид с северной стороны, (б) – вид с южной стороны.

4.2 Результаты численных экспериментов

С помощью численных экспериментов была изучена роль разных факторов на формирование гидрофизического режима. Численные эксперименты показали, что эффект вращения Земли очень значителен в слоях до глубины примерно 700 м, а в более глубоких слоях влияние силы Кориолиса практически незначительно. Уменьшение эффекта силы Кориолиса в глубоких слоях несложно объяснить, если учесть тот факт, что с глубиной интенсивность циркуляции вод значительно ослабевает, следовательно уменьшается сила Кориолиса и одновременно возрастает вклад рельефа дна и конфигурации бассейна.

Оценивался вклад поглощения морской водой суммарной солнечной радиации в формировании термического режима верхнего слоя Чёрного моря и энергетическое влияние этого фактора. Расчёты

показали, что поглощение радиации морской водой вызывает малые суточные колебания температуры самого верхнего слоя моря толщиной примерно в 10-15 м с амплитудой 0.2-0.3°C. Несмотря на малые изменения температуры, из-за большой объёмной теплоемкости воды, верхние слои Чёрного моря аккумулируют значительное количество тепла. Анализ внутрисуточного хода прироста теплосодержания верхнего слоя, обусловленного поглощением радиации, показал, что энергетическое влияние поглощения радиации больше всего проявляется в августе, и в этот период верхний слой моря может поглощать такой запас тепловой энергии, который был бы достаточен для прогрева на 10°C слоя воздуха толщиной примерно 600 м, лежащего над акваторией Чёрного моря.

Одним из главных численных экспериментов, проведённых на основе предложенной модели (с разрешением 5 км), было моделирование внутрисуточной изменчивости гидрологического режима Чёрного моря в условиях чередования разных типов ветра. Эти типы ветров были взяты из [37], в котором на основе обработки данных наблюдений за 1946-1962 гг. установлен 41 тип атмосферной циркуляции над Чёрным морем. Численный эксперимент имел целью изучить отклик циркуляции Чёрного моря на нестационарное атмосферное воздействие. Начало интегрирования соответствовало 1 января, и в качестве начальных условий принимались среднегодовые климатические поля течения, солёности и температуры, полученные на основе той же модели, с использованием среднегодовых климатических входных данных. Нестационарность атмосферной циркуляции сводилась к чередованию 24 типов ветра, которые характеризуются наибольшей повторяемостью над Чёрным морем. Они вводились в модель в той последовательности, которая соответствовала результатам, полученным в [38]. При смене одного типа ветра другим, между ними предусматривалось состояние, близкое к штилевому, со скоростью ветра 1 м/с и направлением, соответствующим среднеарифметическому между двумя последующими типами ветров. Суммарная продолжительность почти штилевых ситуаций была минимальна в феврале (30%) и максимальна в августе (70%).

Анализ результатов численного эксперимента показал, что под влиянием нестационарности атмосферных процессов циркуляция поверхностного слоя моря испытывала непрерывную трансформацию и претерпевала значительные качественные и количественные изменения в течение года. Интенсивность морской циркуляции ослабевала летом, по мере ослабления атмосферной циркуляции и усиливалась осенью и зимой, когда ветры становились более интенсивными. Так, например, летом, в некоторые периоды времени, при почти штилевых условиях, скорость поверхностного течения уменьшалась до 10-12 см/с, а осенью и зимой достигала или чуть превосходила 100 см/с при штормовом ветре. Такие высокие скорости реально наблюдаются в Чёрном море [12, 39]. Численный эксперимент показал также, что интенсивная атмосферная циркуляция (>15 м/с) способствует ослаблению формирования вихрей в верхнем слое и, наоборот, - при слабых ветрах усиливается вихреобразование.

С целью иллюстрации трансформации поверхностной циркуляции, здесь выбран интервал времени 5668-5800 ч (август, отсчёт времени производится с 1 января), когда атмосферная циркуляция перестраивалась так, как это показано в таблице.

Табл.1

Чередование типов ветра за 5668 – 5800 ч (август)

№	Направление ветра	Скорость ветра, м/с	Интервал времени, часы
1	Северо-	5-10	5668-5692
2	восточн.	1	5692-5736
3	Северо-	5-10	5736-5758
4	западн.	1	5758-5800
	Юго-западн.		
	Зап. - сев.-		
	западн.		

На рис. 2 показаны поля тангенциального напряжения трения ветра на поверхности моря, соответствующие северо-восточному (5-10 м/с) и юго-западному (5-10 м/с) ветрам, которые развивались за этот промежуток и использовались в расчётах.

(а)

(б)

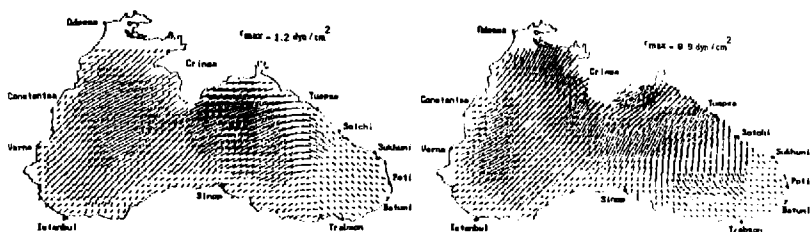


Рис.2. Поля тангенциального напряжения трения ветра, соответствующие (а) северо-восточному (5-10 м/сек) и (б) юго-западному (5-10 м/сек) ветрам.

Рис.3 и 4 показывают трансформацию циркуляции моря на глубинах 3 м и 15 м под влиянием перестройки атмосферной циркуляции. Из этих рисунков видно, что вихревые циркуляции больше выражены в случае низких скоростей. Среди прибрежных антициклонических вихрей более интенсивен вихрь в юго-восточной части моря – т. н. Батумский антициклон. Численный эксперимент показал, что Батумский антициклон является довольно устойчивым образованием в тёплом сезоне года. следует отметить, что аналогичный вывод получен в [18].

Анализ проведённого численного эксперимента показал, что особенно чувствителен по отношению к изменчивости атмосферной циркуляции верхний, 20-30 метровый слой моря; каков бы не был характер атмосферной циркуляции, примерно ниже глубины 20-30 м, циркуляция Чёрного моря почти всегда получает циклонический характер с внутренними основными циклоническими вращениями в западной и восточной частях бассейна; антициклоническое движение вод моря по всему бассейну никогда не наблюдалось в течение всего периода чередования типов атмосферной циркуляции.

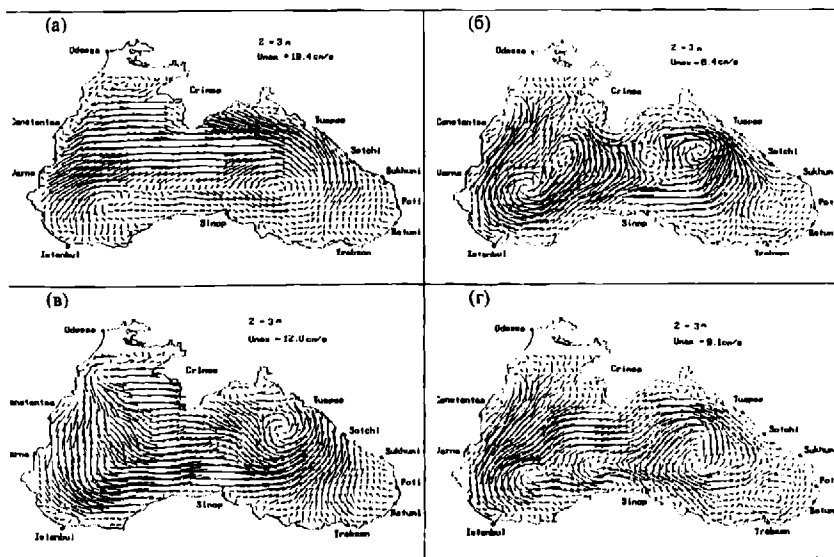


Рис.3. Поля течений в августе на глубине 3 м: (а) северо-вост. ветер (5-10 м/с), $t=5690$ ч; (б) северо-запад. ветер (1м/с), $t = 5734$ ч; (в) юго – запад. ветер (5-10 м/с), $t=5756$ ч; (г) запад.-северо-западн. ветер (1м/с), $t = 5798$ ч.

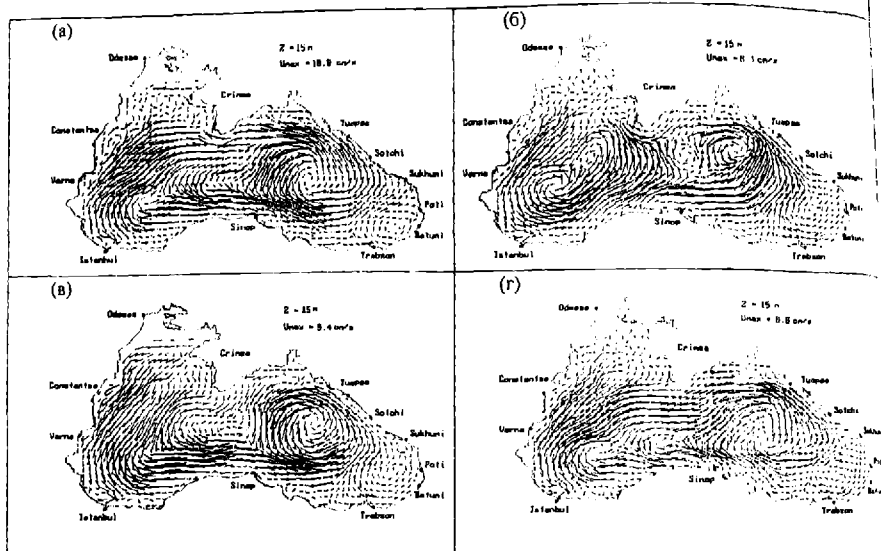


Рис.4. То же самое, что и на рис.3, но на глубине 15 м.

5. Моделирование и прогноз региональной циркуляции

В дальнейшем, в рамках проекта ARENA, главной целью которой являлось развитие оперативной прогностической системы Чёрного моря, модель общей циркуляции [23 - 27] была адаптирована к Грузинскому сектору Чёрного моря [28]. Для сокращения объёма данных, передаваемых по интернету и, следовательно, уменьшения времени подготовки оперативных численных прогнозов, область решения задачи охватывала только часть Грузинской акватории включая порты Сухуми, Батуми и Поти. Жидкая граница, отделяющая выделенную акваторию от открытой части Чёрного моря, проходила вдоль меридиана 41° в.д., а количество точек вдоль осей x и y составляло 69 и 203, соответственно; горизонтальное разрешение модели было 1 км. Проведению международного пилотного эксперимента по функционированию системы диагноза и прогноза Чёрного моря предшествовал подготовительный этап, целью которого была состыковка нашей модели региональной циркуляции с моделью общей циркуляции Чёрного моря Морского гидрофизического института (МГИ) НАНУ (г. Севастополь, Украина).

Опытный расчёт прогноза циркуляции проводился для следующего временного интервала
00 ч 7 июня, 2003 – 00 ч 15 июня, 2003.

Все входные данные, необходимые для расчёта прогноза на вставленной сетке с высоким разрешением в части Грузинской акватории, мы получали из МГИ по интернету. Эти данные включали результаты прогноза циркуляции, температуры и солёности (трёхмерные поля для нашей локальной области), рассчитанные по модели МГИ с разрешением 4,9 км, а также климатические данные испарения, атмосферных осадков и потоков тепла на поверхности Чёрного моря, соответствующие прогностическому интервалу с одночасовым временным шагом. Расчётная программа предусматривала подготовку граничных условий на жидкой границе расчётной области в процессе интегрирования путём перевода функций с грубой сетки на сетку с высоким разрешением. Начало интегрирования системы уравнения модели соответствовало моменту времени 00 ч 7 июня 2003 года.

На рисунках 5-7 показаны рассчитанные прогнозы циркуляции по модели Морского гидрофизического института с горизонтальным разрешением 4,9 км и по региональной модели - с разрешением 1 км.

12:00 ч, 9 июня 2003

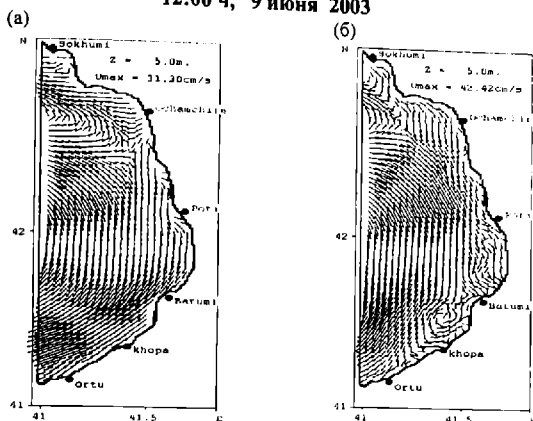


Рис. 5. Поля течения на глубине 5м в 12:00 ч, 9 июня 2003 года, рассчитанные по модели (а) МГИ и (б) региональной модели.

12:00 ч, 9 июня 2003

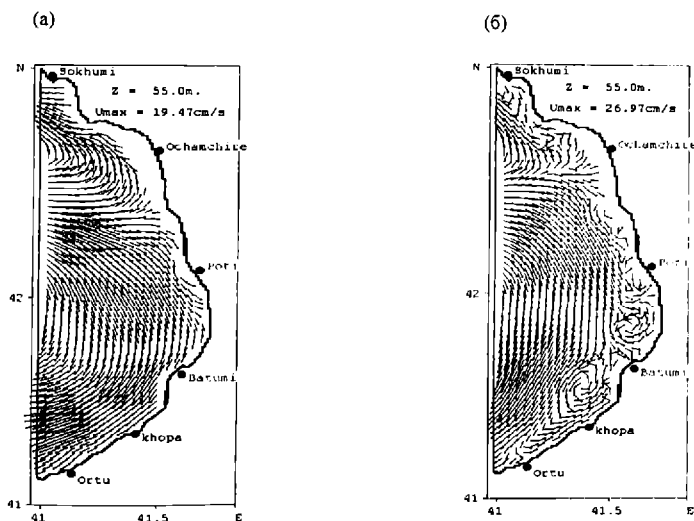


Рис. 6. То же самое, что и на рис.5, но на глубине 55м.

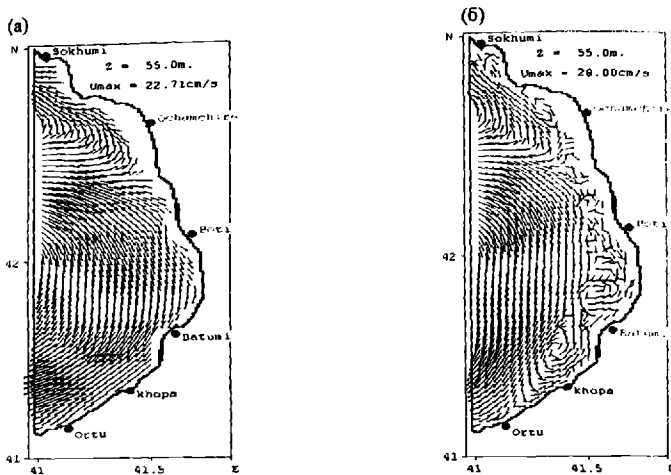


Рис. 7. То же самое, что и на рис.6, но в момент 12:00 ч, 11 июня 2003

Из этих рисунков хорошо видно, что высоко разрешающая, вставленная в грубую сетку наша региональная модель хорошо описывает формирование прибрежных вихрей малых размеров, в то время, как модель с более грубым разрешением не способна воспроизводить такие вихри.

В течение 22-26 июля 2005 года в рамках проекта ARENA, впервые для Чёрного моря был проведён пилотный эксперимент по функционированию прогностической системы Чёрного моря в режиме времени, приближённом к оперативному. В эксперименте участвовали ведущие научно-исследовательские океанографические центры всех причерноморских стран – Болгарии, Грузии, России, Румынии, Турции и Украины. Одной из составных частей этого эксперимента был расчёт прогнозов гидрофизических полей за 48 ч. с высоким разрешением в части Грузинской акватории Чёрного моря.

Суть международного эксперимента была в следующем. В национальной гидрометеорологической администрации Румынии с помощью региональной модели динамики атмосферы ALADIN рассчитывался прогноз на двое суток. Эти данные поступали по Интернету в МГИ, которые вместе с информацией, полученной с помощью спутников, дрейфтеров и других измерительных платформ, использовались для расчёта морских прогнозов по всему бассейну с помощью модели динамики моря МГИ. После завершения расчёта морского прогноза, результаты прогноза (вместе с другими необходимыми данными) передавались из МГИ по Интернету в океанографические центры всех причерноморских стран, включая Институт геофизики им М. З. Нодиа. Там эти данные вводились в региональные математические модели циркуляции, которые уже рассчитывали гидрофизические параметры в отдельных морских районах с высоким разрешением. После завершения расчётов, результаты региональных прогнозов снова передавались по Интернету в МГИ, где эти данные анализировались и сравнивались с реальными данными наблюдений.

12:00 ч, 28 июля 2005

(а) Течение, $z = 0$

(б) Температура, $z = 0$

(в) Солёность, $z = 0$

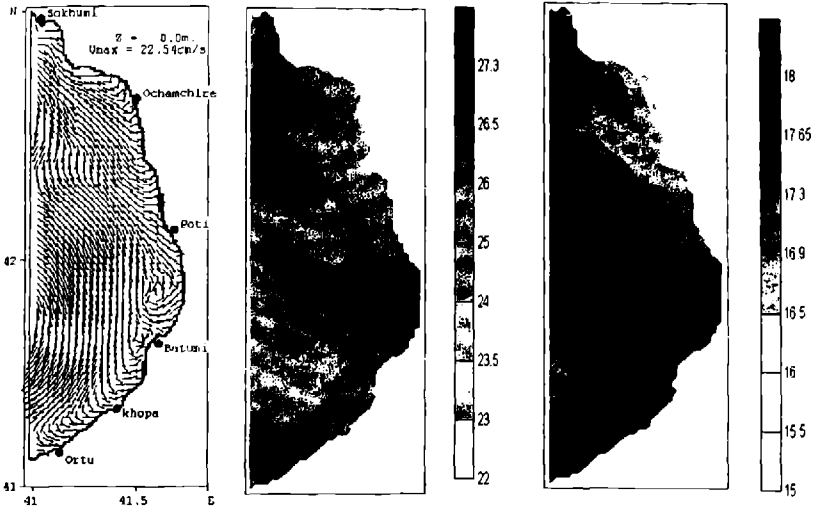


Рис. 8. Рассчитанные прогнозы (а) циркуляции, (б) температуры и (в) солёности к моменту времени 12:00 ч, 28 июля 2005 г. на поверхности Чёрного моря в части Грузинского сектора моря.

12:00 ч, 28 июля 2005

(а) Течение, $z = 10$

(б) Температура, $z = 10$

(в) Солёность, $z = 10$

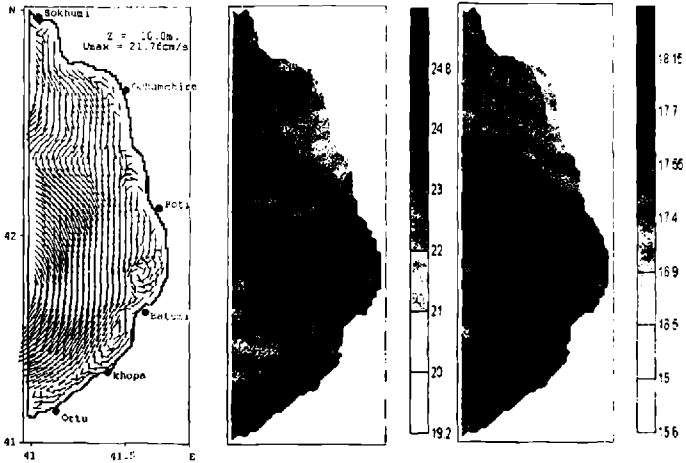


Рис. 9. То же самое, что и на рис. 8, но на глубине 10 м.

На рис. 8 и 9 представлены результаты прогноза за 48 часов циркуляции, температуры и солёности на поверхности моря и на глубине 10 м. В этом случае начало интегрирования соответствовало моменту 12:00 ч 26 июля 2005 года. Из рисунков видно, что в период прогностического интервала, в прибрежной зоне Грузии преобладала циркуляция антициклонического характера, которая, по-видимому, является частью хорошо известного Батумского антициклона. Из рисунков видно также, что узкая береговая зона характеризуется тенденцией формирования антициклонических вихрей малых размеров. Сопоставление результатов морских прогнозов с данными наблюдений, которое проводилось в МГИ, показало способность высоко разрешающей региональной модели реально прогнозировать гидрофизические процессы [40].

Следует отметить, что проведённый международный научно-технический эксперимент по функционированию оперативной системы диагноза и прогноза состояния Чёрного моря вызвал широкий интерес, и его как научное, так и практическое значение было высоко оценено специалистами-океанологами причерноморских стран [41].

6. Заключение

Модели общей и региональной циркуляции, развитые в Институте геофизики им. М. З. Нodia применялись для исследования и прогнозирования циркуляционных процессов Чёрного моря. Численные эксперименты, проведённые с помощью модели общей циркуляции, позволили получить ряд выводов, касающихся влияния отдельных физических факторов на характер общей циркуляции Чёрного моря. Значительными выводами являются: сильные ветры, развитые над территорией Чёрного моря, способствуют распаденю вихревых циркуляций у поверхности моря и наоборот; при умеренных и сильных ветрах, с возрастанием глубины, циркуляция моря претерпевает более существенные качественные и количественные изменения, чем при слабых ветрах, в результате которого, начиная уже с глубины примерно 15-20 метров, циркуляция принимает вихревой характер с формированием основного черноморского потока и циклонических вихрей в открытой части бассейна.

С помощью региональной модели впервые проведены расчёты по моделированию и прогнозу гидрофизических полей в части Грузинской акватории Чёрного моря в рамках международного проекта ARENA. В качестве граничных условий на жидкой границе, отделяющей эту акваторию от открытой части Чёрного моря, использовались результаты расчёта по модели динамики Чёрного моря Морского гидрофизического института (г. Севастополь, Украина).

Литература

1. Grégoire M., Beckers J., Nihoul J., Stanev E. Reconnaissance of the main Black Sea eohydrodynamics by means of a 3D interdisciplinary model. *J. Mar. Sys.* 1997. 16 PP.85-105.
2. Oguz T. The Black Sea biogeochemistry and circulation dynamics. *Proceed. of the Second International Conference on Oceanography of Eastern Mediterranean and Black Sea: Similarities and Differences of two International Basins.* Ankara, Turkey. 14-18 October, 2002. PP. 289-295.
3. Kiknadze A., Kordzadze A., Demetrasvili D., Surmava A., Kacharava G. Simulation of diffusion and sedimentation of Rioni River alluvium in the Georgian Black Sea coast (water area of Poti city). *Bulletin of the Georgian National Academy of Sciences.* 2006. Vol.173. № 3. PP. 504-506.
4. Самойленко В. С. Единство атмосферы и океана. *Вестник МГУ.* 1967. Сер. 5. География. № 6. С. 20-30.
5. Солянкин Е. В. Микроклиматическая роль Чёрного моря. *Океанология* 1964. Т.4. Вып. 2. С. 28-36.
6. Кордзадзе А. А., Скиба Ю. Н. Численные расчёты основных характеристик Чёрного моря в рамках трёхмерной модели. *Препринт ВЦ СО АН СССР.* Новосибирск. 1973. 34 с.
7. Марчук Г. И., Кордзадзе А. А., Скиба Ю. Н. Расчёт основных гидрологических полей Чёрного моря на основе метода расщепления. *Изв. АН СССР. Физика атмосферы и океана.* 1975. Т.11. № 4. С.379-393.
8. Марчук Г. И., Кордзадзе А. А., Залесный В. Б. Проблемы математического моделирования морских и океанических течений. В кн.: *Дифференциальные и интегральные уравнения. Краевые задачи.* Тбилиси. 1979. С. 99-151.

9. Марчук Г. И., Кордзадзе А. А. Численное моделирование динамики моря на основе метода расщепления. В Кн.: Численное моделирование климата Мирового океана. ОВМ АН СССР. Москва. 1986. С.151-163.
10. Кордзадзе А. А. Численное моделирование циркуляции вод бассейна Чёрного моря. В кн.: Моделирование гидрофизических процессов в замкнутых водоемах и морях., Москва, Наука. 1988. С.
11. Кордзадзе А. А. Математическое моделирование динамики морских течений. (теория, алгоритмы, численные эксперименты), М.: ОВМ АН СССР, 1989, 218с.
12. Станев Е., Трухчев Д., Русенов В.- Циркуляция вод и численное моделирование течений Чёрного моря. София. Университетское издательство "Климент охридски". 1988. 221 с.
13. Oguz T., Latun V. S., Latif M. A. et al. - Circulation in the surface and intermediate layers in the Black Sea. Deep Sea Res. 1993. Vol.. 1. N 40. PP. 597-612.
14. Демьшев С. Г., Коротаев Г. К. Численное моделирование сезонного хода синоптической изменчивости в Чёрном море. Изв. РАН. Физика атмосферы и океана. 1996. Т.32. №1. С.108-116.
15. Oguz T., P. Malanotte-Rizzoli, D. Aubrey. Wind and thermohaline circulation of the Black Sea Driven by yearly mean climatological forcing. J. Geophys. Res. 100 (C4). 1995. PP.6845-6863.
16. Girgvliani A. The coriolis force parametrization in numerical model of the Black Sea dynamics. J. Georgian Geoph. Soc. 1999 Vol. 4b. PP.15-27.
17. Staneva, J. V., D. E. Dietrich, E. V. Stanev, M. J. Bowman. Rim current and coastal eddy mechanisms in an eddy-resolving Black Sea general circulation model. J. of Marine Systems. Elsevier. 2001. Vol. 31. PP. 137-157.
18. Korotaev, G., T. Oguz, A. Nikiforov, and C. Koblinsky. Seasonal, interannual, and mesoscale variability of the Black Sea upper layer circulation derived from altimeter data. J. Geophys. Res. 108(C4). 3122. 2003. doi:10.1029/2002JC001508.
19. Коротенко К. А., Дитрих Д. Е., Боуман М. Дж. Моделирование циркуляции и переноса нефтяных пятен в Чёрном море. Океанология. 2003. Т.43. №3. С.367-378.
20. Kara, A. B., A. J. Wallcraft and H. E. Hurlburt. A New Solar Radiation Penetration Scheme for use in Ocean Mixed Layer Studies: An Application to the Black Sea Using a Fine - Resolution Hybrid Coordinate Ocean Model (HYCOM). J. Physical Oceanography. 2005. Vol.35. PP.13-32.
21. Kara, A. B., A. J. Wallcraft and H. E. Hurlburt. Sea Surface Temperature Sensitivity to Water Turbidity from Simulations of the Turbid Black Sea Using HYCOM. Journal of Physical Oceanography. 2005. Vol. 35. PP.33-54.
22. Kara, A. B., H. E. Hurlburt, A. J. Wallcraft and M. A. Bourassa. Black Sea Mixed Layer Sensitivity to Various Wind and Thermal Forcing Products on Climatological Time Scales. J. Climate. 2005. Vol. 18. PP. 5266-5293.
23. Demetrasvili D. I. Modeling of hydrophysical fields in the Black Sea. J. Georgian Geophys.Soc.2003. Vol.8b. PP.19-27.
24. Kordzadze A. A., Demetrasvili D. D. Results of numerical experiment on modeling of inner-annual hydrological regime of the Black Sea. J. Georgian Geophys. Soc.2003. Vol.8b PP.3-18.
25. Kordzadze A. A., Demetrasvili D. D. Numerical modeling of inner-annual variability of the hydrological regime of the Black Sea with taking into account of alternation of different types of the wind above its surface. Proceed. of Intern. Conference: "A year after Johannesburg-Ocean Governance and Sustainable Development: Ocean and Coasts – a Glimpse into the Future". Kiev. Ukraine. October 27-30, 2003. PP.495-505.
26. Кордзадзе А. А., Деметрашвили Д. И., Сурмава А. А. О циркуляции в Чёрном море при очень сильных и слабых ветрах. Метеорология и гидрология. 2007. № 9. С. 58-64.
27. Кордзадзе А. А., Деметрашвили Д. И., Сурмава А. А. Численное моделирование гидрофизических полей Чёрного моря в условиях чередования атмосферных циркуляционных процессов. Изв. РАН. Физика атмосферы и океана. 2008. Т.44. № 2, С.227- 238.
28. Kordzadze A., Demetrasvili D. Simulation and forecast of hydrophysical fields in the part of the Georgian Black Sea coastal zone. J. Georgian Geophys. Soc. 2008. Vol.12b. PP.3-16.
29. Зилитинкевич С. С., Монин А. С. Турбулентность в динамических моделях атмосферы Ленинград, Наука. 1971. 44 с.
30. Марчук Г. И., Кочергин В. П., Саркисян А. С. и др. Математические модели циркуляции океана. Новосибирск, Наука. 1980. 288 с.
31. Кордзадзе А. А. Об единственности решения одной задачи динамики океана. ДАН СССР. 1974. Т.219. № 4. С.856-859.

32. Кордзაძე А. А. Математические вопросы решения задач динамики океана. Новосибирск, ВЦ СО АН СССР. 1982. 148 с.
33. Сухонос В. И. О корректности в целом трёхмерной задачи динамики океана. В кн.: Механика неоднородных сплошных сред. Новосибирск, СО АН СССР. 1981. Вып. 52. С. 37-53.
34. Марчук Г. И. Численное решение задач динамики атмосферы и океана. Ленинград, "Гидрометеиздат". 1974. 303 с.
35. Кордзაძე А. А., Деметрашвили Д. И. Результаты моделирования распространения примесей в Чёрном море. (См. настоящий сборник).
36. Кордзაძე А. А., Деметрашвили Д. И. Численные эксперименты по модели динамики Чёрного моря, учитывающей поглощение солнечной радиации. В кн.: Вычислительная математика и математическое моделирование. Труды международной конференции, посвящённой 75-летию со дня рождения акад. Г. И. Марчука и 20-летию основания Института Вычислительной математики Российской АН. Москва. 2000. Т. 1, С.125-134
37. Атлас волнения и ветра Чёрного моря. Ленинград, "Гидрометеиздат". 1969. 112 с.
38. Kordzadze A., Tavartkiladze K., Kvaratskhelia D. A structure of the wind continuous field on the Black Sea surface. J. Georgian Geophys. Soc.2000. Vol.5b. PP.28-38.
39. Богуславский С. Г., Ефимов В. В., Черкесов Л. В. и др. Комплексные океанографические исследования Чёрного моря. Киев, "Наукова думка", 1980. 240 с.
40. Korotaeв G. K., Dorofeeв V. L., Kubriakov A. I., Cordoneanu E., Grigoriev A. V., Nesterov E. S., Kordzadze A., Oguz T., Slabakov H. - Development of the hydrometeorological service system for the Black Sea region including diagnosis and forecast of hazardous events (project ARENA). The International Conference on the problems of hydrometeorological security (prediction and adaptation of the society to the extreme climatic changes). M., Russia, September 26-29, 2006.
41. Оперативная океанография: Чёрное море под контролем учёных. Газета "Слава Севастополя". Украина. 2005. № 153(22088). 19 августа.

პირითადი ჰიდროფიზიკური ველების მოდელირება და პროგნოზი შავ ზღვაში

კორძაძე ა., დემეტრაშვილი დ.

რეზიუმე

განხილულია მთელ შავ ზღვასა და ზღვის აუზის საქართველოს სექტორში მიმდინარე დინამიკური პროცესების მოდელირების ზოგიერთი შედეგები შავი ზღვის ზოგადი (4,9კმ სიღრმის გარჩევისუნარიანობით) და რეგიონალური (1კმ სიღრმის გარჩევისუნარიანობით) ცირკულაციის ბაროკლინური პროგნოსტიკული მოდელების საფუძველზე, რომლებიც განვითარებულია მ. ნოდას გეოფიზიკის ინსტიტუტში. მოდელები დაფუძნებულია ოკეანის ჰიდროფერმოდინამიკის განტოლებათა სისტემებზე პიდროსტატიკურ მიახლოებაში, რომელთა ამოსახსნელად გამოყენებულია გახლენის ორციკლიანი მეთოდი. შავი ზღვის ჰიდროლოგიური რეჟიმის შიდა წლიური ცვალებადობის მოდელირების რიცხვითი ექსპერიმენტი ჩატარებულია შავი ზღვის ტერიტორიისათვის დამახასიათებელი ატმოსფერული ცირკულაციის სხვადასხვა ტიპების მონაცემების პირობებში. რეგიონალური მოდელის საფუძველზე ჩატარებულია გამოთვლები ჰიდროლოგიური ველების მოდელირებისა და პროგნოზის მიზნით შავი ზღვის საქართველოს აკვატორიის ნაწილში საერთაშორისო პროექტის ARENA -ს ფარგლებში. თხევად საზღვარზე, რომელიც გამოყოფს აღნიშნულ აკვატორიას შავი ზღვის დია ნაწილისაგან, გამოყენებულია ზღვის ჰიდროფიზიკის ინსტიტუტის (ქ. ხევასტოპოლი, უკრაინა) შავი ზღვის დინამიკის მოდელის საფუძველზე მიღებული შედეგები.

МОДЕЛИРОВАНИЕ И ПРОГНОЗ ОСНОВНЫХ ГИДРОФИЗИЧЕСКИХ ПОЛЕЙ В ЧЁРНОМ МОРЕ

Кордзадзе А. А., Деметрашвили Д. И.

Реферат

Рассматриваются некоторые результаты моделирования динамических процессов по всему бассейну Чёрного моря и в Грузинском секторе морского бассейна на основе бароклинических прогностических моделей общей (пространственное разрешение 4,9 км) и региональной циркуляции (пространственное разрешение 1 км) Чёрного моря, развитых в Институте геофизики им. М. Нодиа. Модели основаны на полных системах уравнений гидротермодинамики океана в гидростатическом приближении и решаются двуциклическим методом расщепления. Численные эксперименты по моделированию внутригодовой изменчивости гидрологического режима Чёрного моря проведены с учётом чередования разных типов атмосферной циркуляции, характерных для территории Чёрного моря. С помощью региональной модели проведены расчёты по моделированию и прогноза гидрофизических полей в части Грузинской акватории Чёрного моря в рамках международного проекта ARENA. В качестве граничных условий на жидкой границе, отделяющих эту акваторию от открытой части Чёрного моря, использовались результаты расчёта по модели динамики Чёрного моря Морского гидрофизического института (г. Севастополь, Украина).

SIMULATION AND FORECAST OF MAIN HYDROPHYSICAL FIELDS IN THE BLACK SEA

Kordzadze A., Demetrasvili D.

Abstract

Some results of modelling of dynamic processes in the whole basin and Georgian sector of the Black Sea on the basis of the basin-scale (spatial resolution 4,9 km) and regional (spatial resolution 1 km) baroclinic prognostic models of the Black Sea, developed at M. Nodia Institute of Geophysics are considered. The models are based on the full systems of the ocean hydrothermodynamic equations in hydrostatic approximation. A two-cyclic splitting method is used for solution of the equation systems. Numerical experiment on modelling of inner-annual variability of a hydrological mode of the Black Sea is carried out with taken into account of alternation of different types of atmospheric circulation, characteristic for the territory of the Black Sea. By means of the nested grid regional model calculations on modelling and forecast of hydrophysical fields in the Georgian water area of the Black Sea within the International project ARENA are carried out. As boundary conditions on the liquid boundary, separating this water area from the open part of the Black Sea, results of calculation by the Black Sea dynamics model of Marine Hydrophysical Institute (Sevastopol, Ukraine) were used.

РЕЗУЛЬТАТЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ПРИМЕСЕЙ В ЧЁРНОМ МОРЕ

Корძაძე А. А., Деметрашвили Д. И.

Институт геофизики им. М. Э. Нодия, 0193, Тбилиси, ул. Алексидзе, 1

1. Введение

За последние десятилетия интенсивно происходит загрязнение отдельных регионов Мирового океана нефтепродуктами и другими высокотоксичными веществами антропогенного происхождения. В этом отношении особое место занимают внутренние водоёмы, которые из-за малого водообмена с Мировым океаном, особо чувствительны к антропогенным нагрузкам. Связанное, в первую очередь, можно отнести к Чёрному морю, загрязнение которого значительно прогрессирует [1-3]. Основными источниками загрязнения являются водный транспорт, сточные воды промышленных предприятий, попадающие в море реки, атмосферные осадки, оседающие на поверхность моря разные примеси и др. Источниками загрязнения могут быть также техногенные аварии, при которых возможен рисковый выброс большого количества нефти и других загрязняющих веществ в морской бассейн.

Изучение закономерностей и прогноз распространения примесей в морях и океанах являются одной из самых актуальных проблем современной оперативной океанографии, которая помимо экспериментальных методов исследования, требует широкого привлечения математических методов с целью создания адекватных моделей распространения примесей в водных бассейнах. Известно, что в изменении концентрации любой примеси, попавшей в море, наряду с физико-химическими и биологическими факторами, большую роль играют гидродинамические факторы, связанные с перемещением примеси течениями и её рассеянием турбулентными вихрями. Поэтому моделирование и прогноз распространения примесей есть комплексный вопрос, который требует знания циркуляционных параметров, а эти параметры можно получить на основе моделей динамики моря. По этой причине математическое моделирование распространения примесей тесно связано с моделированием циркуляционных процессов.

Модели распространения примесей должны стать основой для оперативного получения информации о текущем и будущем состоянии морской среды, что даёт возможность оптимизировать и проводить более эффективные мероприятия с целью сведения к минимуму негативных последствий загрязнения морской среды.

Моделированию распространения разных примесей в Чёрном море и других акваториях Мирового океана посвящен ряд работ (например, [4-13]). Эти вопросы широко рассмотрены также в монографиях [14-17].

Намноговажной экологической проблемой может оказаться также нахождение источника загрязнения, когда его местоположение не известно. Хорошо известно, что Чёрное море (как и некоторые внутренние моря) иногда являлось местом захоронения сильно токсичных веществ. Такие захоронения, находящиеся в глубинных слоях моря, являются "бомбой замедленного действия". Со временем, в результате нарушения из-за коррозии герметичности корпусов, содержащих эти вещества, они могут стать причиной значительной катастрофы - отравления большой части акватории моря. В некоторых случаях местоположения таких захоронений не известны. Нахождение таких источников с целью их нейтрализации связано с проведением дорогостоящих экспериментальных работ. Поэтому, разработка теоретических методов установления местоположения источника позволяет избежать больших финансовых затрат.

Важной проблемой для прибрежных зон морей является также изучение распространения твердых наносов рек, которые играют большую роль в процессах пляжеобразования и формирования береговых линий [18, 19].

Разработаннные нами модели динамики моря [20- 23] дали возможность рассмотреть ряд задач, связанных с моделированием распространения равных примесей в Чёрном море. В настоящей статье представлены некоторые результаты моделирования распространения примесей в Чёрном море, полученные на основе двумерных и трёхмерных математических моделей, а также математический метод установления местоположения источника, если известны концентрации загрязняющего вещества в некоторых точках морского бассейна [24- 31]. Задачи основаны на обычных и сопряжённых уравнениях перенос-диффузии, а компоненты скорости течения, входящие в эти уравнения, получались на основе моделей динамики Чёрного моря [20, 21]. Для численного решения этих уравнений используется двучиклический метод расщепления по координатным линиям [32, 33].

2. Моделирование распространения нефти на поверхности Чёрного моря

2.1 Описание модели

Численно моделировалось распространение нефтяного загрязнения, появившегося в результате аварийного сброса нефти в большом количестве в открытой части Чёрного моря. С этой целью в двумерной области Ω с боковой линией S используется двумерное уравнение переноса-диффузии

$$\frac{\partial \varphi}{\partial t} + \frac{\partial u \varphi}{\partial x} + \frac{\partial v \varphi}{\partial y} + \sigma \varphi = \frac{\partial}{\partial x} \left(\mu_{\varphi} \frac{\partial \varphi}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\mu_{\varphi} \frac{\partial \varphi}{\partial y} \right) + f$$

Со следующими граничными и начальными условиями:

$$\begin{aligned} \partial \varphi / \partial n &= 0 && \text{на } S, \\ \varphi &= \varphi^0 && \text{при } t = 0. \end{aligned}$$

Здесь φ - концентрация нефтяного загрязнения; σ - коэффициент консервативности, где T_0 представляет собой интервал времени, в течение которого концентрация загрязнения уменьшается для рача из-за физико-химических и биологических процессов (импр., испарение нефти, седиментация, микробиологическое разложение и т. д.); f описывает распределение мощности источника, которая в случае точечного источника можно изобразить с помощью дельта функции

$$f = Q \delta(x - x_0) \delta(y - y_0),$$

где x_0 и y_0 координаты местоположения источника. Коэффициент горизонтальной турбулентной диффузии μ_{φ} рассчитывался по формуле, предложенной в [34].

Горизонтальные компоненты скорости течения u и v , которые рассчитывались на основе баротропной модели динамики моря [20] с использованием среднегодового климатического поля потенциального напряжения трения на поверхности Чёрного моря, удовлетворяли уравнению неразрывности, а нормальна к боковой поверхности скорость течения принималась равной нулю.

2.2. Результаты численных экспериментов

Численные эксперименты были проведены в случае местоположения источника в разных точках акватории моря, когда в море разлилось 10000 или 100000 тонн нефти. Параметры задачи имели следующие значения: $T_0 = 180$ дней, пространственный шаг $\Delta x = \Delta y = 37$ км, а временной шаг $\Delta t = 1$ ч.

Рис.1 иллюстрирует процесс распространения нефтяного загрязнения, когда нефть в количестве 100000 т разлилась в точке (в течение 10 часов), расположенной в северо-западной части основного черноморского течения (ОЧТ) с координатами $44^{\circ} 11'$ с.ш. и $31^{\circ} 02'$ в.д., где течение направлено на юго-запад. Характер деформации нефтяной плёнки хорошо соответствует характеру циркуляции Чёрного моря. Из рисунка видно, что в первые дни после разлива, под влиянием ОЧТ нефтяное загрязнение приближается к берегам Болгарии и Румынии, в то же время нефтяная плёнка постепенно расширяется из-за диффузии.

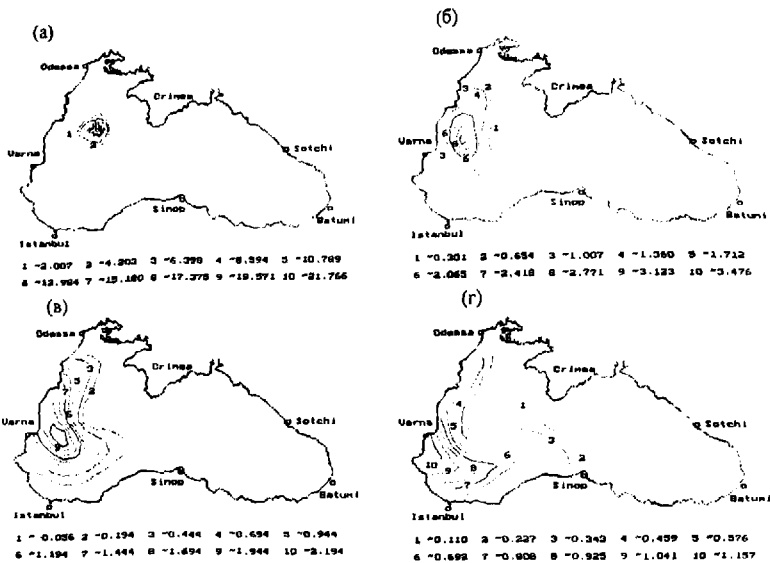


Рисунок 1. Изолинии концентрации нефти (в мг/л) в следующие моменты времени после аварийного разлива нефти: (а) – 2 дня; (б) – 10 дней; (в) – 15 дней; (г) – 30 дней. Координаты точки разлива $44^{\circ} 11'$ с.ш. и $31^{\circ} 02'$ в.д.

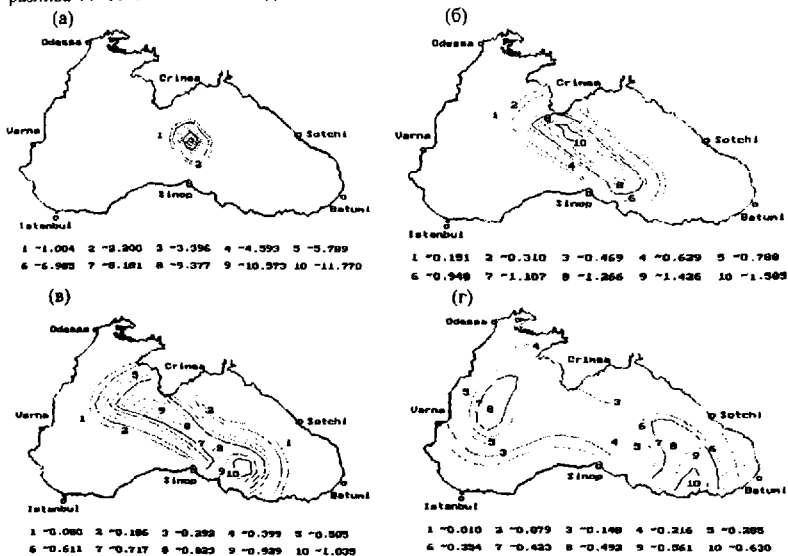


Рис.2. То же самое, что и на рис.1, но в случае точки разлива с координатами $43^{\circ} 11'$ с.ш. и $34^{\circ} 33'$ в.д.

Со временем зона нефтяной концентрации распространяется на восток и одновременно наблюдается уменьшение концентрации, что обусловлено диффузионным расширением этой зоны

и физико-биохимической трансформацией, которая в модели учитывается с помощью параметра σ

В другом численном эксперименте источник был локализован вне ОЧТ, приблизительно в центре бассейна (с географическими координатами $43^{\circ} 11'$ с. ш. и $34^{\circ} 33'$ в. д.), где разливалась нефть в количестве 100000 т в течение 10 часов. В этом случае характер распространения нефти отличается от предыдущего случая, но и в этом случае ОЧТ предопределяет особенности распространения нефти: северная ветвь ОЧТ уносит загрязнение на запад, а южная ветвь - на восток. Со временем в результате диффузионного расширения и биохимических превращений, концентрации нефти уменьшаются.

Проведённые численные эксперименты позволили сделать следующее заключение о характере распространения нефтяного загрязнения на поверхности Чёрного моря в случае аварийного разлива нефти в большом количестве в открытой части моря в условиях среднегодового поля течения:

1. циклонический характер циркуляции поверхностных вод Чёрного моря, а именно ОЧТ в значительной степени обуславливает основные особенности пространственно-временного распространения нефтяного загрязнения;

2. в течение нескольких десятков дней с момента аварийного разлива нефти, характер и масштаб распространения нефтяных концентраций в значительной мере зависят от того факта, в каком районе акватории моря произошла авария. Спустя примерно 1.5-2 месяца после аварийного разлива, процесс распространения нефтяных концентраций практически уже не зависит от местоположения нефтяного источника. Загрязнение распространяется по всей поверхности Чёрного моря и наблюдается тенденция выравнивания концентраций. При этом, нефтяные концентрации постепенно уменьшаются не только из-за диффузионного расширения, но и из-за физико-биохимической трансформаций.

3. Моделирование распространения неконсервативной примеси по всему бассейну Чёрного моря

3.1. Описание модели

Рассматривается пространственная задача распространения в водном бассейне неконсервативной примеси от точечного источника, которая основана на нестационарном трёхмерном уравнении переноса-диффузии

$$\frac{\partial \varphi}{\partial t} + \frac{\partial u\varphi}{\partial x} + \frac{\partial v\varphi}{\partial y} + \frac{\partial w\varphi}{\partial z} + \sigma\varphi = \nabla \mu_{\varphi} \nabla \varphi + \frac{\partial \varphi}{\partial z} \nu_{\varphi} \frac{\partial \varphi}{\partial z} + f,$$

где

$$\nabla \mu_{\varphi} \nabla \varphi = \frac{\partial}{\partial x} \mu_{\varphi} \frac{\partial \varphi}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial y} \mu_{\varphi} \frac{\partial \varphi}{\partial y}$$

В качестве граничных условий рассматривались однородные условия Неймана на поверхностях, ограничивающих область решения, а в начальный момент примесь отсутствовала. Компоненты скорости морского течения u , v и w получались в результате реализации бароклинной модели динамики моря [21-23] и удовлетворяли уравнению неразрывности.

3.2. Результаты численных экспериментов

На основе предложенной модели были проведены численные эксперименты по моделированию распространения неконсервативной примеси от точечного источника, расположенного в глубоких слоях Чёрного моря. Численные эксперименты отличались географическими координатами и глубиной расположения гипотетического источника (80S, 120S, 220S м). Во всех этих экспериментах радиоактивная примесь Стронций-90 (^{90}Sr) непрерывно выделялась в морскую среду количеством 2000 кюри в год. Интегрирование уравнения переноса-диффузии происходило до установления динамического равновесия, которое достигалось спустя 39 модельных лет, и рассчитанные распределения концентраций анализировались к этому моменту времени.

Параметры задачи имели следующие значения:

$$\mu_p = 2.10^7 \text{ см}^2/\text{с}, \quad \nu_p = 30 \text{ см}^2/\text{с}, \quad \alpha = 0, \quad \tau = 6 \text{ ч}, \quad T_0 = 28 \text{ лге}$$

Отметим, что такое значение T_0 соответствует периоду полураспада радиоактивного изотопа Стронций -90.

На рис. 3 и 4 представлены результаты моделирования численного эксперимента, когда источник находился на глубине 1205 м в акватории г. Севастополя. На рис.3 изображены изолинии концентраций примеси на горизонтах 1105 и 85 м, а на рис. 4 - в вертикальных сечениях, соседних к сечению, где расположен источник.

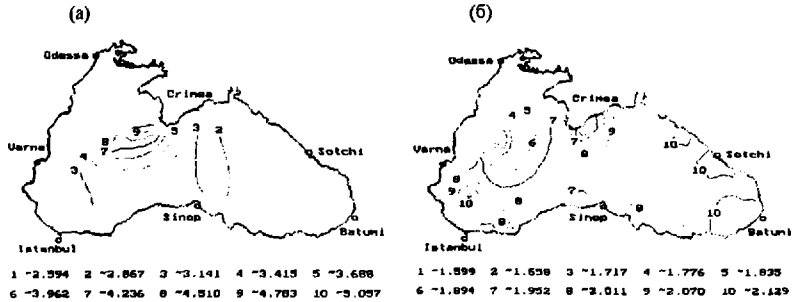


Рис.3. Концентрации Sr^{90} (Бк/м³) на горизонтальных плоскостях (а) - 1105 м; (б) - 85м. Источник находился на глубине 1205 м.

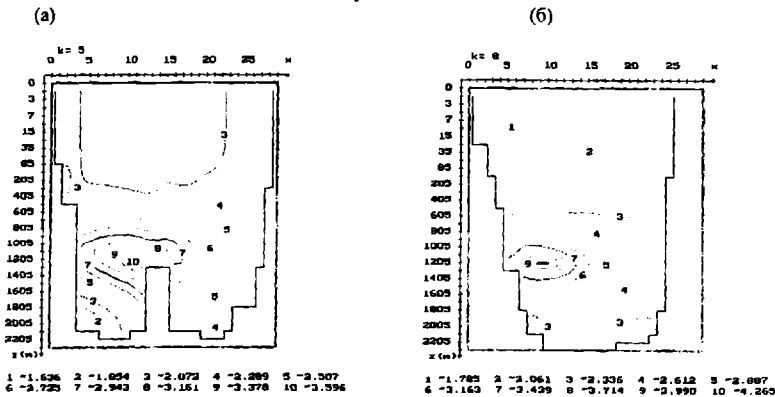


Рисунок 4. Концентрации Sr^{90} (Бк/м³) в вертикальных сечениях. Источник находился на глубине 1205 м.

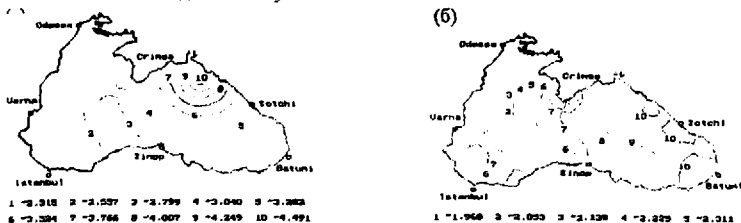


Рис.5. Концентрации Sr^{90} (Бк/м³) на горизонтальных плоскостях (а) - 705 м; (б) - 85м. Источник находился на глубине 805 м.

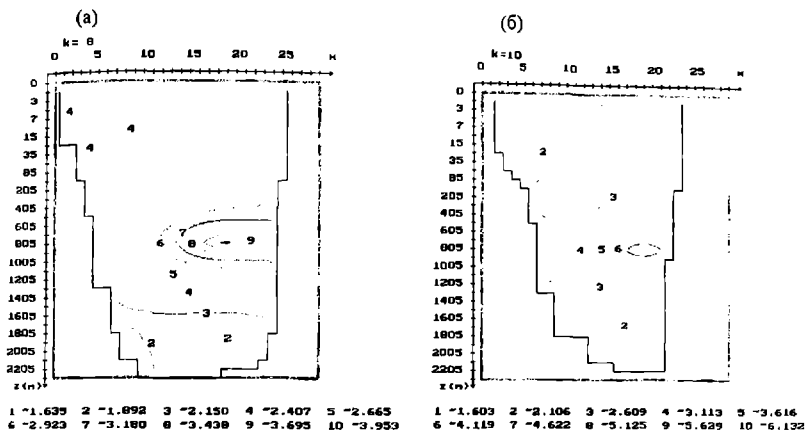


Рис.6. Концентрации Sr^{90} (Бк/м³) в вертикальных сечениях. Источник находился на глубине 805 м.

Анализ проведённых численных экспериментов показал, что

- загрязняющее вещество под влиянием адвективных и диффузионных процессов распространяется от глубокого источника по всем направлениям как по горизонтали, так и по вертикали. При этом значительная концентрация примеси (более 10% концентрации в точке расположения источника) может распространяться до самых верхних слоев моря даже от источника, расположенного в самых глубоких слоях. Поэтому, использование дна Чёрного моря в качестве места захоронения токсичных веществ недопустимо.

- распределение концентраций примеси в верхнем, примерно 100 метровом слое, качественно одно и то же и практически не зависит от координат местоположения глубокого источника.

4. Моделирование распространения твёрдых наносов р. Риони в прибрежной зоне Чёрного моря

Теоретически изучаются некоторые природные процессы в прибрежной зоне Чёрного моря в районе г. Поты на основе математического моделирования с использованием экспериментальных данных. Исследование этих процессов особенно важно для этой акватории, поскольку, как известно из экспериментальных исследований и исторических данных [18, 19], р. Риони всегда играла значительную роль в формировании береговой линии, как в далёком прошлом, так и в текущем периоде.

4.1. Описание модели

Теоретическое изучение процессов распространения и седиментации твёрдых наносов р. Риони проведено на основе комплексной системы моделирования, которая состоит из гидродинамического блока и блока переноса-диффузии примеси (рис.7). Гидродинамический блок в свою очередь состоит из модели общей циркуляции Чёрного моря и модели локальной циркуляции с очень высоким разрешением, вставленной в сетку модели общей циркуляции. блок переноса-диффузии представляет собой нестационарную трёхмерную модель диффузии и седиментации с высоким пространственным разрешением.

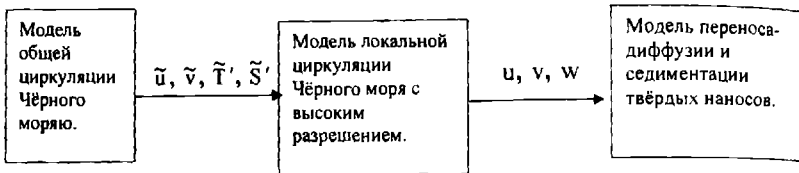


Рис. 7. Схематический рисунок комплексной системы моделирования распространения и седиментации твёрдых наносов.

Рассмотренная область в окрестности г. Поти отделена от остальной акватории моря жидкой границей, где значения скорости, температуры и солёности рассчитываются из модели динамики моря для всего бассейна. Полученная информация на жидкой границе используется в качестве граничных условий для модели локальной циркуляции с высоким разрешением в акватории г. Поти. Рассчитанные компоненты скорости течения используются в модели диффузии и седиментации, которая основана на трёхмерном уравнении переноса-диффузии субстанции с учётом гравитационного оседания

$$\frac{\partial \varphi}{\partial t} + \frac{\partial u \varphi}{\partial x} + \frac{\partial v \varphi}{\partial y} + \frac{\partial (w + w_G) \varphi}{\partial z} = \frac{\partial}{\partial x} \mu_\varphi \frac{\partial \varphi}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial y} \mu_\varphi \frac{\partial \varphi}{\partial y} + \frac{\partial}{\partial z} \nu_\varphi \frac{\partial \varphi}{\partial z}, \quad (4.1.1)$$

где φ - объёмная концентрация жидких частиц, w_G - скорость гравитационного оседания частиц, которую можно определить по формуле Стокса:

$$w_G = \frac{2 \rho_p g r_p^2}{9 \rho \nu}$$

Здесь r_p - радиус частиц; ρ - плотность морской воды; ρ_p - плотность частиц; ν - коэффициент кинематической вязкости морской воды.

Уравнение (4.1.1) решается с использованием следующих граничных и начальных условий:

$$\begin{aligned} \frac{\partial \varphi}{\partial z} &= 0 && \text{при } z = 0, \\ \nu \frac{\partial \varphi}{\partial z} &= \beta \varphi && \text{при } z = H, \\ \varphi &= 0 && \text{на } \Gamma, \\ \varphi &= \varphi^0 && \text{при } t = 0. \end{aligned}$$

Вертикальный поток примеси представлен в виде суммы двух слагаемых:

$$p = -\nu_\varphi \frac{\partial \varphi}{\partial z} + \varphi w_G, \quad (4.1.2)$$

где первое слагаемое представляет собой турбулентный поток примеси, а второе - поток, обусловленный гравитационной скоростью частиц.

Интегрируя (4.1.2) по горизонтальной площади D , получим суммарный поток примеси

$$P_G = - \iint_D \nu_\varphi \frac{\partial \varphi}{\partial z} dx dy + w_G \iint_D \varphi dx dy$$

С целью оценки деформации дна моря, нами рассчитывалась толщина осажённой массы примеси h по формуле

$$h = \gamma \frac{P_L}{\rho_p}, \quad \text{где} \quad p_i = \int_0^{\tau} p dt \quad (4.1.3)$$

представляет собой массу наносов, проходящую через единичную площадь за время T . γ есть эмпирический коэффициент, который введён для учёта механического воздействия волн на массу наносов, осаждённых на дне.

4.2. Результаты моделирования

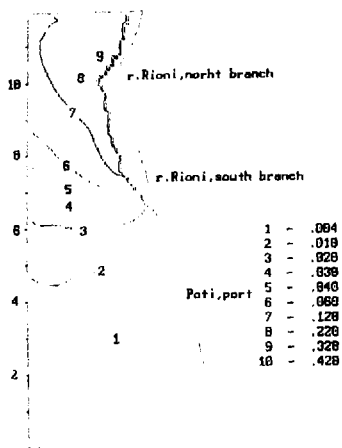
Прямоугольная область с размерами (5.9 x 11.9) км, которая охватывает акваторию г. Поти, покрывалась сеткой с горизонтальным шагом 100м, а по вертикали бралось 30 расчётных уровней с минимальным шагом 0.5 м у поверхности моря и максимальным – 35 м у глубокого дна (максимальная глубина – 274 м). Временной шаг равнялся 1 часу. Гравитационная вертикальная скорость частиц принималась равной 0,003 см/с, что согласно формуле Стокса соответствует частицам с радиусом примерно 0.0031 мм. Предполагалось, что частицы с таким радиусом составляют 60 % стока взвешенных наносов, которые между рукавами р. Риони распределяются следующим образом: 2/3 часть проходит через северный рукав, а остальная часть – через южный. Коэффициент горизонтальной турбулентной диффузии принимался равным 6.10^4 см²/с, а вертикальной $\nu_{\phi} = 10$ см²/с.

С помощью предложенной модели проведён численный эксперимент по сезонной изменчивости в течение одного модельного года. В начальный момент времени $t = 0$ концентрация примеси в морской среде считалась нулевой, а счёт проводился на один модельный год. Начало счёта соответствовало 15 январю. В расчётах использовались среднегодовое месячные данные (1971-1984, 1988-1991 гг.) о расходе взвешенных наносов, выносимых р. Риони [18].

На рис.8 показано поле концентрации лёгкой фракции наносов р. Риони ($w_G = 0,003$ см/с) в прибрежной зоне на глубинах 1 и 5 м, соответствующее февралю. Результаты численного эксперимента показали, что поля распределения концентраций в разные сезоны года качественно сходны, но различаются, в основном, количественно и зависят от сезонной изменчивости расхода наносов р. Риони. Максимальная концентрация наносов наблюдается в мае, а минимальная – в сентябре.

Характерной особенностью распределения концентраций является то, что зоны высоких концентраций на верхних уровнях локализованы в устьевых областях южных и северных рукавов р. Риони. Как и следовало ожидать, морское течение, имеющее в приповерхностном слое северо-западное, северное или северо-южное направления в течение года, способствует переносу наносов на север и следовательно, наносы в меньшем количестве распространяются в сторону порта – в южном направлении их концентрации постепенно уменьшаются. Наблюдается также уменьшение концентраций с глубиной во все периоды года. Нами моделировалось распространение взвешенных частиц и в том случае, когда южный рукав был перекрыт, и вся масса наносов проходила через северный рукав. В этом случае зоны высоких концентраций сосредоточены у северного рукава дельты и наносы практически не достигают порта. Модельные расчёты, проведённые с более тяжёлой фракцией наносов, показали также зависимость характера распространения наносов от их гранулометрического состава. При возрастании размеров частиц и, соответственно, их гравитационной скорости, область их распространения значительно уменьшается, поскольку такие гидродинамические факторы, как течения и турбулентная диффузия, не могут переносить примесь далеко от устьев.

(a)



(б)

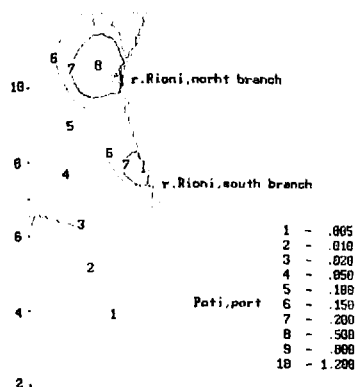


Рис. 8. Концентрации твёрдых наносов на глубине 5 и 1 м в феврале (в единицах кг/м³)

Скорость осаждения частиц на единичную площадь в разные месяцы неодинакова и изменяется в течение года в зависимости от сезонной изменчивости расходов взвешенных наносов р. Риони. Гораздо интенсивнее идёт скорость седиментации в ближайших к устьям рукавов точках. Количество осажённой массы в течение года больше всех получалось в области перед устьями рукавов и существенно уменьшалось в южном направлении в сторону порта. Следует отметить, что картины распределения концентраций и седиментации частиц получены при отсутствии морского волнения. Для оценки деформации дна моря нами была вычислена толщина массы, осажённой в течение одного года, в узлах расчётной сетки по формуле (4.1.3). Расчёты показали, что осажённая масса наносов может значительно деформировать дно в окрестностях устьев рукавов р. Риони, где толщина осажённой массы получалась порядка 1 м..

5. Теоретический метод установления местонахождения источника загрязнения

В [15] на основе математического аппарата сопряжённых задач была рассмотрена важная экологическая проблема оптимального размещения промышленных предприятий с таким условием, чтобы суммарное годовое загрязнение населённых пунктов, зон отдыха и других экологически значимых зон от вредных промышленных выбросов не превышало допустимых санитарных норм. В настоящей работе этот аппарат используется для другой важной экологической проблемы – определения местонахождения источника загрязнения в водоёме, если известны концентрации загрязнения в некоторых точках водного бассейна [26, 27, 29].

5.1. Описание теоретического метода

Метод основан на решении сопряжённого уравнения переноса-диффузии и свойстве двойственности соответствующих функционалов. Согласно этому свойству, функционалы можно вычислять как в результате основной задачи, так и сопряжённой задачи переноса-диффузии.

Опишем кратко сущность метода. Допустим, что поле концентрации примеси в морском бассейне Ω с боковой поверхностью Σ и глубиной H создаётся в результате действия стационарного точечного источника с мощностью Q , расположенне которого заранее неизвестно, и в результате наблюдений нам известны значения концентраций в отдельных точках $\vec{c}_i \in \Omega$ ($i=1,2,\dots,N$) верхнего слоя моря во временном интервале $(0, T)$. Точечный источник можно

представить с помощью дельта функции $\delta(\vec{r}) = Q\delta(\vec{r} - \vec{r}_0)$, где \vec{r} произвольная точка с координатами x и y , а \vec{r}_0 - точка местоположения источника с координатами x_0 и y_0

Нашей целью является определение окрестности $\omega \subset \Omega$, где может находиться источник. Для решения проблемы нахождения источника рассматривается N количество сопряжённых уравнений переноса-диффузии с соответствующей правой частью p_i ,

$$-\frac{\partial \varphi_i^*}{\partial t} - u \frac{\partial \varphi_i^*}{\partial x} - v \frac{\partial \varphi_i^*}{\partial y} - w \frac{\partial \varphi_i^*}{\partial z} + \sigma \varphi_i^* = D \varphi_i^* + P_i, \quad i = 1, 2, \dots, N \quad (5.1.1)$$

Это уравнение решается при следующих граничных и начальных условиях

$$\varphi_i^* = 0 \quad \text{или} \quad \frac{\partial \varphi_i^*}{\partial z} = 0 \quad \text{при} \quad z = 0 \quad (5.1.2)$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial \varphi_i^*}{\partial z} &= \alpha \varphi_i^* & \text{при} & \quad z = H, \\ \frac{\partial \varphi_i^*}{\partial n} &= 0 & \text{на} & \quad \Sigma \end{aligned} \quad (5.1.3)$$

$$\varphi_i^* = 0 \quad \text{при} \quad t = T, \quad (5.1.4)$$

Функцию p_i можно выбрать по-разному, исходя из физической сущности рассматриваемой проблемы. В нашей задаче эту функцию будем определять с помощью дельта функции

$$P_i(\vec{r}, t) = \delta(\vec{r} - \vec{r}_i)$$

Таким образом, сопряжённая задача (5.1.1) – (5.1.4) решается столько раз, сколько точек подобрано в верхней части моря. В отличие от основной задачи, решение сопряжённой задачи происходит по убыванию t в интервале $T \geq t \geq 0$.

Нетрудно показать, что имеет место следующее равенство [15, 29]

$$J_{p_i} = \int_0^T dt \iiint_{\Omega} P_i \varphi d\Omega = \int_0^T dt \iiint_{\Omega} \varphi_i^* f d\Omega \quad (5.1.5)$$

Равенство (5.1.5) выражает двойственность функционала J_{p_i} . Это означает, что функционал J_{p_i} может быть вычислен, как путем решения прямой задачи, так и путём сопряжённой задачи. Если p_i и f выразить с помощью дельта функции, равенство (5.1.5) можно переписать следующим образом:

$$J_{p_i} = \int_0^T \varphi(\vec{r}_i, t) dt = Q \int_0^T \varphi_i^*(\vec{r}_0, t) dt \quad (5.1.6)$$

Местонахождение источника будет определяться следующим образом: для каждой подобранной точки $\vec{r}_i \in \Omega$ ($i=1, 2, \dots, N$) будет решена сопряжённая задача (5.1.1)-(5.1.4) и будет вычислен

соответствующий функционал $Q \int_0^T \varphi_i^*(\vec{r}_i, t) dt$. Подмножество возможных местоположений

источника ω_i ($i = 1, 2, \dots, N$) для каждой подобранной точки, будет определяться из условия двойственности (5.1.6). Область расположения источника ω определяется, как пересечение подмножеств ω_i . В общем случае область, кроме реальной точки расположения источника \vec{r}_0 , может содержать и другие точки. Очевидно, что чем меньше точек содержит область ω , тем более точно определяется местоположение источника.

5.2. Апробация метода

Тестовые численные эксперименты заключались в следующем: в результате решения основной задачи переноса-диффузии в интервале $(0, T)$ по известной мощности и местоположению источника получали рассчитанные концентрации примеси по всему бассейну. После этого мы "забывали" координаты местоположения источника и ставили себе цель - определить местоположение источника по вышеописанному методу. Метод был апробирован в двух случаях: (а) источник находился на поверхности моря (случай разлива нефти на морской поверхности, двумерная задача); (б) источник находился в глубоких слоях моря (трёхмерная задача). В обоих случаях была исследована чувствительность метода по отношению к основным параметрам задачи.

Рис.9 иллюстрирует определение местоположения источника в том случае, когда источник находился на глубине 805м. В результате решения прямой задачи переноса-диффузии примеси было получено поле концентрации спустя 10 модельных лет и было подобрано пять точек в поверхностном слое. На рис.9 подмножества ω_i ($i=1,2,\dots,5$), которые соответствуют подобранным точкам, определяют возможные области местоположения источника. Пересечение этих подмножеств ω (последняя картина) содержит одну точку (рис.9е), которая показывает местонахождение источника.

Результаты численных экспериментов показали, что:

- метод более точен в том случае, когда источник находится на поверхности моря. В этом случае точность метода зависит от времени, истекшего с момента разлива нефти. Чем меньше времени прошло, тем точнее определяется местоположение источника. Метод достаточно устойчив по отношению к изменению основных параметров задачи и может быть применён на практике.

- В случае расположения источника в глубоких слоях моря, метод тем точнее, чем на меньшей глубине находится источник. Когда источник находится в очень глубоких слоях ($\sim 2000\text{м}$), метод определяет глубину и область расположения источника, но эта область сравнительно расширена.

Погрешности измерения концентраций мало влияют на точность метода, но погрешность, допущенная при оценке мощности источника, заметно отражается на точности метода. Но и в этом случае применение метода на практике значительно облегчит проведение экспериментальных работ по поиску местонахождения источника.

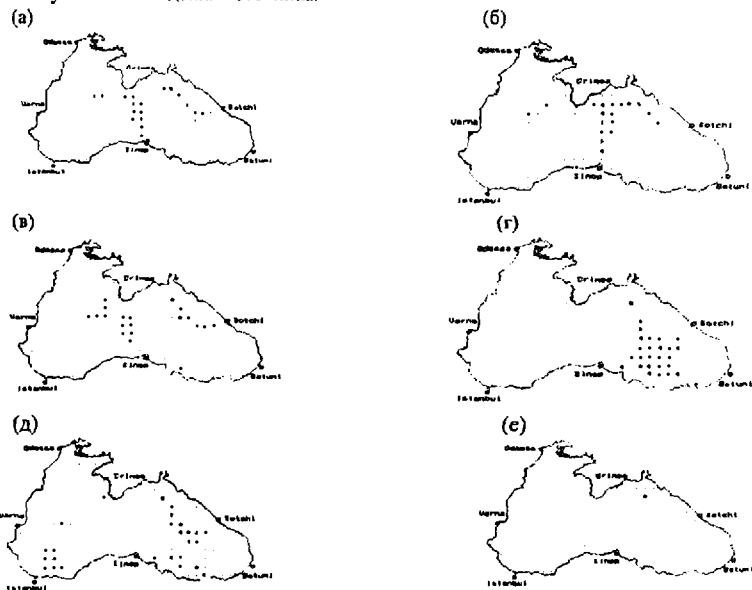


Рис. 9. Подмножества возможных точек местоположения источника: (а) - ω_1 ; (б) - ω_2 ; (в) - ω_3 ; (г) - ω_4 ; (д) - ω_5 ; (е) - ω является пересечением подмножеств.

6. Заключение

Разработанные модели динамики Чёрного моря позволили рассмотреть ряд задач, связанных с распространением примесей в Чёрном море, а именно:

- разработаны и реализованы модели распространения разлитой на поверхности моря нефти и неконсервативной примеси, поступающей в море от источника, лежащего в глубоких слоях.
- Разработана комплексная система моделирования распространения и седиментации твёрдых наносов р. Риони в восточной прибрежной зоне Чёрного моря (акватория г. Поты). Модель состоит из гидродинамического блока и блока переноса-диффузии и седиментации. На её основе изучены процессы распространения и гравитационного оседания твёрдых наносов в акватории г. Поты.
- апробирован теоретический метод установления местоположения источника загрязнения для бассейна Чёрного моря по известным концентрациям примеси в отдельных точках верхнего слоя моря. Метод апробирован в тех случаях, когда источник находился в глубоких слоях моря (трёхмерная задача) и на поверхности моря (случай разлива нефти на морской поверхности, двумерная задача).

Литература

1. Виноградов М. Е., Арнаут Г. Н. Исследования современного состояния Экосистемы Чёрного моря. В кн.: Исследования экосистемы пелагиали Чёрного моря. М. 1986. С.1-8.
2. Практическая экология морских регионов. Чёрное море. Киев. "Наукова думка". 1990. 250с.
3. Eretniev V. N., Korotayev G. K. The Black Sea GOOS: Advance technologies for sustainable development of the regional environment. Proceedings of the 30th International Conference *Pacem in Maribus. A year after Johannesburg. Ocean Conference and Sustainable Development: Ocean and Coasts – a Glimpse into the Future.* October 27-30, 2003. Kiev. Ukraine. Sevastopol. 2004. PP.460-469.
4. Озмидов Р. В., Попов Н. И. К изучению вертикального водообмена в океане по данным о распространении в нём стронция-90. Изв. АН СССР, Физика атмосферы и океана. 1966. Т.2. № 2. С.183-190.
5. Виноградов А. С. Вертикальная диффузия в океане космогенных изотопов. Океанология. 1978. Т.18 Вып. 1. С.50-57.
6. Виноградов А. С. Вертикальная диффузия в океане радиоактивных выпадений. Океанология 1979. Т.19. Вып.2. С.239-245.
7. Рябченко В. А. Численное моделирование распределения растворённого кислорода в Мировом океане. Океанология. 1977. Т.17. Вып. 6. С.1004-1009.
8. Коган Б. А., Рябченко В. А. Численные эксперименты по сезонной эволюции цикла углерода в океане. Изв. АН СССР, Физика атмосферы и океана. 1982. Т.18. №4. С.373-382.
9. Кочергин В. П., Боковиков А. Г. Численные эксперименты по распространению примесей в море. Метеорология и гидрология. 1984. №3. С.73-79.
10. Шкудова Г. Я., Джигоев Т. З. Численная модель циркуляции вод и распространения примеси в глубоководном бароклинном море (на примере Чёрного моря). Тр. ГОИН. 1975. Вып.126. С. 92-103.
11. Brovchenko I., Kuschan A., Maderich V., Shliakhtun M., Yuschenko S., Zheleznyak M. The modelling system for simulation of the oil spills in the Black Sea. Proceed. of the 3rd EuroGOOS Conference. Athens. 3-6 December, 2002.
12. Korotenko K. A., Mamedov R. M., Mooers C. N. K. Prediction of the transport and dispersal of oil in the south Caspian Sea resulting from blowouts, *Environmental Fluid Mechanics*, Netherlands, "Kluwer Academic Publishers". 2002. Vol.1. N 4. December 2001. PP. 383-414.
13. Коротенко К. А., Дитрих Д. Е., Боуман М. Моделирование циркуляции и переноса нефтяных пятен в Чёрном море. Океанология. 2003. Т.43. № 3. С.367-378.
14. Каган В. А., Рябченко В. А. Трассеры в Мировом океане. Ленинград, "Гидрометеоздат" 1978. 58с.
15. Марчук Г. И. Математическое моделирование в проблеме окружающей среды, Москва, "Наука". 1982. 319 с.
16. Озмидов Р. В. Диффузия примесей в океане. Ленинград, "Гидрометеоздат". 1986. 280 с.
17. Нелепо Б. Я. Ядерная гидрофизика. Москва, "Атомиздат". 1970. 224 с.
18. Джаошвили Ш. Речные наносы и пляжеобразование на Черноморском побережье Грузии. Тбилиси, "Сабчота Сакартвело". 1986. 155 с.
19. Михайлова М. В., Джаошвили Ш. В. Гидролого-морфологические процессы в устьевой области Рионн и их антропогенные изменения. Водные ресурсы. 1998. Т.25. №2. С.152-160.

20. Kordzadze A., Kvaratschelia D., Demetrashvili D. On the specification of the eddy viscosity coefficient in the Black Sea dynamics barotropic problem. J. Georgian Geophys. Soc. Tbilisi. 1998. Vol.3b, PP.59-65.

21. Kordzadze A. A., Demetrashvili D. D. Numerical modeling of inner-annual variability of the hydrological regime of the Black Sea with taking into account of alternation of different types of the wind above its surface. Proceed. of Intern. Conference: "A year after Johannesburg-Ocean Governance and Sustainable Development: Ocean and Coasts – a Glimpse into the Future". Kiev. Ukraine. October 27-30, 2003. PP.495-505.

22. Кордзაძე А. А., Деметрашвили Д. И., Сурмава А. А. Численное моделирование гидрофизических полей Чёрного моря в условиях чередования атмосферных циркуляционных процессов. Изв. РАН. Физика атмосферы и океана. 2008. Т.44. № 2.

С.227- 238.

23. Кордзაძე А. А., Деметрашвили Д. И. Моделирование и прогноз основных гидрофизических полей в Чёрном море, 2008 (см. настоящий сборник).

24. Kordzadze A., Demetrashvili D. 3D numerical model of distribution of nonconservative admixture in the Black Sea. J. Georgian Geophys. Soc., 2000. Vol. 5b. PP.3-11.

25. Kordzadze A., Demetrashvili D. Numerical modeling of distribution of the oil pollution in the Black Sea. J. Georgian Geophys. Soc. 2000. Vol. 5b. PP.12-20.

26. Kordzadze A., Demetrashvili D. Numerical experiments on the determination of the pollution source location in the Black Sea. 3D problem. J. Georgian Geophys. Soc. 2001. Vol. 6b. PP.3-12.

27. Kordzadze A., Demetrashvili D. Numerical experiments on the determination of the pollution source location in the Black Sea. 2D problem. J. Georgian Geophys. Soc. 2001. Vol. 6b. PP.13-22.

28. Demetrashvili D., Kordzadze A. Numerical modeling of distribution of pollution substances in the Black Sea. Reports of enlarged sessions of the seminar of I. Vekua Institute of applied mathematics. 2002. Vol. 17. N 3. PP. 44-57.

29. Demetrashvili D., Kordzadze A. Determination of the pollution source location in the Black Sea on the basis of conjugate equations theory. Reports of enlarged sessions of the seminar of I. Vekua Institute of applied mathematics. 2002. Vol. 17. N 3. PP. 58-70.

30. Kordzadze A., Demetrashvili D., Surmava A. A. A numerical study of spreading of the oil pollution in the natural environment. Экология окружающей среды и безопасность жизнедеятельности. Киев. Украина. 2005. N 2. PP. 77-84.

31. Kiknadze A., Kordzadze A., Demetrashvili D., Surmava A. Kacharava G.- Simulation of diffusion and sedimentation of Rioni River Alluvium in the Georgian Black Sea coast (water area of Poti city). Bulletin of the Georgian National Academy of Sciences. 2006. Vol.173. N 3. PP.504-506.

32. Марчук Г. И. Численное решение задач динамики атмосферы и океана. Ленинград, "Гидрометеониздат". 1974. 303 с.

33. Кордзაძე А. А. Математическое моделирование динамики морских течений. (теория, алгоритмы, численные эксперименты), Москва, ОВМ АН СССР. 1989. 218с.

34. Зилттинкевич С. С., Монин А. С. Турбулентность в динамических моделях атмосферы, Ленинград, Наука. 1971. 44 с.

შეზღვეაში მინარეების გავრცელების მოდელირების შედეგები

კორძაძე ა., დემეტრაშვილი დ.

რეზიუმე

განიხილება ამოცანების ორი ტიპი, რომლებიც დაკავშირებულია ზღვის აუზში მინარეების გავრცელებასთან: (ა) მინარეის კონცენტრაციის ეელის გათვლა წყაროს ცნობილი ადგილმდებარეობისა და სიმძლავრის მიხედვით და (ბ) წყაროს ადგილმდებარეობის დადგენა ზღვის აუზის ზოგადოვანი წერტილებში მინარეის ცნობილი კონცენტრაციების მიხედვით. ამოცანების პირველი ტიპი დაფუძნებულია გადატანადი ფუნქციის ორ და სამგანზომილებიან განტოლებებზე, ხოლო მეორე ტიპი – გადატანადი ფუნქციის შეუღლებულ განტოლებასა და შესაბამისი ფუნქციონალების ორმაგობის თვისებაზე. ამოცანათა ამოხსნისთვის გამოყენებულია გაზღვივის ორციკლიანი მეთოდი

საკორდინატო წრფეების მიხედვით. მოდელირებულია შავი ზღვის ღია ნაწილში დიდი რაოდენობით ჩადერილი ნაუთობისა (ორგანზომილებიანი ამოცანა) და ზღვის ღრმა ფენებში მოთავსებული უწყვეტი მოქმედების წერტილოვანი წყაროდან გამოსული არაკონსერვატიული მინარევის (სტრონციუმ-90 – ის მაგალითზე) გაერცელება, აგრეთვე მდ. რიონის მყარი ნატანის გაერცელება და სედიმენტაცია შავი ზღვის აღმოსავლეთ სანაპირო ზონაში (ქ. ფოთის აკვატორია). დატუჭყინების წყაროს დადგენის თეორიული მეთოდი აპრობირებულია ორ შემთხვევაში, როცა წყარო მოთავსებული იყო შავი ზღვის ღრმა ფენებსა და ზღვის ზედაპირზე. განხილულ ამოცანებში გამოყენებული დინების ველები გამოითვლებოდა შავი ზღვის დინამიკის მოდელების საფუძველზე.

РЕЗУЛЬТАТЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ПРИМЕСЕЙ В ЧЁРНОМ МОРЕ

Кордзაдзе А. А., Деметрашвили Д. И.

Реферат

Рассматриваются два типа задач, связанных с распространением примесей в морском бассейне: (а) расчёт поля концентрации примеси по известному местонахождению и мощности источника, и (б) определение местонахождения источника по известным концентрациям примеси в некоторых точках бассейна. Первый тип задач основан на решении двумерных и трёхмерных уравнений переноса – диффузии, а второй тип – на решении сопряжённого уравнения переноса-диффузии и свойства двойственности соответствующих функционалов. Для решения задач используется двуциклический метод расщепления по координатным линиям. Моделируется распространение разлитой в большом количестве нефти в открытой части Чёрного моря (двумерная задача) и неконсервативной примеси (на примере Стронций – 90) от точечного источника непрерывного действия, расположенного в глубоких слоях моря (трёхмерная задача), а также распространение и седиментация твёрдых наносов р. Риони в восточной прибрежной зоне Чёрного моря (акватория г. Поты). Теоретический метод установления источника загрязнения был апробирован в двух случаях, когда источник находился в глубоких слоях Чёрного моря и на поверхности моря. Поля течения, использованные в рассмотренных задачах, рассчитывались на основе моделей динамики Чёрного моря.

RESULTS OF MODELING OF ADMIXTURES' DISPERSION IN THE BLACK SEA

Kordzadze A., Demetrasvili D.

Abstract

Two types of problems connected with distribution of an impurity in a sea basin are considered: (a) calculation of a pollution concentration field on a known location and power of the pollution source and (b) definition of a location of the source on known pollution concentrations in some points of the basin. The first type of problems is based on solution of the 2D and 3D transfer-diffusion equations, and the second type – on the solution of the conjugate transfer-diffusion equation and property of a duality of corresponding functionals. For solution of these problems the two-cyclic splitting method on coordinate lines is used. The distribution of the oil poured in a considerable quantity to the open part of the Black Sea (a two-dimensional problem) and a nonconservative impurity (on an example, Strontium – 90) from a point source of the continuous action located in deep layers of the Black Sea (a three-dimensional problem), and also distribution and sedimentation of the Rioni River alluvium in the east coastal zone of the Black Sea (water area of Poti city). The theoretical method of an establishment of the pollution source has been tested in two cases: 1. The source was in deep layers of the Black Sea; 2. The source was on the sea surface. In all considered problems the sea current field is calculated on the basis of models of the Black Sea dynamics.

ЧИСЛЕННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ СРЕДИЗЕМНОГО МОРЯ, ЧЁРНОГО, КАСПИЙСКОГО МОРЕЙ И ОКРУЖАЮЩЕГО ИХ РЕЛЬЕФА НА РАСПРЕДЕЛЕНИЕ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ПОЛЕЙ В КРУПНОМАСШТАБНЫХ ВИХРЯХ АТМОСФЕРЫ

Сурмава А. А., Кварацелия Д. У.

*Институт геофизики. М. З. Нодиа, 0193, Тбилиси, ул. М. Алексидзе 1.
 aasurtava@yuhoo.com*

1. В настоящее время, значительное внимание гидрометеорологов уделяется изучению климатического и экологического состояния регионов, имеющих весьма сложные рельефы [1,2]. Восточная часть Средиземного моря, Чёрное и Каспийское моря и окружающая их территория являются одним из таких регионов Земли. Здесь расположено множество высоких горных хребтов, несколько внутренних морей, крупные озёра, лесные массивы, степи и пустыни, простирающиеся на многие сотни километров. Существующая сеть натуральных наблюдений не может в полном объёме описать всю палитру разнообразных, крупно и мезомасштабных особенностей гидрометеорологических полей в этом регионе. Этот вопрос может частично быть решён с помощью численного моделирования развития метеорологических процессов над Кавказом, Малой и Средней Азией [3-5].

В последние годы, значительное внимание уделяется также проблемам динамики внутренних морей - Средиземного, Чёрного и Каспийского [6-8]. Гидродинамические поля в поверхностном слое морей, главным образом, формируются в результате турбулентного трения ветра и процессами тепло и массообмена между морями и атмосферой. Поэтому, теоретическое исследование роли горных хребтов, расположенных в окрестностях Средиземного, Чёрного и Каспийского морей, на формирование полей ветра над морями имеет важное теоретическое и прикладное значения.

В настоящей статье, используя региональную модель среднemasштабных атмосферных процессов, разработанную в Институте геофизики им. М. Нодиа, исследуются распределения метеорологических полей и эффект влияния восточной части Средоземного моря, Чёрного и Каспийского морей и окружающего их рельефа при перемещении на восток циклонического и антициклонического вихрей синоптического масштаба.

2. Опишем коротко модель. Рассмотрим гидродинамические процессы которые развиваются над восточной частью Средиземного моря, Чёрного и Каспийского морями и над земными территориями, которые окружают эти моря. Область имеет размер 3840км и 2720км по широте и долготе, соответственно, и включает в себя тропосферу и активные слои морей и почвы.

Основные уравнения модели имеют вид:

а) для тропосферы [8-11]:

$$\begin{aligned} \frac{du}{dt} &= -\frac{\bar{p}}{\rho} \frac{\partial \varphi}{\partial x} + (v + g(1 + 0.61q)) \vartheta \frac{\partial z}{\partial x} + \mu du + \frac{1}{\rho h^2} \frac{\partial}{\partial \zeta} \rho v \frac{\partial u}{\partial \zeta}, \\ \frac{dv}{dt} &= -\frac{\bar{p}}{\rho} \frac{\partial \varphi}{\partial y} - lu + g(1 + 0.61q) \vartheta \frac{\partial z}{\partial y} + \mu dv + \frac{1}{\rho h^2} \frac{\partial}{\partial \zeta} \rho v \frac{\partial v}{\partial \zeta}, \\ \frac{\partial \varphi}{\partial \zeta} &= \frac{g}{RT} (1 + 0.61q) \vartheta h, \quad \frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial uh}{\partial x} + \frac{\partial vh}{\partial y} + \frac{\partial \bar{w}h}{\partial \zeta} + \frac{1}{\rho} \frac{dp}{dz} \bar{w} h = 0, \\ \frac{\partial \vartheta}{\partial t} &+ u \frac{\partial \vartheta}{\partial x} + v \frac{\partial \vartheta}{\partial y} + \bar{w} \frac{\partial \vartheta}{\partial \zeta} + S_w = \mu \Delta \vartheta + \frac{1}{\rho h^2} \frac{\partial}{\partial \zeta} \rho v \vartheta \frac{\partial \vartheta}{\partial \zeta} + \frac{L}{\rho c_p} \phi_{cm} - \frac{\partial \theta}{\partial t}, \end{aligned} \quad (1)$$

$$\frac{\partial q'}{\partial t} + u \frac{\partial q}{\partial x} + v \frac{\partial q}{\partial y} + \bar{w} \frac{\partial q}{\partial \zeta} = \mu \Delta q + \frac{1}{\rho} \frac{\partial}{\partial \zeta} \rho v_q \frac{\partial q}{\partial \zeta} - \phi_{\text{кон}} - \frac{\partial Q}{\partial t},$$

$$\frac{\partial m'}{\partial t} + u \frac{\partial m}{\partial x} + v \frac{\partial m}{\partial y} + \bar{w} \frac{\partial m}{\partial \zeta} = \mu \Delta m + \frac{\partial}{\partial \zeta} v_m \frac{\partial m}{\partial \zeta} + \phi_{\text{кон}} - \frac{\partial M}{\partial t} - \frac{\partial N}{\partial t}, w = \frac{\partial z}{\partial t} + u \frac{\partial z}{\partial x} + v \frac{\partial z}{\partial y} + \bar{w} h,$$

$$\frac{d}{dt} = \frac{\partial}{\partial t} + u \frac{\partial}{\partial x} + v \frac{\partial}{\partial y} + \bar{w} \frac{\partial}{\partial \zeta}, \Delta = \frac{\partial}{\partial x^2} + \frac{\partial}{\partial y^2},$$

б) для активного слоя почвы [12,13]:

$$\frac{\partial C}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial z} D(C) \frac{\partial C}{\partial z} - \frac{\partial E(C)}{\partial z}, \frac{\partial T_{\text{сул}}}{\partial t} = K_{\text{сул}} \frac{\partial^2 T_{\text{сул}}}{\partial z^2}, \text{ при } \delta_0 > z > Z_{\text{сул}}; \quad (2)$$

в) для слоя морской воды [8]:

$$\frac{\partial T_{\text{св}}}{\partial t} = K_{\text{св}} \frac{\partial^2 T_{\text{св}}}{\partial z^2} + \frac{1}{C_{\text{св}} \rho_{\text{св}}} \frac{\partial I}{\partial z}, \text{ при } \delta_0 > z > Z_{\text{св}}, \quad (3)$$

где t - время; x, y и z - оси декартовых координат, направленные на восток, север и вертикально вверх, соответственно; $\zeta = (z - \delta) / h$ - безразмерная вертикальная координата; $\delta = \delta_0(x, y) + 100$ м - высота приземного слоя; δ_0 - высота рельефа; $h = H - \delta$; $H(t, x, y)$ - высота тропопаузы; u, v, w и \bar{W} - составляющие скорости ветра вдоль осей x, y, z и ζ , соответственно; $\theta = T' / \bar{T}$, $\varphi = P' / \bar{P}(z)$ - аналоги температуры и давления, соответственно; $\bar{T} = 300\text{K}$; T', P' - отклонения температуры и давления от стандартного вертикального распределения $T(z) = \bar{T} - \gamma z$ и $\bar{P}(z)$, соответственно; γ - стандартный вертикальный градиент температуры; ϑ и θ - мезомасштабная и фоновая составляющие аналога температуры, соответственно; $\vartheta' = \vartheta - \theta$; q и Q - массовая доля водяного пара и фоновая массовая доля водяного пара, соответственно; $q' = q - Q$; m и M - массовая доля облачной воды и фоновая массовая доля облачной воды, соответственно; $m' = m - M$; $T_{\text{сул}}$ и $T_{\text{св}}$ - температуры почвы и морской воды, соответственно; C - объемное содержание почвенной воды; $\rho(z)$ и $\rho_{\text{св}}$ - стандартное вертикальное распределение плотности сухого воздуха и плотность морской воды, соответственно; g - ускорение свободного падения; R - универсальная газовая постоянная для сухого воздуха; C_p и $C_{\text{св}}$ - удельная теплоёмкость сухого воздуха при постоянном давлении и удельная теплоёмкость морской воды, соответственно; S - параметр термической устойчивости; L - скрытая теплота конденсации; $\phi_{\text{кон}}$ - скорость конденсации; μ - коэффициент горизонтальной турбулентности; v, v_g, v_q, v_m - коэффициенты вертикального турбулентного обмена для импульса, температуры, водяного пара и облачной воды, соответственно; $\partial N / \partial t$ - интенсивность выпадения осадков; D - коэффициент диффузии воды в почве; E - коэффициент фильтрации воды в почве; I - поток суммарной солнечной радиации в морской воде; $K_{\text{сул}}$ и $K_{\text{св}}$ коэффициенты температуропроводности почвы и морской воды, соответственно.

В начальный момент времени приняты следующие условия: высота тропопаузы равна 9 км; отклонения искомым метеорологических элементов от их фоновых значений равны нулю; значение аналога фоновой температуры атмосферы задавалось аналитически в виде функции горизонтальных координат. Температура и влажность почвы, температура морских вод равны средним значениям для июня месяца; горизонтальные составляющие скорости ветра вычислены с помощью уравнений геострофического ветра.

На боковых границах области интегрирования горизонтальные градиенты составляющих скорости ветра и отклонений метеорологических элементов от фоновых значений равны нулю.

На поверхности тропопаузы отсутствуют потоки количества движения, тепла, влажности и водности, отклонение давления определяется из условия неразрывности давления на этом уровне [8]. На верхней границе приземного слоя атмосферы турбулентный поток водности равен нулю, турбулентные потоки количества движения, тепла и влажности и водности считаются известными функциями и задаются с помощью широко используемых параметрических формул [10, 12, 14, 15].

На поверхности разделов почва - атмосфера и вода - атмосфера в качестве граничного условия используется уравнение баланса тепла. Объемное содержание воды в почве равно пористости почвы

в случае выпадения осадков. При отсутствии осадков используется условие баланса потоков водности и водяного пара.

Коэффициенты вертикальной турбулентности уменьшались в вертикальном направлении от значения на уровне приземного слоя до $0.001 \text{ м}^2/\text{сек}$ - на высоте 3-4 км от поверхности Земли. Выше они равны $0.001 \text{ м}^2/\text{сек}$. Коэффициент горизонтальной турбулентности равен $5 \times 10^3 \text{ м}^2/\text{сек}$.

Метеорологические параметры принимали известные стандартные значения для средних широт. Фоновое значение относительной влажности равно 40 %, фоновое значение массовой доли водности равно нулю.

Численное интегрирование уравнений (1) осуществлено с помощью схемы Ф. Шумана и Д. Говермейла [16], а уравнений (2), (3) - с помощью схемы Кранка-Николсона. Использована прямоугольная конечно-разностная сетка $96 \times 68 \times 17$ узлов с горизонтальными шагами 40 км и вертикальным шагом 1/17. В почве и морской воде количество уровней равно 20. Шаг по времени равен 4 мин. Вычисления можно провести на любое, необходимое для исследования времени.

Фоновые значения полей температуры и давления выбраны так, чтобы моделировать обтекание рельефа волной циклонического и антициклонического вихрей синоптического масштаба, которые распространяются на восток с фазовой скоростью равной 10м/с. На рис. 1 показаны поля температуры воздуха $T(t, x, y)$, соответствующие им поля геострофической скорости ветра, в начальный момент времени и $t=48$ часов, приземное поле давления на уровне $z=0$ при $t=0$, рассчитанные при отсутствии неровности рельефа. Разность температуры между центрами циклонического и антициклонического вихрей равна 6°С . Максимальная скорость приземного ветра в переходной зоне, расположенной между этими вихрями, достигает 11м/с. Качественно показано, что картина пространственного распределения фоновой температуры и скорости ветра сохраняется и на верхних уровнях атмосферы. Растут лишь значения скорости ветра и уменьшается температура воздуха. Максимальное значение скорости ветра на высоте $z=8\text{км}$ равно 15м/с. Видно, что за 48 часов вихревая волна переместилась на восток на расстояние, равное 1400 км и на месте циклонического вихря появился антициклонический вихрь, и наоборот.

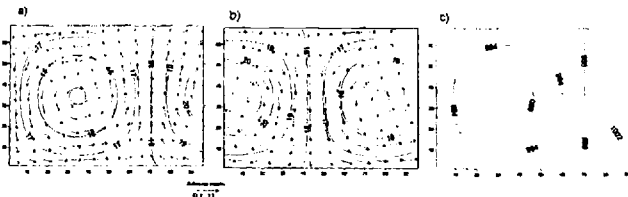


Рис.1. Фоновые распределения вектора скорости ветра (м/сек), изолинии температуры ($^\circ\text{С}$) полученные в момент времени $t=0$ (а), $t=48$ часов (б) и поле давления (мб) при $t=0$ (с), на уровне приземного слоя.

Анализ результатов расчётов показал, что рельеф существенно влияет на пространственное распределение метеорологических элементов. Влияние наиболее значительно в нижней тропосфере. На рис. 2 показаны векторы скорости ветра (а) и отклонения скорости ветра от фонового значения (б), изолинии температуры (в) и отклонения температуры от фонового значения (д) на уровне приземного слоя воздуха $z = \delta(x, y) + 50\text{м}$, полученные к моменту $t=0$ часов. Видно, что воздействие рельефа значительно деформировало фоновое поле течения. Появились отдельные мезомасштабные зоны конвергенций и дивергенций скорости ветра. Над поверхностью Чёрного моря циклонический вихрь принял форму, похожую на очертание береговой линии моря. К югу от Каспийского моря появился мезомасштабный циклонический вихрь. Суммарный эффект влияния рельефа можно оценить с помощью рис. 2 с). Из этого рисунка видно, что воздействие рельефа на крупномасштабное течение воздуха в зонах циклонического и антициклонического вихрей вызывает, в целом, уменьшение интенсивности завихренности. Следовательно, можно полагать, что под воздействием рельефа течение воздуха стремится уменьшить неоднородность в поле ветра, путём формирования отдельных мезомасштабных кинематических структур. Было получено, также, что с удалением от поверхности земли, эффект воздействия рельефа постепенно уменьшается, и на верхней тропосфере ($z=7\text{км}$ и выше) рассчитанная картина скорости ветра мало отличается от фоновой картины. Только над территориями высоких горных хребтов $\delta(x, y) \geq 1.5\text{км}$, на крупномасштабное вихревое поле ветра

наложены отдельные волновые возмущения скорости ветра. Количественно, в рассмотренном случае скорость ветра, из-за воздействия рельефа, может измениться на 15м/с.

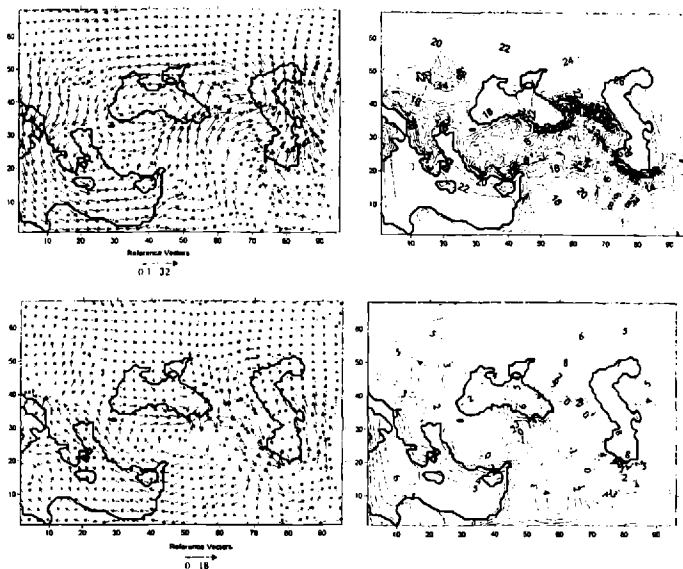


Рис. 2. Векторы скорости ветра (а) и отклонения скорости ветра от фонового значения (б), изолиния температуры (с) и отклонения температуры от фонового значения (д) на уровне приземного слоя воздуха $z = \delta(x, y) + 50\text{м}$, полученные к моменту $t = 0$ часов. Жирными линиями показаны границы суши.

На уровне приземного слоя атмосферы, получено весьма сложное пространственное распределение температуры воздуха (рис. 2 с). Оно значительно отличается от фонового распределения (рис. 1 а). Над сушей формированы отдельные полосы повышенных градиентов температуры, зоны повышения и понижения температуры. Над морской поверхностью поле температуры более гладкое. Существенное увеличение температуры получено в окрестностях Средиземного и Каспийского морей. Максимальная величина значения отклонения температуры от фонового значения здесь достигает 10°C (рис. 2 д).

Через 48 часов, западную часть региона занимает крупномасштабный антициклонический вихрь, восточную - циклонический. Соответствующие распределения полей ветра и температуры на уровне приземного слоя показаны на рис. 3 а) и б). Видно, что крупномасштабные вихри под влиянием орографии значительно деформированы. В районах горных хребтов и возвышенностях получены весьма сложные структуры течения, в которых отмечается некоторое увеличение скорости ветра. Рост скорости ветра особенно заметен над Кавказом. В окрестностях береговых линий морей и вблизи высоких горных хребтов, течения воздуха резко меняют направления, в отдельных районах образуют зоны конвергенции или дивергенции скорости ветра. Над морскими поверхностями поле ветра более гладкое. Восточно-южный ветер над центральной частью Средиземного моря, постепенно становится северным, над её западной частью и, с приближением к западному берегу, он образует мезомасштабный циклонический вихрь (Рис. 3с). Над Чёрным морем получен западный ветер, который имеет некоторую циклоническую завихренность (рис. 3д). Над Каспийским морем получен среднемасштабный циклонический вихрь скорости ветра, с центром над северной частью моря (рис. 3 е).

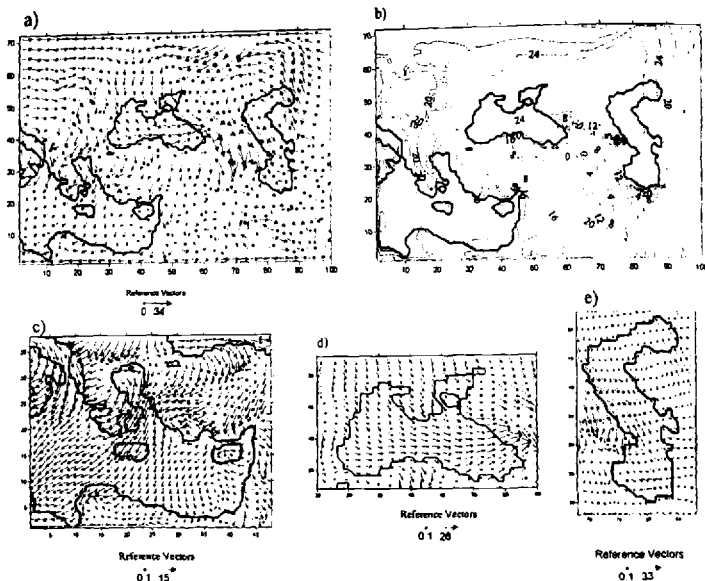


Рис. 3. Векторы скорости ветра на уровне приземного слоя над областью моделирования (а) и над восточной частью Средиземного (с), Чёрного, Каспийского (д) морей и изолинии температуры, полученные к моменту времени $t = 48$ часов. Жирными линиями показаны границы суши

Температура воздуха в западной части, в области расчета, мало меняется с севера на юг. В этой части температура воздуха на севере и на юге находится в пределах 20°C . Над восточной частью региона картина существенно меняется. Здесь температура на севере приблизительно на 12°C больше, чем температура на юге региона. Такое пространственное распределение, по-видимому, можно объяснить механизмом переноса холода с севера на юг в западной части, в движущем на восток циклоническом вихре, и переносом тепла с юга на север в восточной части циклонического вихря. Однако, это предположение следует проверить другими численными экспериментами.

Полученные результаты численного моделирования позволяют заключить, что региональная модель способна качественно и количественно правильно описать воздействие сложного рельефа на крупномасштабные движения атмосферы в районе стыка трёх континентов – Европы, Африки и Азии. Она может быть использована для выяснения механизма взаимодействия орографии, моря и атмосферы в этом регионе Земли.

Литература

1. Michelson, S A and J.-W. Bao. Sensitivity of Low-Level Winds Simulated by the WRF Model in California's Central Valley to Uncertainties in the Large-Scale Forcing and Soil Initialization. *J. App. Meteor. and Climat.*, 2008. 47. PP. 3131-3149.
2. Cairns, M. M., and J. Cory. Mesoscale model simulations of high-wind events in the complex terrain of western Nevada. *Wea. and Forecasting.* 2003. 18. PP. 249-263.
3. Микашавидзе Б. Некоторые особенности учёта влияния рельефа в задачах прогноза погоды. Труды Ин-та гидрометеорологии. 1998. Т. 101. С. 38-45.
4. Khvedelidze Z., Khvedelidze R. On the influence of the relief on the geopotential in the lower layers of the atmosphere. *J. Georgian Geophys. Soc.* 1996. Vol.1. PP. 51-58.
5. Палинашвили К. И. Атмосферные процессы в Закавказье и их связь с макроциркуляционными процессами над Евразией. Ленинград, Гидрометеоиздат. 1963. 184 с.

6. Kordzadze A. A, Demetrasvili D. I. , and Surmava A. A. Numerical modeling of hydrophysical fields of the Black Sea under the condition of alternation of atmospheric circulation proceses. Izvestia, Atmospheric and Oceanic Physics. 2008. Vol. 44. No. 2. PP.227-238
7. А. А. Кордзадзе, А. А. Сурмава, Д. И. Деметрашвили. Численное моделирование поля ветра в окрестностях восточной части Чёрного моря и западной части морей, формируемого влиянием рельефа Кавказского региона. Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа. 2004. Вып. 10. С. 257-264
8. Гутман Л. Н. Введение в нелинейную теорию мезометеорологических процессов в атмосфере. Ленинград, Гидрометеиздат. 1969. 296 с.
9. Марчук Г. И. Математическое моделирование в проблеме окружающей среды. Москва, Наука. 1982. 320 с.
10. Пененко В. В. Методы численного моделирования атмосферных процессов. Ленинград, Гидрометеиздат. 1981. 252 с.
11. Kordzadze A., Surmava A. Mathematical model of middle-scale movements over the Caucasian region in free atmosphere. J. Georgian Geophys. Soc. 1998. Vol.3B PP. 66-73.
12. Матвеев Л. Т. Курс общей метеорологии. Физика атмосферы и океана. Ленинград. Гидрометеиздат. 1984. 752 с.
13. Чудновский А. Ф. Теплофизика почв. Москва, Наука. 1976. 352 с.
14. Марчук Г. И., Дымников В. П., Залесный В. Б., Лыкосов В. Н., Галин В. Я. Математическое моделирование общей циркуляции атмосферы и океана. Ленинград, Гидрометеиздат. 1984. 320 с.
15. Белов П. Н., Борисенков Е. П., Панин Б. Д. Численные методы прогноза погоды. Ленинград, Гидрометеиздат. 1989. 376 с.
16. Shuman F. G., Hovermale L. R. An operational six-layer primitive equation model. J. Appl. Mech.. 1968. 7. No 4. PP. 525-547.

ხმელთაშუა ზღვის აღმოსავლეთი ნაწილის, შავი და კასპიის ზღვებისა და მათ ირგვლივ არსებული ხმელეთის რელიეფის ბავშვების რიცხვითი ბაზოკვლევა მატეოროლოგიური ველუბის ბანაწილბაზუ დიდმასშტაბიან ბრიბალბუში

სურმავე ა., კვარაცხელია დ.

რეზიუმე

მ. ნოდის გეოფიზიკის ინსტიტუტში დამუშავებული საშუალო მასშტაბის ატმოსფერული პროცესები რეგიონალური მოდელის გამოყენებით რიცხობრივად გამოიკვლევა მეტეოროლოგიური ველუბის ბანაწილბებით, რომლებიც გამოწვეულია ხმელთაშუა ზღვის აღმოსავლეთი ნაწილის, შავი და კასპიის ზღვების და მათ ირგვლივ არსებული რელიეფით, აღმოსავლეთით მოძრავ ციკლონურ და ანტიციკლონურ გრივალბუში. ნაწვენებია, რომ რელიეფი ქვედა ტროპოსფეროში იწვევს დიდმასშტაბიანი დინებების მნიშვნელოვან დეფორმაციას და წარმოშობს მეზომასშტაბის ტალღურ და გროვალურ სტრუქტურებს. ზედა ტროპოსფეროში რელიეფის გავლენა გამოვლინდება მეზომასშტაბის ტალღების წარმოშეებაში მაღალი ქედების მიდამოებში, რომლებიც ზედ ედებიან დიდმასშტაბიან გრივალურ მოძრაობებს. რელიეფის ზემოქმედება გამოვლინდება, ასევე, დათბობისა და აცივების მეზომასშტაბური ზონების წარმოშობაში. რაოდენობრივად, რელიეფის ზემოქმედება სინოტიკური მასშტაბის პროცესებზე იწვევს მიწისპირა ქარის ცვლილებას 18მ/წმ-მდე და ტემპერატურის ცვლილებას 10°C-მდე.

ЧИСЛЕННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ СРЕДИЗЕМНОГО МОРЯ, ЧЁРНОГО, КАСПИЙСКОГО МОРЕЙ И ОКРУЖАЮЩЕГО ИХ РЕЛЬЕФА НА РАСПРЕДЕЛЕНИЕ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ПОЛЕЙ В КРУПНОМАСШТАБНЫХ ВИХРЯХ АТМОСФЕРЫ

Сурмава А. А., Кварацхелия Д. У.

Реферат

Региональной моделью среднemasштабных атмосферных процессов, разработанной в Институте геофизики им.М.З. Нодиа, исследуются распределения метеорологических полей и эффект влияния восточной части Средоземного моря, Чёрного и Каспийского морей и окружающего их рельефа при перемещении на восток циклонического и антициклонического вихрей синоптического масштаба. Показано, что влияние рельефа существенно деформирует крупномасштабное поле течения в нижней тропосфере и способствует образованию мезомасштабных волновых и вихревых структур. В верхней тропосфере оно проявляется в возникновении мезомасштабных волновых возмущений над высокими горными хребтами. Влияние рельефа вызывает также образование мезомасштабных зон повышения и понижения температуры. Количественно, из-за воздействия рельефа, скорость крупномасштабного движения может измениться до 18 м/сек а температура - до 10 °С.

NUMERICAL INVESTIGATION OF INFLUENCE OF THE EAST PART OF THE MEDITERRANEAN SEA, THE BLACK AND CASPIAN SEAS AND SURROUNDING RELIEF ON THE METEOROLOGICAL FIELDS DISTRIBUTION

Surmava A., Kvaratskhelia D.

Abstract

The distributions of the meteorological fields, in the moving to east direction the synoptic scale cyclonic and anticyclone vortexes, caused by influence of the Mediterranean Sea east part, the Black and Caspian Seas, by using of the regional model of the mesoscale atmospheric processes elaborated in M. Nodia Institute of Geophysics, are investigated. The calculation showed that influence of the relief in the low troposphere significantly deforms the large-scale field of the current and forms the mesoscale wave and vortex structures. In the top troposphere above high mountain ridges the mesoscale waves are superposed on the large scale motion. Influence of the relief causes also the formation of the mesoscale zones of increase and decrease of temperature. Quantitatively, influence of the relief on the large scale motion can change the wind speed up to 18 m/s and temperatures up to 10°C.

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА О ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННОМ РАСПРЕДЕЛЕНИИ ФОТОХИМИЧЕСКОГО СМОГА И ОЗОНА

Амиранашвили А.Г., Чихладзе В.А., Блиадзе Т.Г.

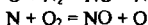
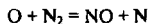
Институт геофизики им. М.З.Нодиа, 0193, Тбилиси, ул. М.Алексидзе, 1, e-mail: avto_amiranashvili@hotmail.com

Вступление

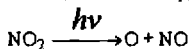
Атмосфера представляет собой сложную физико-химическую систему, которая находится во взаимодействии с поверхностью земли, океаном и биосферой. Её состав непрерывно меняется. В последние десятилетия эти изменения резко ускорились из-за деятельности человека. Промышленность, транспорт и коммунальные службы выделяют в атмосферу вредные для человека и живых организмов опасные, химически активные и токсичные вещества. Некоторые из них формируются непосредственно в воздухе из химически сравнительно нейтральных предшественников. Такие вещества, как углеводороды, окислы азота, серы и углерода могут изменить окислительные свойства атмосферы, т.е. менять свойства атмосферы, трансформировать загрязняющие примеси, перевести их в нейтральные формы и вывести их из воздушной среды. Они также способствуют созданию фотохимического озона и смога в тропосфере, которые негативно действуют на биосферу. Когда окислы азота и серы растворяются в дождевых каплях, они вызывают так называемые кислотные осадки, которые наносят серьёзный ущерб природной среде в индустриальных районах [2, 29].

Смог бывает нескольких типов: влажный смог лондонского типа – совокупность соединений тумана, дыма и отходов промышленных газов; ледяной смог аляскинского типа – смог, который возникает в условиях низких температур из пара отопительных систем и бытовых газов; радиационный туман – туман, который возникает при радиационном охлаждении ниже точки росы влажных масс приземного воздуха и поверхности земли; сухой смог Лос-Анджелесского типа – фотохимический смог, который впервые был замечен в Лос-Анджелесе (США) в период второй мировой войны. Возникновение фотохимического смога связывают с резким ростом автотранспорта. Химические реакции, которые ведут к образованию вторичных загрязнителей, наиболее активно протекают при солнечном свете, поэтому реакции подобного типа называются фотохимическими [4, 6, 7, 32].

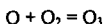
В условиях высокой температуры, которая наблюдается в автомобильных двигателях при сгорании топлива, происходит взаимодействие между входящими в состав атмосферного воздуха кислородом и азотом. Образовавшийся при диссоциации молекул кислорода атомарный кислород способен расщеплять молекулу сравнительно инертного азота, в результате чего инициируется цепная реакция:



В результате чего в выхлопных газах возникает моноксид азота, который, попадая в атмосферу, окисляется атмосферным кислородом и превращается в диоксид азота. Бурый диоксид азота фотохимически активен. Поглощая солнечный свет, он диссоциирует:



Таким образом, в воздухе возникает реакционноактивный атом, который может входить в реакцию с образованием озона:



Фотохимический смог невозможно зафиксировать инструментально. Он представляет собой явление, являющееся результатом действия многих переменных (факторов). Высокая концентрация приземного озона является самым характерным признаком фотохимического смога. Озон не образуется непосредственно при сгорании топлива, а является вторичным загрязнителем. Поэтому в последнее время во всем мире растет внимание к приземному озону, что связано со следующими основными факторами: 1. повышенный озон представляет собой токсичный загрязнитель атмосферы, вследствие чего Всемирная организация здравоохранения внесла его в список пяти основных загрязнителей, содержание которых в атмосфере должно контролироваться при определении качества воздуха; 2. озон играет решающую роль в химических и фотохимических процессах в тропосфере, поскольку определяет его окислительную способность; 3. вызывает беспокойство рост тропосферного и особенно приземного озона на фоне сокращения стратосферного озона на большей части площади континентальных районов северного полушария. Это возможно будет играть значительную роль в тех прямых и непрямых радиационных эффектах, которые определяют региональный и глобальный климат [3, 8, 9, 10, 12, 16, 17, 20, 26, 27].

Кроме этого, в фотохимическом смоге происходят реакции между оксидами азота и несгоревшими органическими соединениями; с участием озона активно протекают реакции образования, так называемых вторичных аэрозолей субмикронных размеров по схеме газ → частица (сульфаты, нитраты и т.п.). В продуктах этих реакций много канцерогенных веществ. Таким образом, фотохимический смог представляет собой многокомпонентную смесь аэрозолей и газов первичного и вторичного происхождения. Основные компоненты смога: озон, оксиды азота и серы, органические соединения перекисной природы, которые в совокупности именуются фотооксидантами.

Пространственно-временные характеристики концентрации приземного озона (КПО) и фотохимического смога

Загрязнение озоном представляет собой опасность в течение летних месяцев, так как интенсивное солнечное излучение и жаркая погода способствуют образованию вредных концентраций озона в воздухе, которым мы дышим. Во многих городах и пригородных районах ряда экономически развитых стран наблюдаются высокие уровни КПО. Однако, во многих сельских районах также испытывают воздействие высоких концентраций озона, так как ветры переносят загрязнения на сотни километров от их источников [5].

Проведённые в конце XIX века измерения показали, что величина КПО в среднем за год колебалась в пределах 11-22 мкг/м³ [18]. Приземный озон меняется в пространстве и во времени. Так например, градиент КПО в Европе меняется в направлении от северо-запада к юго-востоку [21]. В США наблюдается аналогичный градиент КПО [14, 15]. Согласно [25] фоновые значения КПО на континенте (Центральная Европа) составляют 40-60 мкг/м³, а на Западном побережье – 79 мкг/м³, в незагрязненном воздухе в Макхедде (северо-запад Ирландии) [25] и в Альпах (Ароза, 1840 м н.у.м) [19] наблюдались значения 75 мкг/м³. Фоновое значение концентрации приземного озона в нижней тропосфере над континентальной Европой (гора Юнгфраг, 3580 м н.у.м.) достигало 86 мкг/м³ [22]. В Средиземноморском регионе фоновые значения достигают 130 мкг/м³, а в особо загрязнённых районах они часто превышают это значение. Меняются не только концентрация озона, но и его сезонные циклы [23].

Наблюдения за КПО указывают на то, что в XX столетии в Европе имеет место рост на два порядка [19]. Количество записей озона в XIX столетии очень незначительно, поэтому документы о положительном его тренде в нижней тропосфере опираются на исторические данные и количественные записи Парижской обсерватории.

В бывшем Советском Союзе первые представительные наблюдения за приземным озоном в начале 1970-х годов провёл А.С. Бритаев в Долгопрудном (ЦАО), а затем продолжил совместно с Г.П. Фарапоновой в Московской центральной гидрометеостанции. Были оценены суточные и сезонные вариации приземного озона в Москве. Во второй половине 1970 годов начались наблюдения с подвижных платформ (суда и самолёты). Однако первые регулярные наблюдения, которые продолжают и в настоящее время, начались в Грузии (Тбилиси) и в Литве, на побережье Балтийского моря, в начале 1980 годов [35, 43]. В 1989 году начались регулярные измерения приземного озона на высокогорной станции Института физики атмосферы РАН близ г. Кисловодска, затем, в начале 1990 гг. в Долгопрудном (ЦАО), Томске (ИОА СО РАН), на станциях сети фонового мониторинга (ИГКЭ). С 1999 года регулярные работы начаты на Кольском полуострове, на базе ПГИ

КНЦ РАН вблизи посёлка Ловозеро и недавно - наблюдения в районе озера Байкал. С 1995 года практически ежегодно происходят железнодорожные экспедиции «Тройка» вагона, оборудованного широким набором аппаратуры для измерения большого числа малых газовых составляющих (включая озон) и различных метеопараметров, (в т.ч. уникальных) на маршрутах Москва - Хабаровск и Мурманск - Кисловодск. Результаты исследований свидетельствуют о важности, прежде всего, влияния на приземный озон метеорологических факторов и загрязнений воздуха. В числе наиболее актуальных задач на будущее названы существенное расширение сети мониторинга и его метеорологическое обеспечение на уровне, принятом в странах Европы [24, 30, 31, 37, 39, 42].

Наблюдённый в Кисловодске сезонный ход КПО с широким летним максимумом имеет характерный для континентальных станций вид и, в основном, имеет фотохимическое происхождение. Амплитуда сезонного хода приземного озона в Кисловодске составляет 54 мкг/м^3 . Максимальное летнее значение наблюдается в июне-июле и составляет примерно 88 мкг/м^3 , а минимальное зимнее - в ноябре-декабре и составляет в среднем 34 мкг/м^3 [24, 30, 42].

Аналогичный сезонный ход наблюдается также на севере Соединённых Штатов [16]. Зафиксированный, согласно данным наблюдений за сезонными вариациями озона, тренд в течение последних десятилетий соответствует сокращению эмиссии NO_x .

Измерения в Касабланке (26° С.ш. , 50 м н.у.м.) показали, что в отличие от Мауна Лоа (19° С.ш.), где максимум (70 мкг/м^3) приходится на апрель - июнь, а минимум (30 мкг/м^3) на ноябрь - январь, в Касабланке максимум бывает в январе - марте (160 мкг/м^3), а минимум в мае ($17\text{-}27 \text{ мкг/м}^3$). Надо отметить, что на Кубе имеет место запаздывание максимума как по отношению к более высоким широтам, так и к тропическим и субтропическим зонам. Максимальное значение обычно связано с «сухим периодом», когда на остров начинает поступать холодный воздух из умеренных широт, вызывая понижение температуры на $3\text{-}6^\circ \text{ С}$ и повышая КПО до значений

270 мкг/м^3 в тыловой части холодного фронта. Надо отметить, что наличие загрязнённой атмосферы соседней Гаваны, при штиле или южном ветре, может вызвать повышение КПО из-за фотохимических процессов до $60\text{-}150 \text{ мкг/м}^3$. Часты случаи, когда КПО равно нулю - проявляется влияние экваториальной зоны низкого давления, особенно летом, в форме вторжения масс влажного тропического воздуха [28].

В 1983 - 1987 годах проводились измерения КПО озонотрами «Dasibi» в Ленинграде, Алма-Ате, Петродворце, Рыльске. Наиболее сильные суточные вариации КПО - в летний период в Алма-Ате и Ленинграде. В Алма-Ате утром озон почти полностью уничтожен, а днём примерно в 14 часов - аномально высокие концентрации - до 323 мкг/м^3 . Для Ленинграда характерны сильные перепады, обусловленные перемещением воздушных масс разной степени загрязнённости. В чистых, непромышленных Петродворце и Рыльске КПО сходна с сельскими районами [38].

В период 1978 - 1985 гг. в Воейково проводились измерения озона электрохимическим озонотром ЕСС-005 (США). Итоги - средняя КПО за весь период - $32,6 \text{ мкг/м}^3$, абсолютный минимум - 2 мкг/м^3 , абсолютный максимум - 124 мкг/м^3 . В период апрель-август - высокие значения КПО, причём максимальное значение в период 15-18 часов, с отставанием на несколько часов от максимума солнечной радиации. Максимальные суточные изменения - в весенне-летний период, в осенне-зимний очень незначительны или полностью отсутствуют [34].

Проведённые в Ленинграде и Карадаге (Крым) измерения КПО малонерационным озонотром Dasibi (модель 1003 АН), в частности, показали, что минимум содержания озона всегда соответствует минимуму содержания грубодисперсной фракции аэрозоля (с диаметром $> 2 \text{ мкм}$); максимум озона сопровождается минимальной концентрацией мелкодисперсных (с диаметром $< 0,5 \text{ мкм}$) аэрозолей [33].

Измерения, проведённые в Болгарии электрохимическим озонотром в экологически чистом районе на высоте 1750 метров дали следующие результаты: среднесуточная концентрация - 60 мкг/м^3 , т.е. выше, чем на равнине, что обусловлено естественным вертикальным распределением в атмосфере. В течение суток наблюдалась небольшая амплитуда изменения концентрации озона и высокие его уровни в ночное время [36].

Сотрудники ИПП изучали фотохимический тип загрязнения атмосферы в городах, который служит дополнительным источником озона в приземной атмосфере как самих городов, так и «чистых» районов в результате переноса загрязнённых воздушных масс. Измерения проводились в Ереване (1976-1980), Алма-Ате (1979, осень), Баку (1980, октябрь) и в Тбилиси (1977 и 1981 гг. двухмесячные серии). Измерения в Тбилиси летом 1977 года, проведённые авторами работы [41] показали, что содержание озона не превышало концентрации 160 мкг/м^3 . В другой работе некоторыми из этих авторов [40], по данным того же 1977 года было показано, что в Ереване и

Тбилиси дневные максимумы озона связаны с утренними концентрациями суммы окислов азота ($R = 0,49, \alpha < 0,01$) и особенно окиси азота ($R = 0,55, \alpha < 0,001$), а также с утренними концентрациями суммы реакционноспособных углеводородов ($R = 0,52, \alpha < 0,01$).

В целом, тропосферный озон увеличился и продолжает увеличиваться в определённых регионах вследствие эмиссии антропогенных предвестников озона. Тропосферный озон увеличивает поглощение излучения Земли, а также солнечной радиации, т.к. с ростом интенсивности радиации растёт и концентрация озона. Трудно количественно оценить изменения интенсивности радиации и климатические эффекты из-за наличия резко меняющихся во времени продолжительности жизни и концентрации озона. Данные о тренде КПО в Грузии (Тбилиси) в 1984 – 2003 гг. в классическом смысле его понимания впервые были представлены в работе [44]. Ниже на рис. 1 представлены обновленные данные об указанном тренде для 1984 – 2006 гг.

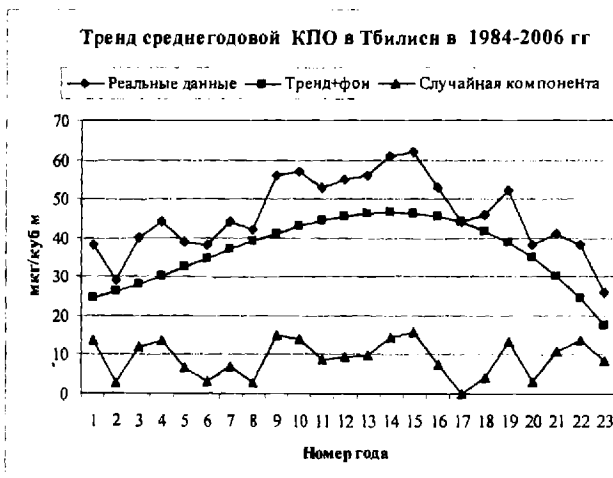


Рис 1.

Тренд концентрации приземного озона в Тбилиси в 1984 - 2006 гг. на 15 час.

Уравнение регрессии кривой тренда имеет вид:

$$\text{КПО} = -0,010621 \cdot x^3 + 0,1794 \cdot x^2 + 1,2513 \cdot x + 23,063, \quad (x = 1 \dots 23, \text{годы})$$

Большинство современных моделей изменения тропосферного озона, начиная с 1970 года, в основе своей содержит эмиссию авиации [8, 9, 10]. Ожидаемый эффект от воздействия авиации на озон незначителен, рост на несколько ppbv озона (~5%) в верхней тропосфере требует примерно 0,5 Тг азота в год от авиации. Если рост на 5% обеспечивает 0,5 Тг азота, то с 1976-го по 1992 годы рост эмиссии авиации в верхней тропосфере составил примерно 2% в десятилетие. Это незначительная величина по сравнению с трендом, наблюдаемым над Европой, который в течение 1970 – 1996 годов составил 5-25% в десятилетие, а это не соответствует наблюдаемому росту над Японией и восточной частью Северной Америки и соответствует природным вариациям озона.

Наблюдаемая приземная эмиссия NO_x -ов относительно мала с 1980-ых годов, также относительно мал и предполагаемый эффект эмиссии авиации, что не является сюрпризом для некоторых районов в Северном полушарии, где с 1980-го года не фиксируется большой тренд озона. Некоторые свойства тренда трудно объяснить, в частности, величина увеличения озона в Европе после конца 1960-ых годов, уменьшение над Канадой и малое увеличение над Японией. С 1970-го до середины 1980-ых годов в Европе озон увеличился примерно на 30%. Рост озона больше, чем рост эмиссии NO_x -ов [13]. Трёхмерного моделирования не проводили, но модели, изучающие пограничный слой над Северной Америкой предполагают, что обратная связь озона связана примерно с одной третью эмиссии NO_x -ов [11]. Наблюдаемые над Европой изменения не фиксируются над США, в то время, как отмечается рост над Японией, хотя данные редкие.

Что касается Грузии, в Тбилиси в период с 1980 по 1997 гг. наблюдался существенный рост концентрации приземного озона при одновременном уменьшении весовой концентрации аэрозолей [1, 44, 45].

Фотохимический смог проявляется регионально и локально. Он возникает в зависимости от того, каковы рельеф, характер и количество антропогенных загрязнений атмосферы, обмен воздушных масс и приток лучистой энергии, который необходим для протекания химических реакций, а также другие региональные и локальные особенности. В условиях города он проявляется весьма мозаично, и часто даже на одной улице мегаполиса не бывает однородной картины. Ввиду того, что фотохимический смог представляет собой региональное и локальное явление, его появление связано не только с местом, но и со временем. Фотохимический смог уменьшает видимость, усиливает коррозию материалов и сооружений, губительно действует на растения, отрицательно действует на здоровье людей, может вызывать повреждение дыхательных путей, рвоту, повреждение слизистых оболочек и общую слабость. Часто в смоге могут присутствовать такие соединения азота, которые способствуют увеличению вероятности возникновения злокачественных новообразований. Интенсивный и продолжительный фотохимический смог может стать причиной увеличения заболеваний и смертности, так как проявляет сильные окислительные свойства, тем более, что сам озон отрицательно действует на здоровье человека и разрушительно действует на многие материалы. Также очень важно изучать вариации приземного озона нефотохимического происхождения и причины возникновения этих вариаций.

Позтому актуальной проблемой является изучение условий возникновения фотохимического смога и приземного озона в больших городах, определение особенностей их пространственно-временных характеристик, оценка воздействия на население и разработка мероприятий по защите от их негативного влияния. С учётом того, что в будущем промышленность и транспорт будут развиваться значительно интенсивнее, указанные выше проблемы будут углубляться.

Работа выполнена при поддержке гранта GNSF/ST08/S-437.

Литература

1. Amiranashvili A.G., Amiranashvili V.A., Gzirishvili T.G., Kharchilava J.F., Tavartkiladze K.A. Modern Climate Change in Georgia. Radiatively Active Small Atmospheric Admixtures. Institute of Geophysics. Monograph. Trans. of M. Nodia Institute of Geophysics of Georgian Acad. Of Sci. ISSN 1512-1135. 2005. Vol. 59. 128 p.
2. Dimitriadis B. The role of natural organics in photochemical air pollution. J. Air Poll. Contr. Assoc. 1981. Vol. 31. PP. 229 – 236.
3. EPA (U.S. Environmental Protection Agency), National Air Pollutant Emissions Trends, 1900-1995. EPA-454/R-96-007. U.S. Environmental Protection Agency. Research Triangle Park, N.C.. 1996.
4. <http://bezhlebicyн.temator.ru/>
5. <http://www.epa.gov/airnow>
6. <http://www.inopressa.ru/print/yomiuri/2004/08/23/12:56:35/smog>
7. <http://www.refcity.ru/content/36567.html>
8. IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change - Aviation and the Global Atmosphere. Special Report of IPCC Working Groups I and III. J.E. Penner, D.H. Lister, D.J. Griggs, D.J. Dokken, M. McFarland (Eds.). Cambridge University Press. Cambridge. UK. 1999. PP.1- 373.
9. IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change, Special Report on emission scenarios (SRES). N. Nakicenovic et. al. (Eds.). Cambridge University Press. Cambridge. UK. 2000. PP. 1 - 599.
10. IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change. Climate Change 2001. The Scientific Basis, Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report. Houghton J.T., Ding Y., Griggs D.J., Noguer M., van der Linden P.J., Dai X., Maskell K., Johnson C.A. (Eds.), Cambridge University Press. Cambridge. United Kingdom and New York. NY. USA. 2001. PP.1- 881.
11. Jacob D.J., Logan J.A., Gardner G.M., Spivakovsky C.M., Wofsy S.C. Factors regulating ozone over the United States and its export to the global atmosphere. J. Geophys. Res. 1993. 98. 1993.PP. 14817 – 14826
12. Lefohn, A.S. Oltmans S.J., Dann T., Singh H.B. Present-day variability of Background ozone in the lower troposphere. J. Geophys. Res. 2001. 106 (D9). PP. 9945 – 9958.
13. Logan J.A. Trends in the vertical distribution of ozone: An analysis of ozone sonde data. J. Geophys. Res. 1994. 99. PP. 25553 – 25585.

14. Logan J.A., Megretskaja I.A., Miller A.J., Tiao G.C., Choi D., Zhang L., Stolarski R.S., Labow G.J., Hollandsworth S.M., Bodeker G.E., Claude H., De Muer D., Kerr J.B., Tarasick D.W., Oltmans S.J., Johnson B., Schmidlin F., Viatte P., Uchino Trends in the vertical distribution of ozone: A comparison of two analyses of ozone sonde data. *J. Geophys. Res.* 1999. 104. PP. 26373 – 26399.
15. McKeen S.A., Hsie E.-Y., Liu S.C. A study of the dependence of rural ozone on ozone precursors in the eastern United States. *J. Geophys. Res.* 1991. 96. PP.15377–15394.
16. NARSTO (North American Research Strategy for Tropospheric Ozone) Synthesis Team. 2000. An Assessment of Tropospheric Ozone Pollution: A North American Perspective (www.cgenv.com/Narsto).
17. Oltmans S.J., Lefohn A.S., Scheel H.E., Harris J.M., Levy H., Galbally I.E., Brunke E.G., Mlytr C.P., Lathrop J.A., Johnson B.J., Shadwick D.S., Cuevas E., Schmidlin F.J., Tarasick D.W., Claude H., Kerr J.B., Uchino O., Mohnen V. Trends of ozone in the troposphere. *Geophys. Res. Lett.* 1998. 125. PP. 139 – 142.
18. Pavelin E.G., Johnson C.E., Rughooputh S., Toumi - Evaluation of pre-industrial surface ozone measurements made using Schonbein's method. *Atmos. Environ.* 1999. 33. PP. 919 – 929.
19. Pochanart P., Akimoto H., Maksyutov S., Staehelin J. Surface ozone at the Swiss Alpine site Arosa: the hemispheric background and the influence of large-scale anthropogenic emissions. *Atmos. Environ.* 2001. 35. PP. 5553 – 5566.
20. Roemer M. An evaluation of long-term trends in ozone, oxidant and precursors in relation to emission changes. TOR-2 Annual Report 2000 (A. Lindskog, M. Beekmann, P. Builtjes, P.S. Monks, M. Roemer, E. Schuepbach, S.Solberg, eds.). Int. Scientific Secretariat (ISS), GSF – National Research Center for Environment and Health. Munich. Germany, 5 – 6, 2001.
21. Scheel H.E., Areskoung H., Geiss H., Gomiscek B., Granby K., Haszpra L., Klasinc L., Kley D., Laurila T., Lindskog A., Roemer M., Schmitt R., Simmonds P., Solberg S. On the spatial distribution and seasonal variation of lower troposphere ozone over Europe. *J.Atmos. Chem.* 1997. 28. PP. 11 – 28.
22. Schuepbach E., Friedli T.K., Zanis P., Monks P.S., Penkett S.A. State space analysis of changing seasonal ozone cycles (1988-97) at Jungfraujoch (3580 m) in Switzerland. *J. Geophys. Res.* 106, 2001. PP. 20413 – 20427.
23. Schuepbach E., et.al. State space analysis of changing seasonal ozone cycles in Europe (in prep.). 2003.
24. Senik I.A., Elansky, N.F. Surface Ozone Concentration Measurements at the Kislovodsk High-Altitude Scientific Station: Temporal Variations and Trend. *FAO.* 2001. Vol. 37. Suppl. 1. PP. S110-S119.
25. Simmonds P.G., Seuring S., Nickless G., Derwent R.G. Segregation and interpretation of ozone and carbon monoxide measurements by air-mass origin at the TOR station Mace Head. Ireland from 1987 to 1995. *J. Atmos. Chem.* 1997. 28B. PP. 45-59.
26. Stordal F., Bekki S., Hauglustaine L., Millan M., Sausen R., Schuepbach E., Stevenson D., van Dorland R., Volz-Thomas A. Climate impact of Tropospheric ozone changes. European Commission EUR 20623 , Ozone-climate interactions . Air Pollution Research Report No 81. Luxemburg . 2003 PP.1-143.
27. WMO (World Meteorological Organization) . Scientific Assessment of ozone depletion: 1998. Global Ozone Research and Monitoring Project. Report No. 44. Geneva. Switzerland. 1999. PP. 1- 732 .
28. Альмогеа Х.Р., Кабрера К.Л. Некоторые данные о приземном озоне на Кубе, Рабочее совещание по исследованию атмосферного озона. Тбилиси, 23 – 27 ноября 1981. Тбилиси, Мещинереба. 1982.
29. Андруз Дж. и др. Введение в химию окружающей среды, ил. Реакции в фотохимическом слое. Москва, Мир. 1999. С.53-57.
30. Арабов А.Я., Белоголазов М.И., Еланский Н.Ф., Карпечко А.Ю., Кортунова З.В., Кузнецов Г.И., Поволотская Н.П., Сеник И.А., Тарасова О.А. Особенности вариаций концентрации приземного озона над европейской частью России. «Физические проблемы экологии (экологическая физика)». Москва, МАКС Пресс. 2002. № 9, С. 56-69.
31. Белан Б.Д., Складнева Т.К. Суточный ход концентрации приземного озона в районе г. Томск. *Метеорология и гидрология.* 2001. № 5. С. 50 – 60.
32. Болбас М. М. Основы промышленной экологии. Москва, Высшая школа. 1993.
33. Борисов В.В., Ивалев Л.С., Сирота В.Г. Временные вариации концентрации озона в приземном слое атмосферы. *Атмосферный озон. Труды VI Всесоюзного симпозиума. Ленинград, 15 – 17 мая 1985 .* 1987. С. 143– 146.
34. Васильченко Л.А., Говорушкин Л.А., Гушин Г.П., Елисеев А.А. Основные результаты регулярных многолетних измерений приземного озона в Воейково. *Атмосферный озон. Труды VI Всесоюзного симпозиума. Ленинград, 15 – 17 мая 1985 .* 1987. С. 139– 143.

35. Гиргждене Р.В., Шопаускас К.К., Гиргждене А.И. О ночных максимумах озона в приземном слое атмосферы // Рабочее совещание по исследованию атмосферного озона Тбилиси. 23 – 27 ноября 1981 г. Тбилиси, Мецниереба. 1982.
36. Гиргждене Р. Результаты измерения приземного озона в Болгарии. Всесоюзная конференция по атмосферному озону. 2 – 6 октября 1988, Суздаль. Долгопрудный. 1988. 107
37. Еланский Н.Ф., Великов И.Б., Скороход А.И., Шумский Р.А. Аномальные метеусловия летом 2002 года и их влияние на режим газовых примесей в приземном слое атмосферы в Москве. Сб. докл. 3-ей Межд. конф “Состояние и охрана воздушного бассейна и водно-минеральных ресурсов курортно-рекреационных регионов”. Кисловодск, 21-24 апреля 2003. С. 25-26.
38. Ивлев Л.С., Сирота В.Г. Суточные вариации концентрации озона в приземном слое атмосферы. Всесоюзная конференция по атмосферному озону. 2 – 6 октября 1988.. Суздаль. Долгопрудный. 1988. 32
39. Панкратова Н.В., Арабов А.Я., Белнков И.Б., Еланский Н.Ф., Савиных В.В., Сеник И.А., Скороход А.И., Демин В.В., Косолапенко В.И. Режим приземного озона по данным наблюдений на сети станций ИФА РАН. Сб. докл. 3-ей Межд. конф “Состояние и охрана воздушного бассейна и водно-минеральных ресурсов курортно-рекреационных регионов”. Кисловодск, 21-24 апреля 2003. С.32-33.
40. Попов В.А., Черных Л.Н., Печеникова Е.В. Изучение озона в атмосфере городов как показателя фотохимических процессов. Труды Всесоюзного совещания по озону. Москва, Гидрометеиздат 1980. С.147 – 152.
41. Попов В.А., Черных Л.Н., Д.А.Северов Изучение закономерностей образования фотохимического озона в атмосфере городов методом множественной корреляции. Рабочее совещание по исследованию атмосферного озона. Тбилиси, 23 – 27 ноября 1981 г. Тбилиси, Мецниереба. 1982.
42. Сеник И. А. Озои в атмосфере над горными районами Северного Кавказа. Автореферат диссертации на соиск. уч. степ. канд. физ.-мат. наук Москва. ИФА РАН. 2004. С. 1-34.
43. Харчилава Д.Ф., Амранашвили А.Г. Исследование вариаций атмосферного озона в Грузии. Результаты исследований по международным геофизическим проектам. Москва, МГК. 1988. С. 1-114.
44. Чихладзе В.А. Изменчивость среднегодовых, полугодовых, сезонных и месячных значений концентрации приземного озона в Тбилиси в 1984 – 2003 гг Труды Ин-та геофизики им. М. Нодиа. 2008. Т. 60. С. 306-313.
45. Amiranashvili A.G., Chikhladze V.A., Kharchilava J.F, Buachidze N.S., Imtskireli L.N. Variations of the Weight Concentrations of Dust, Nitrogen Oxides, Sulphur Dioxide and Ozone in the Surface Air in Tbilisi in 1981-2003 . Proc. 16th International Conference on Nucleation&Atmospheric Aerosols. Kyoto. Japan. 26-30 July 2004. PP.678-681.

ფოტოქიმიური სმოგის და ოზონის სიმრცულ - დროითი ბანაწილების შესახებ საკითხის თანამედროვე მდგომარეობა

ამირანაშვილი ა., ჩიხლაძე ვ., ბლიაძე თ.

რეზიუმე

წარმოდგენილია მიწისპირა ოზონის და ფოტოქიმიური სმოგის სივრცულ-დროითი ბანაწილების შესახებ საკითხის თანამედროვე მდგომარეობის მიმოხილვა. ნაწვევება მიწისპირა ოზონის კონცენტრაციის ტრენდი ქ. თბილისში.

**СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА О ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННОМ
РАСПРЕДЕЛЕНИИ ФОТОХИМИЧЕСКОГО СМОГА И ОЗОНА**

Амиранашвили А.Г., Чихладзе В.А., Блиадзе Т.Г.

Реферат

Представлен обзор современного состояния вопроса о пространственно-временном распределении приземного озона и фотохимического смога. Показан тренд концентрации приземного озона в г. Тбилиси

**CONTEMPORARY STATE OF A QUESTION ABOUT THE SPATIAL-TEMPORARY
DISTRIBUTION OF PHOTOCHEMICAL SMOG AND OZONE**

Amiranashvili A., Chikhladze V., Blidze T.

Abstract

The review of the contemporary state of a question about the spatial-temporary distribution of surface ozone concentration and photochemical smog is represented. The trend of the surface ozone concentration in Tbilisi is shown.

ЭМПИРИЧЕСКАЯ СВЯЗЬ МЕЖДУ РАДИОЛОКАЦИОННОЙ ОТРАЖАЕМОСТЬЮ (Z) И ИНТЕНСИВНОСТЬЮ АТМОСФЕРНЫХ ОСАДКОВ (I) МУЛЬТИЯЧЕЙКОВЫХ КОНВЕКТИВНЫХ ОБЛАКОВ

¹Киладзе Р.И., ¹Джапаридзе Д.Р., ²Капанадзе Н.И., ³Салуквадзе Т.Г., ³Хелая Е.И.
³Салуквадзе М.Т.

1 – Университет им.И. Чавчавадзе, Тбилиси, пр. И. Чавчавадзе 32. E-mail uni@uliaini.edu.ge 2 – Институт гидрометеорологии, Тбилиси 0012, просп. Давида Ашмашенебели 150, E-mail nb@icmet.ge 3 – Институт геофизики им. М.З. Нодия, 0193, Тбилиси, ул. М. Алексидзе 1. E-mail admin@ig.acnet.ge

Атмосферные осадки являются единственным источником пресной воды на Земле. В связи с глобальным изменением климата точный мониторинг этого дорогого минерала на больших территориях и в реальное время приобретает исключительно большое значение. Даже при разумной плотности метеорологических пунктов, измеряющих интенсивность и сумму выпавших осадков, полученная от них информация является недостаточной для полной характеристики данного региона с гидрологической точки зрения.

При использовании радиолокационной системы для мониторинга интенсивности атмосферных осадков пользуются известным соотношением между радиолокационной отражаемостью облаков (Z) и интенсивностью осадков (I)

Соотношение имеет следующий вид:

$$Z = A I^b, \quad (1)$$

где A и b постоянные коэффициенты аппроксимации.

Значения постоянных коэффициентов аппроксимации зависят от спектра по размерам частиц измеряемых осадков. Поэтому их значения меняются в широком диапазоне и зависят от типа облаков, условия их зарождения, развития и диссипации, а также от величины самой измеряемой интенсивности осадков [1,2].

В настоящее время многие исследователи [3-7] конвективные облака по их динамике развития и радиолокационной структуре делят на три основных класса: одноячейковые, мультіячейковые и суперячейковые. Наши ранние исследования [8] показали, что в условиях Восточной Грузии из всех наблюдаемых нами конвективных облаков, подавляющее большинство (более 90% случаев) относилось к этим трем классам. Больше половины из них были мультіячейковыми облаками (872 случая).

В настоящей работе делается попытка определить постоянные коэффициенты выражения (1) для осадков, которые выпадают из мультіячейковых облаков Кахетинского региона Грузии (Восточная часть Грузии). Такая дифференциация исследуемых облаков позволит повысить точность определения интенсивности осадков с помощью радиолокатора. С этой целью проанализирован статистически обеспеченный материал, который содержит данные многолетних радиолокационных наблюдений за 457 мультіячейковыми облаками и информацию об интенсивности атмосферных осадков, выпавших из тех же облаков. Исследования проводились в регионе Кахети, в восточной части Грузии. Радиолокационные наблюдения проводились радиолокатором типа МРЛ-5 советского производства.

Как показали наши ранние исследования [9], зарождение и развитие мультячейковых облаков в нашем регионе происходит при фронтальных процессах, а также при наложении фронтальных и внутримассовых процессов друг на друга.

Конвективные ячейки, которые являются составной частью одного мультячейкового облака, могут находиться в разных стадиях развития, иметь разные высоты и поперечные сечения радио эха. Эти ячейки имеют разные продолжительности жизни. Поэтому, в одном мультячейковом облаке, в течение его существования имеет место исчезновение одних ячеек и появление других. Здесь же следует отметить, что слияние двух или более ячеек вызывает значительное усиление процесса осадкообразования в целом мультячейковом облаке. Это находится в хорошем соответствии с выводами, которые получены при численном моделировании процессов осадкообразования в конвективном облаке [10].

Мультячейковое облако перемещается в направлении ведущего потока с меньшей скоростью, чем скорость ведущего потока, что чаще всего связано с градовыми ячейками, которые значительно отстают от ведущего потока. Мощные градовые ячейки перемещаются справа от основного потока (под влиянием сил Кориолиса), наклонены в сторону восходящих потоков и создают над ними интенсивное радио эхо.

На рис.1 представлен график зависимости средних значений радиолокационной отражаемости мультячейкового конвективного облака от величины логарифма средней интенсивности атмосферных осадков, выпавших из этих же облаков.

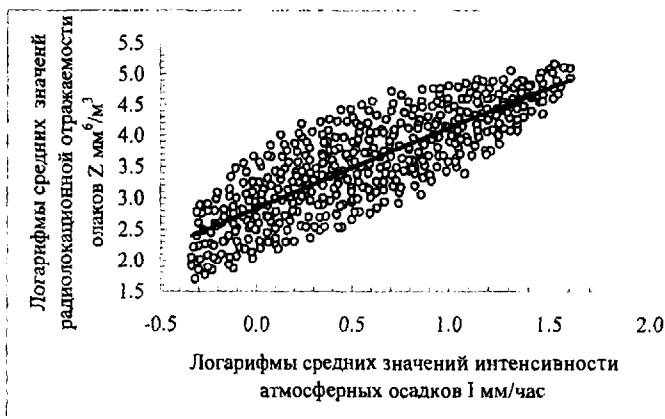


Рис. 1. График зависимости средних значений радиолокационной отражаемости мультячейкового конвективного облака (Z) от величины средней интенсивности (I) атмосферных осадков

Аппроксимирующее уравнение имеет вид:

$$\text{Log } Z = 1.22 \text{ Log } I + 2.83, \quad (2)$$

при показателе надежности аппроксимации $R^2=0.68$.

Решение этого уравнения относительно Z имеет вид:

$$Z = 678 I^{1.22},$$

т.е. постоянные коэффициенты A и b уравнения (1) для мультячейковых облаков вышеупомянутого региона равняются 678 и 1,22 соответственно.

ლიტერატურა

1. Lopez P.E. The lognormal distribution end cumulus cloud population. Mon. Wea. Rev. 1977. Vol. 105. PP. 865-872.
2. Richards W., G., Crozier C. L. Precipitation measurement with a C-Band weather radar in southern Ontario. Atmosphere-Ocean. 1983. Vol. 21(z). PP. 125-137.
3. Chisholm A.J., Renick J.H. Supercell and Multicell Alberta Hailstorms. Proc. Inter Cloud Physics Conf. London. 1972. PP. 67-68.
4. Marwitz J.D. Supercell storms; - Multicell storms; Severely Sheared Storms. J. Appl. Met. 1972. Vol. 11. № 1. PP. 166-201.
5. Stephan P. Nelson and Nansy C. Knight. The hybrid multicellular - supercellular storms: an efficient hail producer. Proc. 9th Inter. Cloud. Phys. Conf. Tallin. 1984. PP. 435-437.
6. Абшаев М.Т. Структура и динамика развития грозово-градовых процессов Северного Кавказа. В кн. "Радиометеорология. Труды VI Всесоюзного совещания". Ленинград, Гидрометеиздат. 1984. С. 109-115.
7. Lopez P.E., Blanchard D.O., Rosenfeld D., Hiscox W.L., Casey M.L. - Population characteristics development processes and structure of radar echoes in South Florida. Mon. Wea. Rev. 1984 Vol. 112. № 1. PP. 56-75.
8. Салуквадзе Т.Г., Е.И. Хелая. Эмпирические радиолокационные модели различных конвективных облаков теплого сезона восточной Грузии. Материалы международной конференции Международного года планеты Земля "Климат, Природные ресурсы, Стихийные катастрофы на Южном Кавказе" Труды Ин-та Гидрометеорологии Грузии. 2008. Т. 115, С. 141 - 149.
9. Tamazi G. Salukvadze, Eteri I. Khelaia, Aleksandr Sh. Balavadze. The empirical radar model of multicell convection clouds. Tbilisi 2006. Journal of the Georgian Geophysical Society. Issue V. Physics of Atmosphere, Ocean and Space Plasma. 2006. Vol. 11b. PP. 22-27.
10. Marwitz I. D. Trajectories within the weak echo regions of hailstorms. In: Proc. 15th Radar Conf. Urbana, Illinois. 1972. PP. 317-324.

ემპირიული კავშირი მრავალჯერდიანი კონვექციური ღრუბლის რადიოლოკაციურ ამრეკვლადობას (Z) და ნალექების ინტენსივობას (I) შორის

კილაძე რ., ჯაფარიძე დ., კაპანაძე ნ., სალუქვაძე თ., ხელაია ე., სალუქვაძე მ.

რეზიუმე

დედამიწაზე მტკნარი წყლის ერთადერთ წყაროს ატმოსფერული ნალექები წარმოადგენს. კლიმატის გლობალური ცვლილების ნეგატიური შედეგების შესამცირებლად დიდი მნიშვნელობა ენიჭება რეალურ დროში დიდ ტერიტორიაზე ატმოსფერული ნალექების მონიტორინგს.

დედამიწის ცალკეულ რეგიონში მიღებული Z - I ემპირიული დამოკიდებულების გამოყენება სხვა რეგიონში მიზანშეწონილი არ არის. ნალექების ინტენსივობა და რადიოლოკაციური ამრეკვლადობა დამოკიდებულია ნალექების ნაწილაკების სპექტრზე, რომელზეც სხვა ფაქტორებთან ერთად, მოქმედებს დრუბლების ჩასახვისა და განვითარების დინამიკის პირობები.

ნაშრომში წარმოდგენილია Z - I ემპირიული დამოკიდებულება კახეთის რეგიონის (აღმოსავლეთი საქართველო) მრავალჯერდიანი ღრუბლებისათვის. ამ მიზნით ჩვენს მიერ გაანალიზებული იქნა მრავალჯერდიანი ღრუბლებზე რადიოლოკაციური დაკვირვებისა და მათგან მოსული ატმოსფერული ნალექების ინტენსივობის სტატისტიკურად უზრუნველყოფილი მასალა. დახუსტებულია მაკროქსიმირებელი განტოლების მუდმივი კოეფიციენტები.



ЭМПИРИЧЕСКАЯ СВЯЗЬ МЕЖДУ РАДИОЛОКАЦИОННОЙ ОТРАЖАЕМОСТЬЮ (Z) И ИНТЕНСИВНОСТЬЮ АТМОСФЕРНЫХ ОСАДКОВ (I) МУЛЬТИЯЧЕЙКОВЫХ КОНВЕКТИВНЫХ ОБЛАКОВ

Киладзе Р.И., Джапаридзе Д.Р., Капанадзе Н.И., Салуквадзе Т.Г., Хелая Е.И.
Салуквадзе М.Т.

Реферат

Атмосферные осадки являются единственным источником пресной воды на Земле. Поэтому, для ослабления негативных последствий глобального изменения климата, большое значение приобретает мониторинг атмосферных осадков на больших территориях и в реальное время.

Эмпирическое $Z - I$ соотношение, полученное в одном регионе Земли, нецелесообразно применять в другом регионе, не уточнив соответствующие постоянные коэффициенты. Значения радиолокационной отражаемости облаков и интенсивности осадков зависят от спектра частиц осадков, на которых, кроме других факторов, влияют и условия зарождения и динамика развития облаков.

В работе представлено эмпирическое $Z - I$ соотношение для мультячейковых облаков Кахетинского региона Грузии (Восточная Грузия). С этой целью нами проанализирован статистически обеспеченный материал радиолокационных наблюдений за конвективными мультячейковыми облаками и измерения интенсивности выпавших из этих облаков атмосферных осадков. Уточнены значения соответствующих постоянных коэффициентов.

EMPIRICAL DEPENDENCE BETWEEN RADAR REFLECTIVITY (Z) AND INTENSITY OF PRECIPITATION'S (I) OF MULTICELL CONVECTIVE CLOUDS

Kiladze R., Japaridze D., Kapanadze N., Salukvadze T., Khelaya E., Salukvadze M.

Abstract

The precipitation is the only source of fresh water on Earth. Therefore, in order to soften the consequences of global changes in climate, it becomes important to monitor precipitation throughout vast areas in real time. The use of the empirical relationship between radar reflectivity of cloud and the intensity of precipitation already found for any one region of the world, is not reasonable for other regions as well; As the intensity of precipitation also depends on the conditions in which clouds are created of the dynamics of their development.

The empirical relationship between the radar reflectivity of multicell cloud (Z) of the intensity of precipitation (I) is given in this work. For this reason statistically supported materials were analyzed, which constitutes from the radar observations on connective clouds during several years in Kakheti region of east Georgia and respective data of meteorological net on the intensity of precipitation the constant coefficients for $Z - I$ dependence have been calculated

ИССЛЕДОВАНИЕ Z – I ЭМПИРИЧЕСКОГО СООТНОШЕНИЯ ДЛЯ СУПЕРЯЧЕЙКОВЫХ КОНВЕКТИВНЫХ ОБЛАКОВ ТЕПЛОГО СЕЗОНА ГОДА КАХЕТИНСКОГО РЕГИОНА ГРУЗИИ

¹Салуквадзе Т.Г., ¹Хелая Э.И., ¹Салуквадзе М.Т., ²Киладзе Р.И., ²Джапаридзе Д.Р.,
³Капанაძე Н.И.

1. *Институт геофизики им. М.З. Нодиа, Тбилиси 0193, ул. Алексидзе 1. E-mail admin@aknet.ge*
2. *Государственный университет им. И. Чавчавадзе, Тбилиси пр. И.Чавчавадзе 32. E-mail uni@iliauni.edu.ge*
3. *Институт гидрометеорологии Тбилиси 0012, пр. Давида Агмашенебели 150. E-mail nb@aknet.ge*

Согласно распространенному мнению многих специалистов к концу середины этого столетия стоимость одного литра питьевой воды превзойдет стоимость нефти того же объема. Общий запас пресной воды на Земле хоть и не меняется, но он перераспределяется не равномерно, что приводит к весьма нежелательным последствиям – появлению новых пустынь в одном регионе и заболоченных мест - в другом. В этих процессах исключительно важную роль играют облака. Точное знание их «водосодержания», а также объема воды, который дает тот или иной тип облака в конкретном регионе Земли, имеет большое практическое значение при строительстве искусственных водохранилищ, а также планировании расхода воды гидроэлектростанциями, ирригационной системой, системой снабжения населения питьевой водой и т.д.

В настоящее время, с использованием метеорологических радиолокаторов «С» полосы, во многих странах мира на больших территориях и в реальное время ведется с достаточной для практики точностью мониторинг интенсивности и суммы выпавших атмосферных осадков. С этой целью для отдельных регионов и различных типов облаков [1,2,3,4,5] были найдены постоянные коэффициенты (А и b) общего уравнения, который имеет вид:

$$Z(\text{мм}^6/\text{м}^3) = A I^b(\text{мм}/\text{час}) \quad (1)$$

Аналогичные работы были проведены и у нас в восточной части Грузии (Кахетинский регион) [6].

В настоящей работе представлены результаты совместного анализа радиолокационных наблюдений за суперячейковыми конвективными облаками теплого сезона года (апрель-октябрь) и измерений интенсивности атмосферных осадков, выпавших из наблюдаемых облаков.

Известно, что конвективные облака различаются как радиолокационной структурой, так и динамикой развития [7-11].

В рассматриваемом регионе в теплое время года (с апреля по октябрь) суперячейковые облака развиваются, когда в атмосфере наблюдаются сильная неустойчивость и значительный сдвиг ветра на высотах, совпадающих с высотами зарождения таких облаков, а также высокое влагосодержание.

Структура ветра в свободной атмосфере около развивающегося облака определяет расположения в облаке зон восходящих потоков и выпадения из них атмосферных осадков. Несовпадение зон восходящих потоков и выпадения осадков (особенно в пространстве).

которое наблюдается в суперячейковых облаках (в отличие от одноячейковых облаков, где эти зоны в пространстве совпадают друг с другом, но разделены во времени) обуславливает большую продолжительность жизни таких облаков, а также многократность процесса выпадения осадков.

Развитию суперячейковых облаков в нашем регионе предшествует прохождение холодного атмосферного фронта и образование нескольких одноячейковых облаков, которые с развитием суперячейковых облаков, быстро разрушаются. По данным наших наблюдений, в нашем регионе в радиусе нескольких километров (10 – 30) вокруг суперячейкового облака почти исключается существование других сильных конвективных ячеек.

В суперячейковых облаках, за время их существования, скорости восходящих потоков периодически могут меняться и долгое время иметь большие значения, из-за чего продолжительность жизни таких облаков исчисляется десятками минут.

Существование вышеуказанных условий способствует в таких облаках зарождению града и их росту до особо крупных размеров, следовательно, сильному и катастрофическому градобитию на поверхности земли. К счастью, количество таких облаков в нашем регионе невелико. Суперячейковые облака имеют квазистационарное состояние, которое в наших условиях может продолжаться более одного часа.

Максимальная высота радиоэхо суперячейковых облаков может достигать 16,5 км. При перемещении суперячейковое облако отклоняется вправо от господствующего ветра, а угол между господствующим ветром и направлением перемещения облака меняется в пределах 20 – 80 угловых градусов.

Большая продолжительность жизни суперячейковых облаков обуславливается еще и созданием дополнительной влажности в восходящих потоках выпавшими на земле осадками.

Высокая интенсивность процессов осадкообразования, которая характерна для суперячейковых облаков нашего региона, обуславливает и высокую интенсивность выпадающих из них атмосферных осадков.

В регионе исследования были расположены 4 радиолокатора типа МРЛ-5 советского производства. Информация о выпавших осадках была собрана с 8 метеорологических станций, распределенных примерно равномерно в данном регионе.

В течение 12 лет (с 1981 по 1992г.г.) были проанализированы данные радиолокационных наблюдений за 300 суперячейковыми конвективными облаками. Результат анализа графически представлен на рис. 1.



Рис. 1. График Z-I отношения для суперячейковых облаков теплого сезона года Кахетинского региона Грузии.

Полученное нами аналитическое выражение Z-I отношения имеет вид:

$$\lg Z (\text{мм}^6/\text{м}^3) = 1,32 \lg I (\text{мм}/\text{час}) + 2,60 \quad (2)$$

При решении уравнения (2) относительно Z , получим:

$$Z=399 I^{1.32}$$

Показатель надежности аппроксимации $R^2=0,62$.

Распределение рассматриваемых нами случаев как по значению радиолокационной отражаемости, так и по интенсивности атмосферных осадков носит логонормальный характер. Средние значения $Ig Z$ и $Ig I$ для этих 300 случаев равняются 3,36 и 0,58, соответственно

Литература

1. Боровиков А.М. и др. Радиолокационные измерения осадков. Ленинград, Гидрометеиздат. 1967. 140 с.
2. Broun E. Precipitation measurement in Cumulus Congestus. J. Atm. Sci., 1963. Vol. 20. N1.
3. Richards W. G., Crozier C.L. Precipitation measurement with a C.-Band weather radar in Southern Ontario. Atmosphere-Ocean. 1983. Vol. 21(z). PP. 125-137.
4. Smith P. L. Equivalent radar reflectivity factors for snow and ice particles. J. Clim. Appl. Meteorol. 1984. Vol. 23. No. 8. PP. 1258-1260.
5. Степаненко В.Д. Радиолокация в метеорологии (Радиометеорология). Ленинград, Гидрометеиздат. 1966. 352 с.
6. Салуквадзе Т.Г., Хелая Е.И., Капанадзе Н.И., Киладзе Р.И. Исследования $Z-I$ отношений для жидких конвективных атмосферных осадков Кахетинского региона Грузии. Труды Ин-та геофизики им. М.З. Нодиа. 2008. Т. 60. С. 230-234.
7. Chisholm A.J., Renick J.H. 1972. Supercell and Multicell Alberta Hailstorms - Proc. Inter. Cloud Physics Conf.. London. PP.67-68.
8. Marwitz J.D. Supercells storms; Multicells storms; Severaly Sheared Storms. J. Appl. Met. 1972. Vol. 11. N1. PP.166-201.
9. Stephan P. Nelson and Nansy C. Knight. 1984. The hibrid Multicellural - Supercellular storm: an efficient hail producer. Proc. 9th Inter. Cloud Physics Conf. Tallin. PP. 435-437.
10. Абшаев М.Т., Бурцев И.И., Ваксенбург С.И., Шевела Г.Ф. (ред). Руководство по применению радиолокаторов МРЛ-4, МРЛ-5 и МРЛ-6 в системе градозащиты. Ленинград, Гидрометеиздат. 1980. 230 с.
11. Абшаев М.Т., Бурцев И.И., Ваксенбург С.И., Шевела Г.Ф. (ред). Руководство по применению радиолокаторов МРЛ-4, МРЛ-5 и МРЛ-6 в системе градозащиты. Ленинград, Гидрометеиздат. 1980. 230 с.
12. Салуквадзе Т.Г., Хелая Е.И. Эмпирические радиолокационные модели различных конвективных облаков теплого сезона Восточной Грузии. Международный год планеты Земля «Климат, природные ресурсы, стихийные катастрофы на южном Кавказе». Материалы Международной конференции. Труды Ин-та гидрометеорологии Грузии. 2008. Т. 115. С. 141-149.

საქართველოს კახეთის რეგიონის წლის თბილი სეზონის სუპერუჯრედიანი კონვექციური ღრუბლებისათვის Z – I ემპირიული დამოკიდებულების გამოკვლევა

სალუკვაძე თ., ხელაია ე., სალუკვაძე მ., კილაძე რ., ჯაფარიძე დ., კაპანაძე ნ.

რეზიუმე

გაანალიზებულია თბილი სეზონის სუპერუჯრედიან კონვექციურ ღრუბლებზე რადიოლოკაციური დაკვირვების მონაცემები და ამ ღრუბლებიდან მოსული ატმოსფერული ნალექების შესახებ მიდრომეტეოროლოგიური ქსელის მონიტორინგის შედეგები. განსაზღვრულია ცნობილი Z – I დამოკიდებულებისათვის მუდმივი კოეფიციენტების მნიშვნელობები, შეფასებულია აპროქსიმაციის საიმედოობის მანუვრებლის სიდიდე.

ИССЛЕДОВАНИЕ Z – I ЭМПИРИЧЕСКОГО СООТНОШЕНИЯ ДЛЯ СУПЕРЯЧЕЙКОВЫХ КОНВЕКТИВНЫХ ОБЛАКОВ ТЕПЛОГО СЕЗОНА ГОДА КАХЕТИНСКОГО РЕГИОНА ГРУЗИИ

Салуквадзе Т.Г., Хелая Э.И., Салуквадзе М.Т., Киладзе Р.И., Джапаридзе Д.Р., Капанадзе Н.И.

Реферат

Проанализированы материалы радиолокационных наблюдений за суперячейковыми конвективными облаками теплого сезона года Восточной Грузии и результаты измерений интенсивности атмосферных осадков, выпавших из наблюдаемых облаков. Определены эмпирические значения постоянных коэффициентов известного Z-I соотношения. Вычислено значение показателя надежности аппроксимации.

RESEARCHES THE Z-I EMPIRICAL RATIO FOR A WARM SEASON OF YEAR FOR SUPERCCELL KONVEKTION CLOUDS OF KAKHETI REGION OF GEORGIA

Salukvadze T., Khelaia E., Salukvadze M., Kiladze R., Japaridze D., Kapanadze N.

Abstract

The materials of radar observations of the supercell convection clouds for a warm season of year of Eastern Georgia and observed values of intensity of the precipitation's which have dropped out of observed clouds are analyzed. The empirical values of constant coefficients for known Z-I of a ratio are determined. The value of an index of reliability of approximating is computed.

СУТОЧНАЯ И ГОДОВАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ КОНЦЕНТРАЦИИ ПРИЗЕМНОГО ОЗОНА В СЕЛЕ РУИСПИРИ В УСЛОВИЯХ РАЗЛИЧНОЙ ПОГОДЫ

Харчилава Дж. Ф., Кекенадзе Э., Багашвили Н.

Институт геофизики им. М.З. Нодиа, 0193, Тбилиси, ул. М. Алексидзе, 1

Атмосферный озон (O_3) возникает вследствие диссоциации молекулярного кислорода (O_2) и поглощения радиации с длиной волны менее 200 нм и последующей рекомбинации с атомарным кислородом (O). Соотношение атомарного и молекулярного кислорода растёт с высотой и наилучшие условия (когда имеется достаточное количество атомарного и молекулярного кислорода) возникают на высоте порядка 50 км. Одновременно с возникновением озона происходит и процесс его распада. А это происходит в основном при поглощении той ультрафиолетовой части спектра (максимум – 255 нм), которая не проникает ниже 20 км. Озон быстро расходуется при взаимодействии с водяным паром и атмосферным аэрозолем, вследствие чего содержание озона по направлению к земле уменьшается и оптимальная высота, где может быть зафиксирована максимальная концентрация, составляет в среднем 20 – 22 км. Толщина слоя озона в атмосфере составляет около 3 мм (приведённая толщина при $O^\circ C$ и давления 760 мм рт. столба). В зависимости от места, сезона и метеорологических условий толщина слоя может меняться от 1,5 до 4,5 мм.

Содержание озона в атмосфере, по сравнению с основными составляющими газами, сравнительно малое (приведённая толщина азота и кислорода составляет соответственно 6200 и 1560 м). Несмотря на это, значение озона очень велико. В частности, озон препятствует проникновению коротковолновой части спектра солнечного излучения к поверхности земли и полностью поглощает спектр солнечного излучения короче 290 нм, существование которого уничтожило бы жизнь на Земле. Биологически активное излучение в диапазоне 290 – 330 нм фильтруется атмосферой. Озон обладает также способностью поглощать радиацию в инфракрасной области спектра (максимум – 9,5 мкм), которая близка к максимуму земного излучения. Вследствие этого примерно 20% земного излучения поглощается озоновым слоем. Это свойство озона определяет его активную роль в радиационном балансе Земли и определяет тепловой режим стратосферы на высоте 30–60 км [1].

Содержание озона в атмосфере тесно связано с метеорологическими параметрами, с атмосферными процессами. В частности, при вторжении холодных фронтов, при приближении струйных течений, при сильных ветрах и грозах в атмосфере растёт содержание озона, а при прохождении тёплых атмосферных фронтов, восходящих потоках воздуха, при наличии задерживающих вертикальные перемещения слоёв, загрязнение атмосферы аэрозолями вызывает уменьшение содержания озона. Эти данные об озоне могут быть использованы для прогноза погоды [2-4].

Кроме вышеуказанных причин, озон в атмосфере образуется и распадается вследствие химических реакций между разными малыми газовыми примесями, поэтому эти процессы зависят от концентрации этих газов. Большое влияние на процессы распада озона оказывают реакции с соединениями азота и хлора. Особо надо отметить то явление, что в последние десятилетия резко возрос выброс в атмосферу таких веществ, которые в значительном

количестве содержат вышеупомянутые элементы. Из загрязнителей атмосферы наиболее опасны для озона окись и двуокись азота (выделяются авиацией и при использовании азотных удобрений), а также соединения хлора, в основном фреоны (применяются в холодильном деле и в аэрозольных упаковках).

Концентрация озона в тропосфере незначительна и составляет примерно 8 – 15 % от общего количества. Несмотря на это, изучение тропосферного озона имеет большое практическое и научное значение, т.к. тропосфера представляет собой составной элемент среды, где обитает человек и развивается живая природа. В тропосфере озон, в основном, перетекает из стратосферы, где возникает благодаря солнечной ультрафиолетовой радиации. Во второй половине прошедшего столетия было установлено, что в тропосфере существуют и другие источники озона. В частности интенсивное развитие промышленности и транспорта в городах вызывает сильное загрязнение, в котором участвует и озон. Было установлено, что в выхлопных газах, при действии солнечной радиации, происходят разнообразные фотохимические реакции, в результате которых образуется и озон. В крупных городах, при определённых метеорологических условиях образуется, так называемый, фотохимический смог – плотный дым, который содержит до 1 мг/м³ озона при наличии солнечной радиации. Если в чистой атмосфере, в хорошую солнечную погоду, концентрация озона составляет примерно 30 -40 мкг/м³, то при смоге концентрация озона может повышаться примерно в 30 раз, что является опасной для жизни концентрацией. Она раздражает органы зрения и дыхания, наносит большой вред растениям и животным, оказывает вредное влияние на промышленность, вызывает коррозию, разрушает резиновые изделия и т.д. Впервые такой смог был зафиксирован в Америке, в Лос-Анжелесе, однако к настоящему времени замечен в ряде городов Европы и Азии [5-7].

Сравнительно высокий, по сравнению с нормальным, уровень озона наблюдается над поверхностью земли, даже в непромышленных районах при разных метеорологических условиях (грозовые процессы, холодные фронты, сильные ветры). Такая высокая концентрация озона отрицательно влияет почти на все сельскохозяйственные культуры, особенно в вегетационный период и вызывает значительное снижение урожайности. К примеру, во Флориде (США) установили, что повышенная во время грозовых процессов концентрация озона наносит серьёзный вред плантациям сигарного табака, пшенице, помидорам и т.п. Для снижения ущерба подбирали такие сорта растений, период вегетации которых опережает или запаздывает по отношению к периоду весенних гроз.

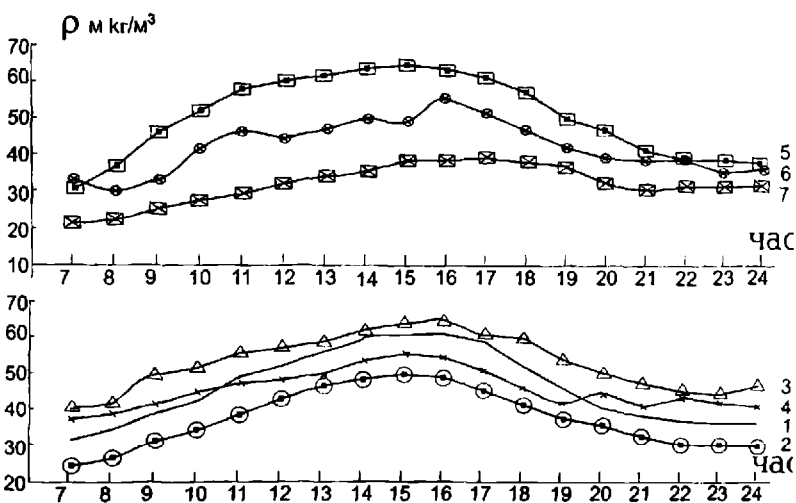
Для живых организмов вредна как повышенная, так и пониженная концентрация озона. Дело в том, что озон обладает сильным дезинфицирующим эффектом, поэтому при низком уровне озона в воздухе, проявляется ряд болезней как людей, так и животных и растений. Пониженная концентрация озона наблюдается в тропосфере при температурной инверсии в тропосфере, когда вертикальные процессы обмена воздуха ослаблены или полностью блокированы. В этих условиях перенос озона из стратосферы не происходит, концентрация озона резко падает и иногда становится равным нулю.

Изучение вариаций концентрации приземного озона в Институте геофизики им. М. С. Нодия началось в 1964 году и продолжается по настоящее время. Целью данной работы является изучение суточных и годовых вариаций концентрации приземного озона (КПО) в сравнительно чистой среде, в селе Руиспири Телавского района при разных погодных условиях. Для установления причин вариации КПО в 2003 – 2005 годах были проведены измерения концентрации озона, для чего был использован озонметр типа ОМГ-200 производства ГДР. Измерения проводились ежедневно с 7 утра до 24 часов. Параллельно проводились наблюдения за характеристиками погоды (облачность, осадки, скорость и направление ветра). По характеристикам погоды было выделено семь типов погоды:

- 1) полностью или преимущественно чистое небо, штиль или слабый ветерок ;
- 2) полностью или преимущественно облачное небо, штиль или слабый ветерок;
- 3) полностью или преимущественно чистое небо, северо-западный ветер;
- 4) полностью или преимущественно облачное небо, северо-западный ветер;

5) полностью или преимущественно чистое небо, юго-восточный ветер;
 6) полностью или преимущественно облачное небо, юго-восточный ветер;
 7) сплошная облачность, обложной дождь, снег, туман. При подборе указанных типов погоды было учтено, что преобладающее направление ветров в Восточной Грузии северо-западное и юго-восточное. Были рассмотрены суточные (7 – 24 ч) и годовые вариации КПО в условиях всех семи типов погоды.

На рис. 1 показана изменчивость средних суточных (7 – 24 ч) значений КПО для семи типов погоды за 2003 – 2005 годы в селе Руиспири. Как видно из этого рисунка, для всех типов погоды наблюдается максимальное значение в 15 - 16 часов и минимальное значение утром и ночью. КПО при первом типе погоды всегда выше, чем при втором типе. Причиной этого является высокая влажность, которая вызывает расход озона. КПО при третьем типе погоды всегда выше, чем при четвертом типе. И здесь причиной является высокая влажность при которой расходуется озон. Аналогично, при погоде пятого типа КПО выше, чем при погоде шестого типа. При погоде седьмого типа КПО меньше, чем при погодах всех других типов. Здесь также главной причиной является повышенная влажность.



Ри

с. 1. Изменчивость средних суточных (7 – 24 ч) значений КПО для семи типов погоды за 2003 – 2005 годы в селе Руиспири. Типы погоды: (см. в тексте)

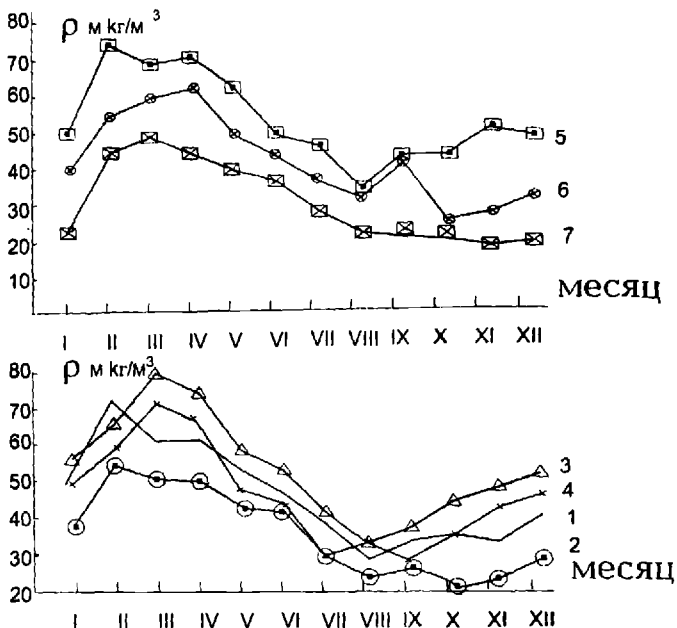


Рис. 2. Изменчивость средних годовых значений КПО для семи типов погоды за 2003 – 2005 годы в селе Руиспири. Типы погоды: (см. в тексте).

Из рассмотренных типов погоды наибольшее значение КПО отмечается при третьем и пятом типах погоды. Причиной этого, в основном, является скорость ветра и связанное с ним турбулентное перемещение воздуха, во время которого из верхних слоёв атмосферы переносится озон. При этом, воздух чист и менее влажен по сравнению с безветренной погодой, вследствие чего расход озона меньше. Максимум суточного хода КПО в 15 – 16 часов вызван ростом атмосферной циркуляции в указанные часы, во время которого перенос озона из верхних слоёв становится интенсивнее. С помощью рис. 1, если будем знать прогноз погоды, можем предсказывать прогноз КПО для данного региона по часам, что имеет большое практическое значение для биосферы.

На рис. 2 представлена изменчивость средних годовых значений КПО для семи типов погоды за 2003 – 2005 годы в селе Руиспири. Как видно из рис. 2, для всех рассмотренных типов погоды характерен годовой ход с максимумом весной и минимумом осенью. И в этом случае, наибольшие значения КПО наблюдаются при погодах третьего и пятого типов. Наибольшее значение КПО наблюдается в марте при погоде третьего типа, когда среднее значение КПО составляет $75 \text{ мкг}/\text{м}^3$. Для погоды пятого типа максимум наблюдается в феврале, когда среднее значение КПО составляет $71 \text{ мкг}/\text{м}^3$. Наименьшее значение КПО наблюдается при погоде седьмого типа, когда максимум среднего значения КПО наблюдается в марте и составляет $48 \text{ мкг}/\text{м}^3$, а минимум в ноябре - $20 \text{ мкг}/\text{м}^3$. С помощью рис. 2, если будем иметь прогноз погоды по месяцам, можем судить о прогнозе КПО для данного региона по месяцам, что имеет большое практическое значение для биосферы.

Из вышеприведённого исследования можно сделать вывод, что на вариацию КПО, в основном, действуют атмосферная радиация, турбулентность воздуха и влажность.

Полученные значения имеют большое практическое значение для биосферы, в частности для здоровья человека и сельского хозяйства.

Литература

1. Manabe S., Stiekler. Atmos. Sci. 1964. 21. №4 PP. 361
2. Гушин Г.П. Озон и аэросиноптические условия в атмосфере – Ленинград, Гидрометеиздат. 1964. 341 с.
3. Харчилава Дж.Ф. Об изменениях содержания озона в приземном слое в Тбилиси в связи с некоторыми метеорологическими процессами. I Республиканская научно-техническая конференция в области охраны окружающей среды: Тез. докл. – Тбилиси, 2 – 4 июня 1983. С. 28
4. Хргиан А.Х. Физика атмосферного озона. Ленинград, Гидрометеиздат. 1973. 291 с.
5. Elichegara Christian. Problemes lies a l ozone tropospherique effect de serre pluies acides ete – pollutatmos. 1990. 32. NO. 128. PP. 427 – 430.
6. Janach Walter E. Surface ozone trand detailseasonal variation and interpretation. J. Geophys. Res. D. 1989 – 94 NO. 15. PP. 18289 – 18295.
7. Kley Diter. Ozon als klimafaktor. AGF Forschungsten Fusion 1989. NO.2. PP. 8-9.

მიწისპირა ოზონის კონცენტრაციის (მოკ) დღეღამური და წლიური ცვალებადობა სოფელ რუისპირში სხვადასხვა ამინდის პირობებში

ხარჩილავა ჯ., კეკენაძე ე., ბაღაშვილი ნ.

რეზიუმე

ჩატარებულია მიწისპირა ოზონის კონცენტრაციის დღეღამური და წლიური ცვალებადობის გამოკვლევა სოფელ რუისპირში სხვადასხვა ამინდის პირობებში. დადგენილია, რომ ყველა ტიპის ამინდების დროს მოკ-ის მაქსიმალური მნიშვნელობა დაიკვირვება 15-16 საათზე, ხოლო მინიმალური – დილით და საღამოს. ყველა განხილული ამინდის ტიპებისთვის დამახასიათებელია წლიური სულა მაქსიმუმით გაზაფხულზე და მინიმუმით შემოდგომაზე. განხილული ამინდის შვიდი ტიპიდან მოკ-ის ყველაზე დიდი მნიშვნელობა დაიკვირვება ამინდის მესამე და მეხუთე ტიპის დროს, ხოლო მინიმალური მნიშვნელობა დაიკვირვება ამინდის მეშვიდე ტიპის დროს.

СУТОЧНАЯ И ГОДОВАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ КОНЦЕНТРАЦИИ ПРИЗЕМНОГО ОЗОНА В СЕЛЕ РУИСПИРИ В УСЛОВИЯХ РАЗЛИЧНОЙ ПОГОДЫ

Харчилава Дж. Ф., Кекенадзе Э., Багашвили Н.

Реферат

Проведено исследование суточной и годовой изменчивости концентрации приземного озона в селе Руиспире в условиях различной погоды. Установлено, что для всех типов погоды наблюдается максимальное значение КПО в 15 - 16 часов и минимальное значение утром и ночью. Для всех рассмотренных типов погоды характерен годовой ход с максимумом весной и минимумом осенью. Из рассмотренных семи типов погоды, наибольшая величина КПО наблюдается при третьем и пятом типе погоды, а наименьшее значение наблюдается при седьмом типе погоды.

DAILY AND ANNUAL VARIATION OF SURFACE OZONE CONCENTRATION (SOC) IN V. RUISPIRI UNDER DIFFERENT WEATHER CONDITION

Kharchilava J., Kekenadze E., Baghashvili N.

Abstract

Investigation of daily and annual variation of surface ozone concentration in v. Ruispiri under different weather condition have been carried out. It was set that for all weather types SOC has maximum value at 15-16 o'clock and minimal – in the morning and night. For all weather type during all investigated years maximums are observed in Springs and minimums in Autumns. From 7 investigated weather type maximum SOC is observed for 3 and 5 weather types, and minimum SOC is observed at 7 type.

АНАЛИЗ КОРРЕЛЯЦИОННЫХ СВЯЗЕЙ КОНЦЕНТРАЦИИ ПРИЗЕМНОГО ОЗОНА (КПО) В 15 ЧАСОВ СО СРЕДНИМИ ЗНАЧЕНИЯМИ КПО РАЗЛИЧНОГО ВРЕМЕННОГО ОСРЕДНЕНИЯ ПО ДНЕВНЫМ ДАННЫМ

Харчилава Д.Ф., Чихладзе В.А., Чочишвили К.М.

Институт геофизики им. М.З.Нодиа, 0193, Тбилиси, ул. М. Алексидзе, 1., E-mail:
victor.chikhladze@yandex.ru

Трудности экономической ситуации в Грузии в последние годы к сожалению не дали возможности проводить круглосуточный мониторинг концентрации приземного озона в г. Тбилиси. Поэтому, весьма важен вопрос исследования наличия корреляционных и регрессионных связей между фиксированными в какой-то момент или средними КПО за относительно короткий промежуток времени со значениями КПО в другие моменты или более длительные промежутки времени. Иными словами, при обнаружении таких устойчивых корреляционных и регрессионных связей [10], появляется возможность оценки среднесуточных или среднедневных значений КПО для тех дней, когда число измерений ограничено. Кроме того, по данным более ранних по времени измерений, можно будет в первом приближении прогнозировать КПО в последующем (в течение дня, максимум и т.п.). Подобного типа исследование было проведено нами ранее [11, 12, 13] для среднемесячных, сезонных, полугодовых и годовых значений КПО. В данной работе это исследование проведено для часовых, среднедневных и суточных величин КПО.

Рассмотрим вначале корреляционные связи часовых значений КПО друг с другом, а также со среднедневными и суточными величинами КПО. Для этого воспользуемся данными непрерывных (в течение суток) измерений КПО за весь период наблюдений в Тбилиси. Количество таких дней – 564 (226 в тёплое полугодие и 338 – в холодное).

На рис. 1 представлен осреднённый суточный ход КПО в 1980 – 2003 гг. за год, а также в тёплое и холодное полугодия. Не комментируя особо этот рисунок, отметим довольно хорошую синхронность временного хода КПО, особенно в дневное время и отличающуюся для разных периодов года и года в целом, в основном абсолютными величинами.

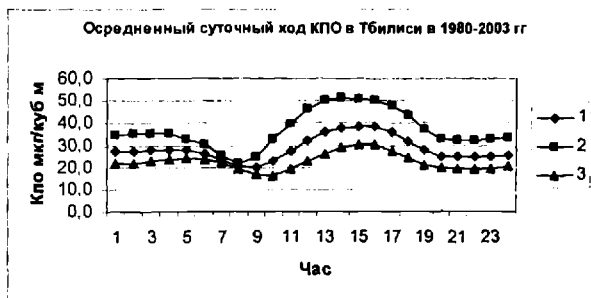


Рис. 1. 1 – данные за год (число дней - 564), 2 – тёплое полугодие (число дней - 226), 3 – холодное полугодие (число дней - 338).

Расчёт автокорреляционной функции в суточном ходе КПО показал наличие автокорреляции как для средних годовых КПО, так и для средних в тёплый и холодный полугодия (рис. 2). Причём, для

средних КПО за год и тёплое полугодие, коэффициент автокорреляции с достоверностью не менее 95% значим в первых двух часовых лагах, тогда как для холодного полугодия – лишь в первом лаге.

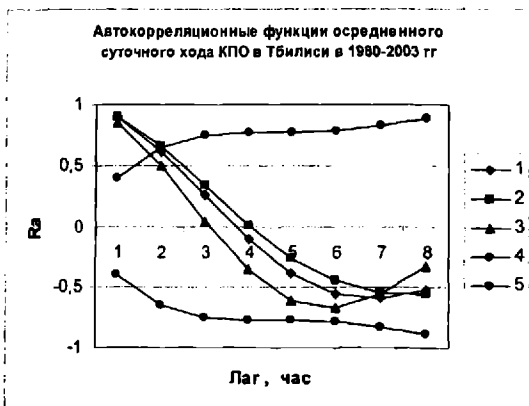


Рис. 2. 1 – данные за год (число дней - 564), 2 – тёплое полугодие (число дней - 226), 3 – холодное полугодие (число дней - 338), 4 и 5 – теоретические значения (+/-) с достоверностью 95%

Таблица 1

Корреляционная матрица среднечасовых значений концентрации приземного озона в Тбилиси в нечетные часы с часовыми, средними почасовыми значениями КПО и КПО за 9-17, 10-18, 11-19 и 1-24 часа

Время час.	1	3	5	7	9	11	13	15	17	19	21	23
1	1,00	0,92	0,82	0,73	0,65	0,63	0,56	0,53	0,49	0,44	0,38	0,35
2	0,96	0,97	0,86	0,75	0,66	0,65	0,57	0,55	0,52	0,47	0,41	0,37
3	0,92	1,00	0,90	0,80	0,69	0,67	0,58	0,56	0,52	0,49	0,43	0,39
4	0,87	0,95	0,95	0,85	0,73	0,67	0,59	0,58	0,54	0,51	0,44	0,40
5	0,82	0,90	1,00	0,90	0,76	0,66	0,58	0,56	0,52	0,51	0,45	0,42
6	0,79	0,86	0,96	0,95	0,79	0,65	0,55	0,53	0,49	0,48	0,44	0,41
7	0,73	0,80	0,90	1,00	0,83	0,64	0,52	0,50	0,46	0,48	0,45	0,44
8	0,67	0,74	0,84	0,94	0,89	0,68	0,54	0,51	0,49	0,51	0,48	0,48
9	0,65	0,69	0,76	0,83	1,00	0,79	0,63	0,60	0,57	0,61	0,58	0,55
10	0,65	0,70	0,72	0,73	0,90	0,91	0,75	0,69	0,64	0,67	0,62	0,58
11	0,63	0,67	0,66	0,64	0,79	1,00	0,84	0,74	0,69	0,68	0,64	0,58
12	0,60	0,63	0,62	0,56	0,70	0,93	0,94	0,83	0,77	0,72	0,65	0,59
13	0,56	0,58	0,58	0,52	0,63	0,84	1,00	0,89	0,80	0,72	0,64	0,58
14	0,54	0,57	0,57	0,51	0,62	0,79	0,95	0,95	0,85	0,76	0,66	0,60
15	0,53	0,56	0,56	0,50	0,60	0,74	0,89	1,00	0,89	0,78	0,68	0,60
16	0,48	0,51	0,51	0,45	0,55	0,69	0,82	0,93	0,94	0,79	0,70	0,60
17	0,49	0,52	0,52	0,46	0,57	0,69	0,80	0,89	1,00	0,85	0,73	0,66
18	0,45	0,49	0,50	0,45	0,58	0,69	0,76	0,83	0,93	0,92	0,78	0,71
19	0,44	0,49	0,51	0,48	0,61	0,68	0,72	0,78	0,85	1,00	0,86	0,80
20	0,40	0,45	0,48	0,48	0,60	0,65	0,67	0,71	0,76	0,93	0,93	0,85
21	0,38	0,43	0,45	0,45	0,58	0,64	0,64	0,68	0,73	0,86	1,00	0,87
22	0,38	0,42	0,44	0,45	0,57	0,61	0,61	0,64	0,70	0,84	0,93	0,94
23	0,35	0,39	0,42	0,44	0,55	0,58	0,58	0,60	0,66	0,80	0,87	1,00
24	0,35	0,40	0,42	0,44	0,54	0,58	0,58	0,59	0,65	0,77	0,85	0,94
9-17	0,63	0,66	0,67	0,63	0,77	0,90	0,95	0,94	0,89	0,81	0,73	0,66
10-18	0,60	0,63	0,63	0,58	0,72	0,88	0,94	0,95	0,92	0,84	0,74	0,67
11-19	0,57	0,61	0,61	0,55	0,68	0,85	0,94	0,95	0,94	0,87	0,76	0,69
1-24	0,74	0,79	0,80	0,77	0,83	0,87	0,86	0,86	0,85	0,85	0,80	0,75

Это лишний раз подтверждает важное значение фотохимических процессов в образовании приземного озона в Тбилиси [1 - 9], более интенсивно протекающих в тёплое полугодие. Наличие

указанной автокорреляции является важным признаком и линейной взаимокоррелированности часовых значений КПО, что и подтвердилось дальнейшими расчётами.

Таблица 2

Корреляционная матрица среднечасовых значений концентрации приземного озона в Тбилиси в четные часы с часовыми, средними почасовыми значениями КПО и КПО за 9-17, 10-18, 11-19 и 1-24 часа

Время час.	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
1	0,96	0,87	0,79	0,67	0,65	0,60	0,54	0,48	0,45	0,40	0,38	0,35
2	1,00	0,92	0,81	0,69	0,67	0,61	0,56	0,51	0,48	0,43	0,40	0,37
3	0,97	0,95	0,86	0,74	0,70	0,63	0,57	0,51	0,49	0,45	0,42	0,40
4	0,92	1,00	0,91	0,79	0,72	0,63	0,59	0,53	0,51	0,48	0,42	0,40
5	0,86	0,95	0,96	0,84	0,72	0,62	0,57	0,51	0,50	0,48	0,44	0,42
6	0,81	0,91	1,00	0,88	0,73	0,59	0,54	0,48	0,47	0,47	0,43	0,42
7	0,75	0,85	0,95	0,94	0,73	0,56	0,51	0,45	0,45	0,48	0,45	0,44
8	0,69	0,79	0,88	1,00	0,78	0,60	0,53	0,48	0,49	0,50	0,48	0,47
9	0,66	0,73	0,79	0,89	0,90	0,70	0,62	0,55	0,58	0,60	0,57	0,54
10	0,67	0,72	0,73	0,78	1,00	0,83	0,72	0,64	0,65	0,65	0,60	0,57
11	0,65	0,67	0,65	0,68	0,91	0,93	0,79	0,69	0,69	0,65	0,61	0,58
12	0,61	0,63	0,59	0,60	0,83	1,00	0,88	0,78	0,74	0,68	0,62	0,59
13	0,57	0,59	0,55	0,54	0,75	0,94	0,95	0,82	0,76	0,67	0,61	0,58
14	0,56	0,59	0,54	0,53	0,72	0,88	1,00	0,89	0,79	0,69	0,62	0,59
15	0,55	0,58	0,53	0,51	0,69	0,83	0,95	0,93	0,83	0,71	0,64	0,59
16	0,51	0,53	0,48	0,48	0,64	0,78	0,89	1,00	0,87	0,73	0,65	0,60
17	0,52	0,54	0,49	0,49	0,64	0,77	0,85	0,94	0,93	0,76	0,70	0,65
18	0,48	0,51	0,47	0,49	0,65	0,74	0,79	0,87	1,00	0,82	0,75	0,69
19	0,47	0,51	0,48	0,51	0,67	0,72	0,76	0,79	0,92	0,93	0,84	0,77
20	0,43	0,48	0,47	0,50	0,65	0,68	0,69	0,73	0,82	1,00	0,89	0,83
21	0,41	0,44	0,44	0,48	0,62	0,65	0,66	0,70	0,78	0,93	0,93	0,85
22	0,40	0,42	0,43	0,48	0,60	0,62	0,62	0,65	0,75	0,89	1,00	0,90
23	0,37	0,40	0,41	0,48	0,58	0,59	0,60	0,60	0,71	0,85	0,94	0,94
24	0,37	0,40	0,42	0,47	0,57	0,59	0,59	0,60	0,69	0,83	0,90	1,00
9-17	0,65	0,68	0,65	0,66	0,86	0,94	0,95	0,90	0,85	0,76	0,69	0,65
10-18	0,62	0,65	0,61	0,61	0,82	0,93	0,95	0,93	0,89	0,77	0,70	0,66
11-19	0,59	0,62	0,58	0,58	0,78	0,92	0,95	0,94	0,91	0,80	0,73	0,68
1-24	0,77	0,81	0,78	0,78	0,87	0,88	0,87	0,84	0,85	0,83	0,78	0,74

В таблицах 1 и 2 представлена корреляционная матрица среднечасовых значений КПО в Тбилиси друг с другом, а также со средними значениями КПО за 9 – 17, 10 – 18, 11 – 19 и 1 – 24 часа. Минимально значимая величина коэффициента линейной корреляции R , при числе измерений 564 с уровнем значимости $\alpha = 0,001$, составляет 0,15. Таким образом, все пары R , приведённые в этих таблицах, значимы с высокой достоверностью. Вполне естественно, что значения R тем выше, чем ближе друг к другу по времени коррелируемые величины КПО. Это хорошо видно из рис. 3, на котором представлены значения коэффициентов корреляции между КПО(15 час.) с КПО за все остальные часы суток, а также с КПО(9-17 час.), КПО(10-18час), КПО(11-19час.) и КПО(1-24час). В частности, коэффициент корреляции между КПО(15час) и КПО(9-17 час.), КПО(10-18час), КПО(11-19час.) и КПО(1-24час) составляет соответственно 0,95; 0,94; 0,94 и 0,86. Коэффициент корреляции между КПО(1-24)и КПО(9-17 час.), КПО(10-18час), и КПО(11-19час) составляет соответственно 0,95; 0,94 и 0,93. В таблице 3 приведены коэффициенты уравнений линейной регрессии между различными значениями КПО.

Рассмотрим также вопрос устойчивости во времени корреляционных и линейных регрессионных связей между часовыми и среднедневными значениями КПО с 11 до 19 часов в три периода времени – 1980 – 2003, 1980 – 1991 и 1992 – 2003 гг.

Коэффициенты уравнений линейной регрессии между средними значениями концентрации приземного озона в Тбилиси в разное время измерений. КПО – мкг/м³. Данные 1980-2003 гг. Число дней измерений – 564.

КПО (9-17 час.) = а*КПО(15 час.) + b							
Коэффициенты	Значения	Доверительный интервал 68%		Доверительный интервал 95%			
		(+/-)	CONF _L	CONF _U	(+/-)	CONF _L	CONF _U
A	0,789008	0,012459	0,776549	0,801467	0,024587	0,764421	0,813595
B	1,578878	0,570831	1,008047	2,149708	1,12652	0,452358	2,705398
КПО (10-18 час.) = а*КПО(15 час.) + b							
Коэффициенты	Значения	Доверительный интервал 68%		Доверительный интервал 95%			
		(+/-)	CONF _L	CONF _U	(+/-)	CONF _L	CONF _U
A	0,824764	0,011728	0,813036	0,836492	0,023145	0,801619	0,847908
B	1,530626	0,537336	0,99329	2,067963	1,06042	0,470206	2,591046
КПО (11-19 час.) = а*КПО(15 час.) + b							
Коэффициенты	Значения	Доверительный интервал 68%		Доверительный интервал 95%			
		(+/-)	CONF _L	CONF _U	(+/-)	CONF _L	CONF _U
A	0,837474	0,011425	0,826049	0,848899	0,022547	0,814927	0,86002
B	1,568026	0,523458	1,044568	2,091484	1,033032	0,534994	2,601058
КПО (1-24 час.) = а*КПО(15 час.) + b							
Коэффициенты	Значения	Доверительный интервал 68%		Доверительный интервал 95%			
		(+/-)	CONF _L	CONF _U	(+/-)	CONF _L	CONF _U
A	0,62541	0,015397	0,610013	0,640807	0,030386	0,595024	0,655796
B	4,186253	0,705456	3,480797	4,891709	1,3922	2,794053	5,578453
КПО (1-24 час.) = а*КПО(9-17 час.) + b							
Коэффициенты	Значения	Доверительный интервал 68%		Доверительный интервал 95%			
		(+/-)	CONF _L	CONF _U	(+/-)	CONF _L	CONF _U
A	0,816597	0,011334	0,805263	0,827931	0,022368	0,794229	0,838965
B	2,168646	0,43298	1,735666	2,601626	0,854476	1,31417	3,023122
КПО (1-24 час.) = а*КПО(10-18 час.) + b							
Коэффициенты	Значения	Доверительный интервал 68%		Доверительный интервал 95%			
		(+/-)	CONF _L	CONF _U	(+/-)	CONF _L	CONF _U
A	0,782578	0,011932	0,770646	0,794511	0,023548	0,75903	0,806127
B	2,216148	0,473626	1,742523	2,689774	0,934688	1,28146	3,150837
КПО (1-24 час.) = а*КПО(11-19 час.) + b							
Коэффициенты	Значения	Доверительный интервал 68%		Доверительный интервал 95%			
		(+/-)	CONF _L	CONF _U	(+/-)	CONF _L	CONF _U
A	0,768751	0,012376	0,756375	0,781127	0,024424	0,744327	0,793175
B	2,271535	0,498352	1,773183	2,769888	0,983486	1,288049	3,255021

Корреляция между значениями концентрации приземного озона в Тбилиси в разное время суток со средними значениями КПО в 15 час., 9-17, 10-18, 11-19 и 1-24 час.

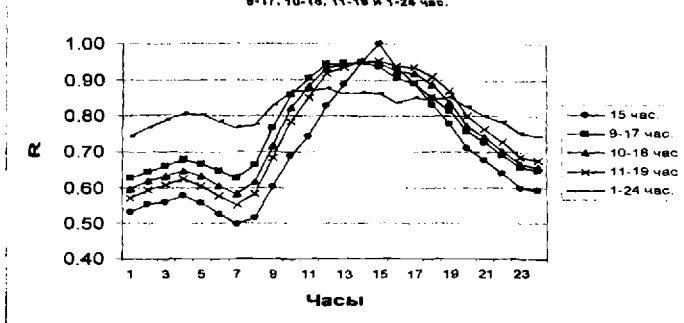


Рис. 3. Корреляция между значениями концентрации приземного озона в Тбилиси в разное время суток со средними значениями КПО в 15 часов, 9-17, 10-18, 11-19 и 1-24 час.

Коэффициенты уравнений линейной регрессии между средними значениями концентрации приземного озона в Тбилиси в 11-19 час. и КПО в 15 час. в разные периоды года и годы измерений.
 $\text{КПО (11-19 час.)} = a \cdot \text{КПО (15 час.)} + b$. КПО – мкг/м³.

1980-2003 гг. Годовые данные. Число измерений – 1687. R = 0,95.							
Коэффициенты	Значения	Доверительный интервал 68%			Доверительный интервал 95%		
		(+/-)	CONF _L	CONF _U	(+/-)	CONF _L	CONF _U
A	0,827092	0,0068	0,820292	0,833891	0,013407	0,813685	0,840498
B	1,746831	0,349923	1,396907	2,096754	0,689927	1,056903	2,436758
1980-1991 гг. Годовые данные. Число измерений – 1036. R = 0,95.							
Коэффициенты	Значения	Доверительный интервал 68%			Доверительный интервал 95%		
		(+/-)	CONF _L	CONF _U	(+/-)	CONF _L	CONF _U
A	0,832676	0,008737	0,823939	0,841413	0,017232	0,815444	0,849909
B	1,831475	0,417526	1,413949	2,249001	0,823511	1,007964	2,654986
1992-2003 гг. Годовые данные. Число измерений – 651. R = 0,94.							
Коэффициенты	Значения	Доверительный интервал 68%			Доверительный интервал 95%		
		(+/-)	CONF _L	CONF _U	(+/-)	CONF _L	CONF _U
A	0,82699	0,011374	0,815616	0,838364	0,022441	0,804549	0,849431
B	1,250021	0,646217	0,603803	1,896238	1,275033	-0,02501	2,525053
1980-2003 гг. Теплый период года. Число измерений – 1015. R = 0,93.							
Коэффициенты	Значения	Доверительный интервал 68%			Доверительный интервал 95%		
		(+/-)	CONF _L	CONF _U	(+/-)	CONF _L	CONF _U
A	0,778849	0,009454	0,769395	0,788303	0,018647	0,760202	0,797496
B	5,898157	0,551431	5,346727	6,449588	1,087619	4,810538	6,985776
1980-1991 гг. Теплый период года. Число измерений – 551. R = 0,92.							
Коэффициенты	Значения	Доверительный интервал 68%			Доверительный интервал 95%		
		(+/-)	CONF _L	CONF _U	(+/-)	CONF _L	CONF _U
A	0,769355	0,013541	0,755813	0,782896	0,026722	0,742632	0,796077
B	6,660549	0,753826	5,906723	7,414375	1,487584	5,172956	8,148133
1992-2003 гг. Теплый период года. Число измерений – 464. R = 0,94.							
Коэффициенты	Значения	Доверительный интервал 68%			Доверительный интервал 95%		
		(+/-)	CONF _L	CONF _U	(+/-)	CONF _L	CONF _U
A	0,792786	0,013347	0,779439	0,806134	0,026348	0,766439	0,819134
B	4,776663	0,818636	3,958027	5,595298	1,615973	3,16069	6,392635
1980-2003 гг. Холодный период года. Число измерений – 672. R = 0,94.							
Коэффициенты	Значения	Доверительный интервал 68%			Доверительный интервал 95%		
		(+/-)	CONF _L	CONF _U	(+/-)	CONF _L	CONF _U
A	0,794311	0,011109	0,783202	0,805419	0,021917	0,772394	0,816228
B	0,458542	0,431622	0,026921	0,890164	0,851576	-0,39303	1,310118
1980-1991 гг. Холодный период года. Число измерений – 485. R = 0,95.							
Коэффициенты	Значения	Доверительный интервал 68%			Доверительный интервал 95%		
		(+/-)	CONF _L	CONF _U	(+/-)	CONF _L	CONF _U
A	0,820767	0,0128	0,807966	0,833567	0,025265	0,795502	0,846032
B	0,398379	0,471652	-0,07327	0,870031	0,930939	-0,53256	1,329318
1992-2003 гг. Холодный период года. Число измерений – 187. R = 0,93.							
Коэффициенты	Значения	Доверительный интервал 68%			Доверительный интервал 95%		
		(+/-)	CONF _L	CONF _U	(+/-)	CONF _L	CONF _U
A	0,759588	0,021483	0,738106	0,781071	0,042507	0,717082	0,802095
B	-0,14132	0,937411	-1,07873	0,796092	1,854798	-1,99612	1,713478

Результаты соответствующих расчётов представлены в таблице 4. Без привлечения методов анализа равенства коэффициентов регрессии нескольких уравнений регрессии, и так хорошо видно, что в разные периоды времени, как по годовым данным, так и по данным за тёплое и холодное полугодия, соответствующие коэффициенты уравнений регрессии мало различны друг от друга. Таким образом, корреляционные и регрессионные связи между КПО(11-19) и КПО(15) достаточно устойчивы во времени и, в частности, вполне могут быть использованы для оценок среднесуточных значений КПО при редких часовых измерениях. По всей видимости, то же самое можно сказать и для других комбинаций часовых и средних за различный промежуток времени значений КПО.

ლიტერატურა

1. ამირანაშვილი ა., ამირანაშვილი ე., დავითულიანი, სოფია ა., ხარჩილავა ჯ., ჩიხლაძე ვ., ჭვლიძე ლ. ქ. თბილისის ატმოსფეროს ფოტოქიმიური სმოგი და მისი გაკლენა ადამიანების ჯანმრთელობაზე ქ. თბილისის ეკოლოგიური პრობლემები. ქ. თბილისის მერის გარემოს დაცვისა და ბუნებრივი რესურსების რეგულირების კომიტეტი. თბილისი. 2002. გვ. 147-152.
2. Amiranashvili A., Amiranashvili V., Gzirishvili T., Gunia G., Intskirveli L., Kharchilava J. Variations of the Weight Concentrations of Dust, Nitrogen Oxides, Sulphur Dioxide and Ozone in the Surface Air in Tbilisi. Proc. 15th Int. Conf. on Nucleation and Atmospheric Aerosols. Rolla, Missouri, USA. 2000. August, 6-11. AIP. Conference Proc. Melville, New York. 2000. Vol. 535. PP. 793-795.
3. Amiranashvili Avtandil G., Amiranashvili Vazha A., Chikhladze Victor A., Kharchilava Jumber F., Kartvelishvili Liana G. The statistical analysis of average seasonal, semi-annual values of surface ozone concentration in Tbilisi in 1984-2003. Journal of the Georgian Geophysical society. 2008. Vol. 12B. PP. 45-48.
4. Chameides W.L., Richardson I., Kiang C.S. The role of biogenic hydrocarbons in urban photochemical smog. Atlanta as case study science. 1988. 241. PP. 1479-1475.
5. Hauglustaine, D.A., Brasseur G.P. Evolution of tropospheric ozone under antropogenic activities and associated radiative forcing of climate. J. Geophys. Res. 2001. 106. PP. 32337 – 32360
6. Portmann, R.W., S. Solomon, R.R. Garcia, L.W. Thomason, L.R. Poole, McCormick, Prather, M., Ehhalt D. Atmospheric Chemistry and Greenhouse Gases. Climate Change 2001: The Scientific Basis. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). J.T. Houghton et.al. (Eds.). Cambridge University Press. Cambridge. United Kingdom and New York, NY. USA. 2001. PP. 1- 881.
7. Westberg H., Sexton K., Flyckt D. Hydrocarbon production and photochemical ozone formation in forest burn plumes. J. Air. Poll. Contr. Assoc. 1981. Vol. 31. №6. PP. 681 – 684.
8. Еланский Н.Ф., Беликов И.Б., Скороход А.И., Шумский Р.А. Аномальные метеусловия летом 2002 года и их влияние на режим газовых примесей в приземном слое атмосферы в Москве. Сб. докл. 3-ей Межд. конф. “Состояние и охрана воздушного бассейна и водно-минеральных ресурсов курортно-рекреационных регионов”. Кисловодск, 21-24 апреля 2003. С. 25-26.
9. Амиранашвили А.Г., Амиранашвили В.А., Гогуа Р.А., Матიაშвили Т.Г., Нодия А.Г., Харчилава Д.Ф., Хунджуа А.Т., Чихладзе В.А., Таварткиладзе К.А., Габедავა В.А. Оценка риска некоторых метео-геофизических факторов для здоровья людей в условиях Восточной Грузии (на примере Тбилиси). Сб. докл. 3-ей Межд. конф. “Состояние и охрана воздушного бассейна и водно-минеральных ресурсов курортно-рекреационных регионов”. Кисловодск, 21-24 апреля 2003. С. 74-76.
10. Попов В.А., Черных Л.Н., Печенникова Е.В. Изучение озона в атмосфере городов как показателя фотохимических процессов. Труды Всесоюзного совещания по озону. Москва, Гидрометеониздат. 1980. С. 147 – 152.
11. Ферстер Э., Ренц Б. Методы корреляционного и регрессионного анализа. Москва, Финансы и статистика. 1983. С.1-303.
12. Чихладзе В.А. Изменчивость среднегодовых, полугодовых, сезонных и месячных значений концентрации приземного озона в Тбилиси в 1984-2003 гг. Тр. Ин-та геофизики им. М. Нодия. 2008. Т. 60. С. 306 – 313
12. Чихладзе В.А. Анализ изменчивости концентрации приземного озона в Тбилиси в 1984-2003 гг. Тр. Ин-та геофизики им. М. Нодия. 2008. Т. 60. С. 295 – 305

15 საათიანი მიწისპირა ოზონის კონცენტრაციის (მოკ) კორელაციური
კავშირების ანალიზი დღიური მონაცემების სხვადასხვა დროითი
ბასაშუალების მოკ-ის საშუალო მნიშვნელობებთან

ხარჩილავა ჯ., ჩიხლაძე ვ., ჩოჩიშვილი კ.

რეზიუმე

განხილულია მოკ-ის საათობრივი მნიშვნელობების ერთი მეორესთან და აგრეთვე მოკ-ის საშუალო დღიურ და დღელამურ მნიშვნელობებს შორის კორელაციური კავშირები. ნაჩვენებია, რომ მოკ-ის დღელამურ სელაში არსებობს ავტოკორელაცია მოკ-ის როგორც საშუალო წლიურ მონაცემებს, ასევე თბილ და ცივ ნახევარწლების საშუალოებს შორის. მოკ(11-19) და მოკ(15) შორის არსებული კორელაციური და წრფივი რეგრესიული კავშირები დროში საკმაოდ მდგრადია და შეიძლება იყოს გამოყენებული მოკ-ის საშუალო დღიური მონაცემების შესაფასებლად იშვიათ საათობრივ გაზომვების შემთხვევაში.

**АНАЛИЗ КОРРЕЛЯЦИОННЫХ СВЯЗЕЙ КОНЦЕНТРАЦИИ ПРИЗЕМНОГО
ОЗОНА (КПО) В 15 ЧАСОВ СО СРЕДНИМИ ЗНАЧЕНИЯМИ КПО РАЗЛИЧНОГО
ВРЕМЕННОГО ОСРЕДНЕНИЯ ПО ДНЕВНЫМ ДАННЫМ**

Харчилава Д.Ф., Чихладзе В.А., Чочишвили К.М.

Реферат

Рассмотрены корреляционные связи часовых значений КПО друг с другом, а также со среднечасовыми и суточными величинами КПО. Показано, что в суточном ходе КПО имеется наличие автокорреляции как для средних годовых значений КПО, так и для средних в тёплое и холодное полугодия. Корреляционные и линейные регрессионные связи между КПО(11-19) и КПО(15) достаточно устойчивы во времени и, в частности могут быть использованы для оценок среднечасовых значений КПО при редких часовых измерениях.

**ANALYSIS OF THE CORRELATIONS OF THE OF SURFACE OZONE
CONCENTRATION (SOC) FOR 15 HOURS WITH THE MEAN VALUES OF SOC OF
DIFFERENTTEMPORARY AVERAGING ACCORDING TO DAY DATA**

Kharchilava J., Chikhladze V., Chochishvili K.

Abstract

The correlations of hour values of SOC with each other, and also with the mean diurnal and daily values of SOC are examined. In the daily variation of SOC is an autocorrelation both for the mean annual values of SOC and for the averages into the warm and cold half-years. The correlation and linear regression connections between SOC(11-19) and SOC(15) are sufficiently steady in the time. These data can be used for the estimations of mean diurnal values of SOC for rare hour measurements.

ВАРИАЦИИ ПОВТОРЯЕМОСТИ СРЕДНЕЧАСОВЫХ КОНЦЕНТРАЦИЙ ПРИЗЕМНОГО ОЗОНА (КПО) В ТБИЛИСИ

¹Чихладзе В.А., ²Хазарадзе К.Р., ³Челидзе Л.Т.

¹Институт геофизики им М.З. Нодиа, 0193, Тбилиси, ул. М. Алексидзе, 1, E-mail:
victor.chikhladze@yandex.ru

²Министерство труда, здравоохранения и социальной защиты Грузии

³Министерство по охране окружающей среды и природных
ресурсов Грузии

Систематические исследования концентрации приземного озона в Тбилиси начались ещё в 1980 году. Первые результаты этих исследований представлены в работе [15], в которой приведены данные о суточном ходе КПО в Алазанской долине и Тбилиси. В дальнейшем эти работы значительно расширились, что нашло отражение в большом количестве публикаций [1, 7, 18 - 21]. В этих работах были подробно проанализированы годовые, полугодовые, сезонные и суточные вариации концентрации приземного озона в г. Тбилиси. В данной работе рассмотрим вопрос изменчивости повторяемости среднечасовых значений КПО в Тбилиси в 1980 – 2003, 1980 – 1991 и 1992 – 2003 гг. за год, тёплое и холодное полугодия. В таблице 1 приведены данные о повторяемости среднечасовых КПО в Тбилиси с 11 до 19 часов в 1980 – 2003, 1980 – 1991 и 1992 – 2003 гг. за год, тёплое и холодное полугодия по всем имеющимся данным наблюдений. Как следует из этой таблицы, в 1980 – 2003 годах по годовым данным, наибольшая повторяемость КПО приходится на диапазон (>40 - 50) мкг/м³ и составляет 14,63%, для тёплого периода наибольшая повторяемость КПО приходится на тот же диапазон и составляет 18,72%, а для холодного периода – на диапазон (>0 - 10) мкг/м³ и составляет 23,87%.

В 1980 – 1991 гг. по годовым данным наибольшая повторяемость КПО приходится на диапазон (>0 - 10) мкг/м³ и составляет 15,95%, для тёплого периода наибольшая повторяемость КПО приходится на диапазон (>40 - 50) мкг/м³ и составляет 18,56%, а для холодного периода – на диапазон (>0 - 10) мкг/м³ и составляет 28,63%.

В 1992 – 2003 гг. по годовым данным наибольшая повторяемость КПО приходится на диапазон (>50 - 60) мкг/м³ и составляет 16,39%, для тёплого периода наибольшая повторяемость КПО приходится также на диапазон (>50 - 60) мкг/м³ и составляет 20,42%, а для холодного периода – на диапазон (>0 - 10) мкг/м³ и составляет 18,33%.

Рассмотрим динамику повторяемости КПО, негативно действующих на здоровье человека, а также на растения, в Тбилиси в 1992 – 2003 гг. по сравнению с 1980 – 1989 гг. для значений КПО, выше предельно допустимых, действующих в разных странах [2, 3, 12]. Для России, США и Евросоюза этими концентрациями являются: КПО >30 мкг/м³ (суточная) и КПО >160 мкг/м³ (часовая) для России, КПО >160 мкг/м³ (средняя за 8 часов) и КПО >240 мкг/м³ (часовая) для США, КПО >120 мкг/м³ (средняя за 8 часов) и КПО >180 мкг/м³ (часовая) для Евросоюза. Для растений КПО >80 мкг/м³ считаются вредными.

В соответствии с этими градациями, по сравнению с 1980 – 1991 гг., в 1992 – 2003 гг. в среднем за год, повторяемость КПО >30 мкг/м³ выросла с 32,7% до 51,2%. Повторяемость КПО >80 мкг/м³ в 1992 – 2003 гг. по сравнению с 1980 – 1991 гг. по годовым данным выросла с 2,91% до 6,41%, в тёплом полугодии с 5,44% до 8,7%, в холодное полугодие с 0,45% до 3,53%. Повторяемость КПО >120 мкг/м³ в 1992 – 2003 гг., по сравнению с 1980 – 1991 гг. по годовым данным выросла с 0,14% до 0,87%, в тёплом полугодии с 0,27% до 1,1%, в холодное полугодие с 0,02% до 0,58%. Повторяемость КПО >160 мкг/м³ в 1992 – 2003 гг., по сравнению с 1980 – 1991 гг. по годовым данным выросла с 0,025% до 0,133%, в тёплом полугодии с 0,05% до 0,107%, в холодное полугодие с 0% до 0,164%.

Повторяемость КПО > 180 мкг/м³ в 1992 – 2003 гг., по сравнению с 1980 – 1991 гг. по годовым данным выросла с 0,018% до 0,023%, в холодное полугодие с 0% до 0,027%, в тёплое полугодие во второй период, по сравнению с первым, повторяемость этой КПО снизилась с 0,037% до 0,02%.

Таблица 1
Повторяемость среднечасовых значений концентрации приземного озона в Тбилиси с 11 до 19 часов в три периода времени по данным за год, теплое и холодное полугодие (% от числа случаев)

Годы	1980-2003 гг			1980-1991 гг			1992-2003 гг		
	Год	Тепл. период	Холод. период	Год	Тепл. период	Холод. период	Год	Тепл. период	Холод. период
0	2,64	0,06	5,66	3,84	0,05	7,60	1,37	0,07	3,38
>0-10	12,50	2,69	23,87	15,95	3,15	28,63	8,90	2,24	18,33
>10-20	10,47	5,87	15,57	12,51	7,48	17,44	8,39	4,31	13,55
>20-30	12,57	11,60	13,48	14,38	15,06	13,65	10,76	8,34	13,51
>30-40	13,80	15,29	11,97	14,63	18,03	11,25	13,02	12,81	12,91
>40-50	14,63	18,72	9,93	13,43	18,56	8,37	15,87	18,87	11,72
>50-60	13,26	17,34	8,64	10,25	14,05	6,49	16,39	20,42	11,03
>60-70	9,53	12,95	5,70	7,60	11,07	4,18	11,46	14,69	7,32
>70-80	5,95	8,36	3,27	4,50	7,10	1,94	7,43	9,55	4,71
>80-90	2,52	3,80	1,10	1,68	3,02	0,38	3,37	4,54	1,90
>90-100	1,04	1,75	0,26	0,80	1,61	0,01	1,29	1,91	0,53
>100-110	0,46	0,72	0,19	0,21	0,40	0,02	0,71	0,99	0,36
>110-120	0,12	0,15	0,08	0,08	0,14	0,01	0,17	0,17	0,16
>120-130	0,12	0,14	0,10	0,03	0,05	0,02	0,22	0,23	0,20
>130-140	0,12	0,17	0,06	0,04	0,08	0,00	0,19	0,25	0,12
>140-150	0,11	0,18	0,04	0,03	0,05	0,00	0,20	0,29	0,09
>150-160	0,07	0,13	0,01	0,02	0,04	0,00	0,13	0,22	0,01
>160-170	0,02	0,02	0,02	0,00	0,00	0,00	0,04	0,04	0,05
>170-180	0,04	0,03	0,04	0,01	0,01	0,00	0,07	0,05	0,09
>180-190	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,02	0,02	0,01
>190-200	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,02
>200-210	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
>210-220	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
>220-230	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
>230-240	0,00	0,01	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00
>240-250	0,00	0,01	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00
>250-260	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
>260-270	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
>270-280	0,00	0,01	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00
Count	32718	17334	15384	16570	8221	8349	16148	9113	7035

На рис.1 в графическом виде представлены данные, приведённые в таблице 1. В целом, функции распределения часовых и среднечасовых значений КПО не являются нормальными. Это наглядно демонстрирует и рис.1. В частности, в среднем в год, эти функции распределения имеют бимодальный вид, в тёплое полугодие – одномодальный с правой асимметрией, в холодное полугодие – λ -образное. Указанные функции распределения (а точнее эмпирические функции распределения с заданными бинами) достаточно удовлетворительно описываются полиномами степени n . Так, по годовым данным, для 1980 – 2003 гг. это полином восьмой степени, 1980 – 1991 гг. – полином десятой степени, 1992 – 2003 гг. – полином девятой степени. По данным для тёплого полугодия, для всех указанных периодов лет функции распределения среднечасовых значений КПО с 11 до 19 часов описываются полиномом девятой степени. Наконец, для холодного полугодия 1980 – 2003 и 1980 – 1991 гг. это полином девятой степени, а для 1992 – 2003 гг. – полином седьмой степени. Соответствующие значения коэффициентов уравнений регрессии, описывающих указанные выше повторяемости КПО, представлены в таблице 2. Здесь же приведены значения соответствующих коэффициентов детерминации. Расчётные и измеренные значения повторяемостей КПО настолько хорошо совпадают друг с другом, что на графиках рис.3 теоретические и экспериментальные точки практически неразличимы.

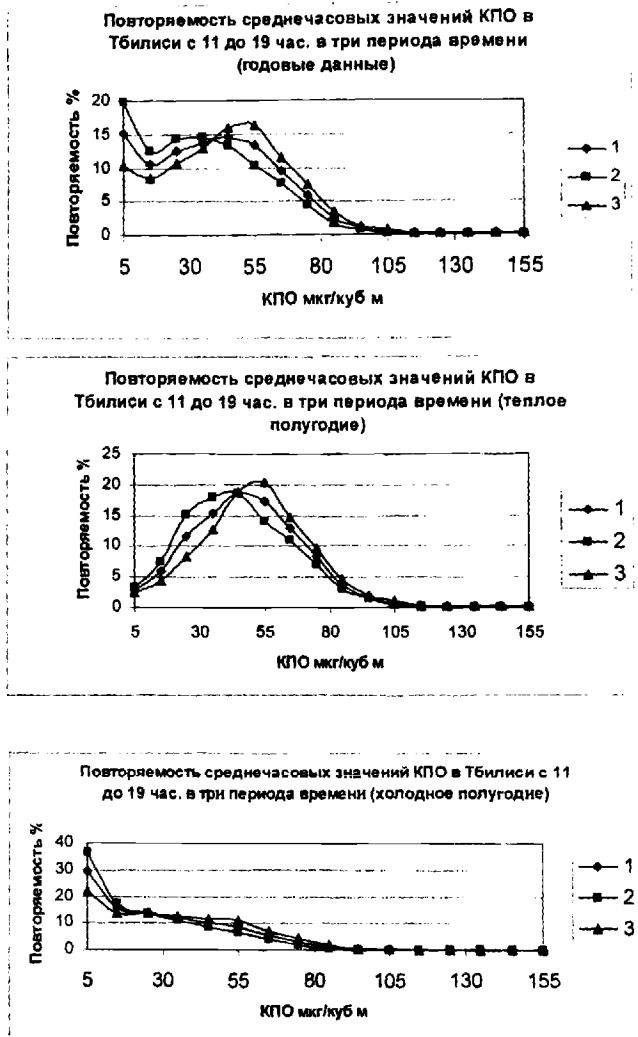


Рис 1. 1 – (1980-2003 гг.); 2 – (1980-1991 гг.); 3 – (1980-1991 гг.)

Для сравнения с нашими данными приведём данные о КПО в других регионах. Так, в г. Кисловодске диапазон изменений максимальных значений (дневных, с 12 до 16 часов) 9 – 157 мкг/м³. В городе встречаются также очень низкие значения КПО, иногда близкие к нулю. Низкие значения днём отмечались в плотном тумане и во время дождя, в частности, в результате интенсивных гетерогенных химических процессов, и ночью из-за сухого осаждения в условиях подавленного вертикального обмена с вышележащими слоями.

Значения коэффициентов уравнений регрессии, описывающих повторяемость среднечасовых величин концентрации приземного озона в Тбилиси с 11 до 19 часов в три периода времени по данным за год, теплое и холодное полугодие

Годы	Годовые данные					
	1980-2003		1980-1991		1992-2003	
Кoeffиц. полинома	Значения	CONF 95% (+/-)	Значения	CONF 95% (+/-)	Значения	CONF 95% (+/-)
a	-2,15E-14	3,78E-14	1,36E-17	3,07E-17	-7,95E-14	6,54E-14
b	1,31E-11	2,43E-11	-1,19E-14	2,46E-14	5,25E-11	4,19E-11
c	-3,02E-09	6,41E-09	4,46E-12	8,45E-12	-1,40E-08	1,11E-08
d	3,00E-07	9,00E-07	-9,52E-10	1,64E-09	1,93E-06	1,55E-06
e	-5,81E-06	7,23E-05	1,27E-07	1,95E-07	-0,00014	0,000125
f	-0,00113	0,003322	-1,11E-05	1,49E-05	0,005378	0,005742
g	0,07859	0,082318	0,000636	0,000723	-0,08485	0,142296
h	-1,63181	0,946355	-0,02352	0,021588	0,376861	1,635885
i	21,43732	3,438667	0,523224	0,368233	9,878343	5,94414
j			-6,01812	3,076251		
k			39,37631	8,619435		
R ²	0,9987		0,9995		0,9958	
Годы	Теплое полугодие					
Кoeffиц.	1980-2003		1980-1991		1992-2003	
	Значения	95% (+/-)	Значения	95% (+/-)	Значения	95% (+/-)
a	7,07E-17	1,63E-15	-5,62E-16	1,91E-15	6,85E-16	2,85E-15
b	-1,12E-13	1,18E-12	4,33E-13	1,38E-12	-6,35E-13	2,05E-12
c	5,50E-11	3,58E-10	-1,43E-10	4,18E-10	2,44E-10	6,24E-10
d	-1,29E-08	5,98E-08	2,66E-08	6,98E-08	-5,03E-08	1,04E-07
e	1,62E-06	5,96E-06	-3,07E-06	6,96E-06	6,04E-06	1,04E-05
f	-0,00011	0,000363	0,000226	0,000424	-0,00042	0,000633
g	0,003705	0,013171	-0,01029	0,015388	0,016714	0,022968
h	-0,05262	0,266	0,25163	0,310768	-0,33412	0,463851
i	0,624518	2,561285	-2,18532	2,99235	3,210738	4,466359
j	0,526269	7,996623	8,987469	9,342459	-7,2827	13,94448
R ²	0,9981		0,9976		0,9947	
Годы	Холодное полугодие					
Кoeffиц.	1980-2003		1980-1991		1992-2003	
	Значения	95% (+/-)	Значения	95% (+/-)	Значения	95% (+/-)
a	2,83E-17	2,54E-17	-1,63E-16	4,94E-16	-8,25E-13	1,79E-12
b	-2,39E-14	2,03E-14	1,01E-13	3,21E-13	6,58E-10	1,01E-09
c	8,67E-12	7,00E-12	-2,67E-11	9,00E-11	-2,07E-07	2,26E-07
d	-1,78E-09	1,35E-09	3,84E-09	1,42E-08	3,28E-05	2,58E-05
e	2,26E-07	1,62E-07	-3,24E-07	1,40E-06	-0,00276	0,001583
f	-1,86E-05	1,23E-05	1,57E-05	8,80E-05	0,117588	0,050303
g	0,000991	0,000599	-0,00036	0,003556	-2,37668	0,719777
h	-0,0338	0,017878	-0,00145	0,089474	30,90795	3,204017
i	0,704732	0,30495	0,282885	1,30647		
j	-8,28578	2,547583	-6,13257	9,569528		
k	56,99128	7,138143	60,17486	24,47538		
R ²	0,9998		0,9999		0,9976	

КПО = полином степени n. Последний коэффициент полинома – свободный член.

Изменчивость дневных значений выше, чем утренних, они хуже описываются Гауссовским распределением: прослеживается структура с двумя максимумами и наблюдается дефицит больших значений. Для города характерен более широкий интервал максимальной повторяемости значений $34 - 82 \text{ мкг/м}^3$; медиана всего на 1 мкг/м^3 меньше среднего арифметического, равного 59 мкг/м^3 . Четверть всех значений меньше 41 мкг/м^3 , 75% - меньше 75 мкг/м^3 [8, 9, 17].

В работе [11] проводились измерения концентрации озона спектральными приборами и электрохимическими анализаторами на территории г. Москвы в 20 точках, а также на Останкинской телебашне. Это позволило получать средние, «фоновые» и экстремальные значения КПО в городе, их вариации и особенности вертикального распределения. Оказалось, что КПО при наличии солнечного излучения в среднем составляет $60 - 70 \text{ мкг/м}^3$, максимум – $120 - 150 \text{ мкг/м}^3$, причём повышение концентрации наблюдалось, как правило, при малых скоростях ветра у поверхности земли, наличие инверсий в приземном слое атмосферы, а также при повышении содержания других загрязняющих компонентов (окислов азота и углерода). С увеличением средних значений КПО возрастает и вариация, достигающая значений 50 мкг/м^3 за 20 – 30 минут. Дисперсия величин концентраций озона больше при большем загрязнении воздуха, что косвенно свидетельствует о действии локальных источников и стоков озона, расположенных вблизи поверхности земли, связанных к примеру, с перемещением продуктов выбросов крупных промышленных предприятий. Синхронные измерения на большой территории позволили сделать вывод, что средняя величина КПО в основном зависит от метеорологических условий, характерных для данного дня и в пределах 30 – 40% сохраняется для всего города. Типичный суточный ход КПО в Москве в летний период – резкий подъём утром, примерно постоянные значения ($50 - 80 \text{ мкг/м}^3$) с вариациями до $10 - 20 \text{ мкг/м}^3$ за 10 – 20 минут в интервале 12 – 19 часов, резкое понижение около 20 часов и низкие значения после 22 часов до восхода Солнца [11].

Уровни озона, превышающие предельно допустимые концентрации, на территории Московской области отмечаются с девяностых годов прошлого века [10]. Измерения приземного озона проводились на базе Тарусского филиала ИОФ РАН. Здание института расположено в центре города на расстоянии 200 метров от берега Оки. Эта часть города расположена в низине. В Тарусе нет промышленности и интенсивного движения автотранспорта [16]. Самая высокая максимально-разовая концентрация приземного озона в июле наблюдалась 23 июля и составила 333 мкг/м^3 , а самая высокая дневная средняя наблюдалась 30 июля и составила 184 мкг/м^3 . Максимально-разовая концентрация приземного озона в этом месяце в г. Долгопрудном (Московская область) [121] составляла 245 мкг/м^3 8 июля, 226 мкг/м^3 13 июля, 181 мкг/м^3 20 июля, 175 мкг/м^3 22 июля и 222 мкг/м^3 31 июля. В августе самая высокая дневная средняя концентрация озона в Тарусе за время измерений достигала 222 мкг/м^3 1 августа, а максимально-разовая – 315 мкг/м^3 8 августа. В Долгопрудном 1 августа максимально-разовая концентрация озона составила 242 мкг/м^3 . Как отмечают авторы [10], высокие уровни озона в атмосфере Долгопрудного в июле – начале августа сопровождалась повышенной температурой воздуха и высоким уровнем солнечной радиации. В Тарусе в это время визуально отмечалась такая же погода. Концентрации озона, наблюдаемые в 2002 году в России, превышали аналогичные значения, полученные на станциях мониторинга в Западной Европе [5]. Резкий рост числа автомобилей в Москве и других городах уже привёл к превышению предельно допустимых концентраций приземного озона в 2-3 раза [6].

Многолетние наблюдения озона в Литве показывают, что обычно максимум КПО бывает днём в 15 – 17 часов, а минимум – ночью, что связано с особенностями вертикального перемешивания воздуха. Днём, при хорошо развитом вертикальном перемешивании, озон с верхних слоёв атмосферы попадает в приземный слой, а ночью, из-за уменьшения вертикального переноса, замедляется приток озона и доминирует фактор разрушения озона у земной поверхности. Иногда наблюдается второй максимум концентраций озона ночью, или даже суточный ход имеет противоположный вид, т.е. максимум бывает ночью, а минимум днём. В условиях Литвы случаи, когда наблюдаются оба пика, бывают сравнительно часто, особенно в прибрежной и пригородной зонах. Гораздо реже максимум наблюдается ночью. Авторами проанализировано три случая аномального суточного хода КПО и сделаны выводы, что аномальный суточный ход приземного озона – это следствие быстро меняющейся синоптической ситуации при прохождении через территорию серии холодных фронтов и фронтов окклюзии. Вторичные максимумы в суточном ходе приземного озона часто можно объяснить местными условиями. Ночные условия значительно разнятся как по месту (в прибрежных районах значительно выше), так и по высоте – на холме в 40 метров (Молетай) значение КПО не опускалось ниже 20 мкг/м^3 , хотя в других пунктах опускалось почти до нуля. Изменение концентраций аэрозоля в 10 – 20 раз вызывало рост КПО только в 1,3 – 1,6 раза. Изменения КПО

зависят не только от крупномасштабных изменений поля концентрации озона и метеорологических условий, но и в значительной мере и от географического местоположения пункта измерения. Условий для образования смога в Литве в начале 80-х годов прошлого столетия не было [13, 14]. Однако по данным последних лет, эти условия в Литве стали иметь место, и КПО в ряде случаев стал превышать уровень 180 мкг/м^3 [4]. Таким образом, характер вариаций КПО в Тбилиси во многом схож с вариациями КПО в указанных выше регионах (суточный и дневной ход, время наступления максимума, наличие положительного тренда и др.). В то же время, в указанных выше регионах (Москва, Литва и др.), в последнее время КПО фиксируется значительно выше, чем в Тбилиси. Возможно это связано с различной методикой измерений (оптические озонометры значительно чувствительнее электрохимических). Кроме этого, измерения в Тбилиси проводились в одном месте, на уровне 10-го этажа, в здании Института геофизики и по этим измерениям нельзя судить об абсолютных значениях КПО в различных районах города на уровне роста человека. Учитывая тот факт, что по данным Бритаева пространственные вариации в Москве достигали 30 – 40% [11], можно полагать, что такая же ситуация наблюдается и в Тбилиси. Поэтому, в дальнейшем было бы желательно провести картирование города Тбилиси и его окрестностей по уровням КПО и провести сравнительный анализ этих уровней с КПО, измеренными из здания Института геофизики. С учётом результатов работы [20], в которой были исследованы корреляционные связи между дневными значениями КПО в Тбилиси и Телави в 2002 году, с большой долей вероятности можно утверждать, что между указанными выше значениями КПО будет наблюдаться достаточно высокая корреляционная связь, и по данным измерений в одной точке, с учётом метеорологических условий, можно будет судить о содержании озона в различных районах города Тбилиси и его окраинах. Подобная работа была бы весьма полезна в плане экологического мониторинга негативно влияющих на биосферу уровней КПО.

Литература

1. ხარჩილავა ჯ., ჩიხლაძე ე., ხარჩილავა მ. მიწისპირა ჰაერში ოზონის კონცენტრაციის ცვალებადობა თბილისისა და სოფლის პარკებში. პიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტის შრომები. 2002. ტ. 108. გვ. 50 – 58.
2. Directive 2002/3/EC of the European Parliament and of the council of 12 February 2002 relating to ozone in ambient air. Official Journal of the European Communities. 2002. 9.3. L67/14-L67/30.
3. EPA (U.S. Environmental Protection Agency). National Air Pollutant Emissions Trends, 1900-1995, EPA-454/R-96-007, U.S. Environmental Protection Agency. Research Triangle Park, N.C. 1996.
4. Girgzdene R., Girgzdis A. The Estimation of the Ozone Level in the Health-Resort and Recreation Areas of Lithuania During 1989-2002. Сб. докл. 3-ей Межд. конф. "Состояние и охрана воздушного бассейна и водно-минеральных ресурсов курортно-рекреационных регионов", Кисловодск, 21-24 апреля 2003. С. 20-21.
5. Hjellbrekke A.G., Solberg S. Ozone measurements 2000ю Norwegian Institute for Air Research: Kjeller. EMEP/CCC-Report 5. 2002
6. <http://www.epa.gov/airnow>.
7. Kharchilava D., Amiranashvili A., Amiranashvili V., Chikhladze V., Gabedava V. Long-term variations of atmospheric ozone in Georgia and their connection with human healthю Proc. I International conference on Ecology and Environmental management in Caucasus. Tbilisi, Georgia, 6 – 7 October 2001. Foundation "Caucasus Environment". Tbilisi. 2001. PP. 80 – 82.
8. Senik, I.A., Elansky, N.F. Surface Ozone Concentration Measurements at the Kislovodsk High-Altitude Scientific Station: Temporal Variations and Trend, ФАО. 2001. Vol. 37. Suppl. 1. PP. S110-S119.
9. Арабов А.Я., Белоглазов М.И., Еланский Н.Ф., Карпечко А.Ю., Кортунова З.В., Кузнецов Г.И., Поволотская Н.П., Сеник И.А., Тарасова О.А. Особенности вариаций концентрации приземного озона над европейской частью России/ «Физические проблемы экологии (экологическая физика)» . Сборник научных трудов. Москва, МАКС Пресс. 2002. №9. С.56-69
10. Беликов И.Б., Егоров В.И., Еланский Н.Ф., и др. Положительные аномалии приземного озона в июле-августе 2002 г. в Москве и её окрестностях. Известия РАН. Физика атмосферы и океана. 2004. Т.40. № 1. С. 75-86.
11. Бритаев, А.С., Фарапонова Г.П. Особенности распределения концентрации озона в нижних слоях атмосферы. Рабочее совещание по исследованию атмосферного озона Тбилиси, 23 – 27 ноября 1981 г. Тбилиси, Мецниереба. 1982.

12. Гигиенические нормативы ГН 2.1.6.1338-03 (от 25.06.03) "Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населённых мест".

13. Гиргждене Р.В., Гиргждис А.Ю. Пространственно-временные изменения концентрации озона на территории Литвы. Атмосферный озон. Труды VI Всесоюзного симпозиума. Ленинград, 15 - 17 мая 1985. 1987. С.134- 139.

14. Гиргждене, Р.В., Шопаускас К.К., Гиргждене А.И. О ночных максимумах озона в приземном слое атмосферы, Рабочее совещание по исследованию атмосферного озона. Тбилиси, 23 - 27 ноября 1981. Тбилиси, Мецниереба. 1982.

15. Грасник К.Х., Харчилава Дж.Ф. Измерение приземного озона в Алазанской долине и Тбилиси. Рабочее совещание по исследованию атмосферного озона Тбилиси, 23 - 27 ноября 1981. Тбилиси, Мецниереба. 1982.

16. Котельников С.Н., Милев В.А., Саханова В.В., Янгуразова Л.Р Проблема тропосферного озона в Москве и Московской области. Влияние озона на растения и здоровье человека, <http://ozon-opasno.narod.ru/Sci-ozon.htm>.

17. Сеник И. А. - Озон в атмосфере над горными районами Северного Кавказа, Автореферат диссертации на соискание. уч. степ. канд. физ.-мат. наук. Москва. ИФА РАН, 2004. С. 1-34

18. Харчилава Д.Ф., Амиранашвили А.Г. Исследование вариаций атмосферного озона в Грузии. Результаты исследований по международным геофизическим проектам. Москва, МГК. 1988. С. 1-114.

19. Харчилава, Дж.Ф., Амиранашвили А.Г., Локапишвили М.Г. Временная вариация концентрации приземного озона в городской и сельской местности . Труды симпозиума «Взаимосвязь региональных и глобальных процессов в атмосфере и гидросфере. Тбилиси, 15 - 18 ноября 1988. Тбилиси, Мецниереба. 1988.

20. Харчилава Дж.Ф., Амиранашвили А.Г., Чихладзе В.А. Некоторые результаты исследований концентрации приземного озона в Рунспირи и Тбилиси в 2002 году. Сб. докладов 3-ей Межд. конф "Состояние и охрана воздушного бассейна и водно-минеральных ресурсов курортно-рекреационных регионов". Кисловодск. 21-24 апреля 2003. С. 37 - 38.

21. Чихладзе В.А. Результаты исследований вариаций концентрации приземного озона в Тбилиси в 1984-2003 гг. Труды Ин-та геофизики АН Грузии. 2004.Т. 58 С. 182-186.

დ. თბილისში მიწისპირა ოზონის საშუალო საათობრივი კონცენტრაციის განმეორადობის ვარიაციები

ჩიხლაძე ვ., ხაზარაძე კ., ჭელიძე ლ.

რეზიუმე

განხილულია ქ. თბილისში 1980 - 2003, 1980 - 1991 და 1992 - 2003 წლებში მოკის საშუალო საათობრივი მნიშვნელობების განმეორადობის ცვალებადობის საკითხი წელიწადისთვის, ციე და თბილ ნახევარწლისთვის. განხილულია აგრეთვე ადამიანის ჯანმრთელობაზე და აგრეთვე მცენარეებზე ნეგატიურად მოქმედ მოკის განმეორადობის დინამიკა მოკის ისეთ მნიშვნელობებისთვის, რომელიც მოქმედ ზღვრულ დასაწეებზე მალალია.

ВАРИАЦИИ ПОВТОРЯЕМОСТИ СРЕДНЕЧАСОВЫХ КОНЦЕНТРАЦИЙ ПРИЗЕМНОГО ОЗОНА (КПО) В ТБИЛИСИ

Чихладзе В.А., Хазарадзе К.Р., Челидзе Л. Т.

Реферат

Изучена изменчивость повторяемости среднечасовых значений концентрации приземного озона (КПО) в Тбилиси в 1980 - 2003, 1980 - 1991 и 1992 - 2003 гг. за год, тёплое и холодное полугодия. Рассмотрена динамика повторяемости КПО выше предельно допустимых значений, негативно действующих на здоровье человека и растения.

CHANGEABILITY OF THE MEAN DIURNAL AND HOUR VALUES OF THE SURFACE OZONE CONCENTRATION IN TBILISI IN 1980 - 2003

Chikhladze V. , Khazaradze K., Chelidze L.

Abstract

The changeability of the repetition of average-hourly values of surface ozone concentration (SOC) in Tbilisi in 1980 - 2003, 1980 - 1991 and 1992 - 2003 in the year, the warm and cold half-years is studied. The dynamics of repetition SOC above the maximum permissible values, which negative act on the health of man and plant, it is examined

АНОМАЛИИ В ЭНЕРГЕТИКЕ, В МЕТЕОРОЛОГИИ И В КОСМОЛОГИИ, ИХ ЕДИНОЕ АЛЬТЕРНАТИВНОЕ РЕШЕНИЕ И ВОПРОСЫ НАУЧНОЙ МЕТОДОЛОГИИ

Берия Г. Н.

Институт геофизики им. М.З. Нодиа, 1093, Тбилиси, ул.Алексидзе, 1. .

E-mail: guberioni@inbox.ru

Моб. 893482412 или 858940034

Предисловие. Аномальные явления для науки имеют особые функции. Если теория утверждает, что данное явление аномально, т. е. не должно существовать, но оно все равно существует, значит в аксиомах самой теории допущена ошибка и ее надо пересмотреть заново. Как правило, академическая наука предпочитает обойти стороной отдельные аномалии ради общего благополучия. Это в конечном итоге вызывает тупики и кризисы в науке.

В аналах интернета с датой 22 мая 2004 года появилось письмо за подписью сотен ученых, которое извещает об аномалиях, которые ставят под сомнением космологическую теорию большого взрыва [1]. Эта теория триумфально прошла почти весь двадцатый век и оказалась в глубоком кризисе в самом начале двадцать первого. Астрономы обнаружили аномальное для большого взрыва ускорение Вселенной. Этот факт интересен тем, что очередной раз поднял методологическую дилемму: абсолютны, или относительны законы, познаваемые наукой?

Исторический опыт показывает, что доведенные до совершенства теоретические научные доказательства могут стать жертвами неожиданных аномальных фактов наблюдения. Большой взрыв поставлен под большое сомнение и это не исключение. Вся история нашей цивилизации непрерывная цепочка больших заблуждений, взлетов и падений. Только в XX столетии таких скачков было несколько. Теории коммунизма и фашизма привели к взлету и к последующему падению двух империй, великолепные открытия в физике породили ядерное оружие, угрожающее уничтожить жизнь на Земле в одно мгновение. Самая дорогая международная научная программа управляемого термоядерного синтеза завершилась полным провалом. В последнее десятилетие в космологии появился термин «темная энергия», согласно которой все познанное и осознанное наукой составляет лишь 4% от еще неизвестной реальности. Геофизика довольствуется лишь констатацией фактов разрушений от землетрясений и ураганов.

Современное положение: Общее состояние современной науки можно охарактеризовать следующими словами: технологический расцвет и концептуальный кризис. Действующие концепции исчерпали свои ресурсы для дальнейшего развития, а новые концепции еще не включились в работу. Информационное чудо - компьютер сосуществует с энергетическим бесслием химического топлива. В результате остается без решения целый ряд фундаментальных и практических задач.

Наша цивилизация процветает в основном на химической энергетике. Нефть, газ, уголь это богатство, которое мы получили по наследству от прошлой жизни на Земле. Они совместно обеспечивают довольно сносное благополучие, и, казалось бы, нам незачем жаловаться на судьбу. Однако, более внимательный анализ в перспективе выявляет прогнозы, которые вызывают тревогу. Химическая энергетика оправдывает себя в комфортабельных условиях, но показывает полную беспомощность в экстремальных ситуациях при стихийных бедствиях. Циклоны, наводнения, землетрясения, цунами, глобальное изменение климата, ухудшение экологического состояния среды и другие геофизические или космические катаклизмы показывают ее катастрофически низкую дееспособность. Достаточно, для примера, вспомнить хотя бы циклон под именем «Катрин», который потопил целый город Новый Орлеан и нанес Соединенным Штатам ущерб, измеряемый более чем в

100 миллиардах долларов. Цунами в Индийском океане одним ударом уничтожил более 150 тысяч человек.

Химическая энергетика имеет также второй недостаток: это ее исчерпаемость. Около 50 тысяч нефтяных скважин действуют в настоящее время на территории 70 государств. Общий запас нефти равен примерно $4,5 \cdot 10^{11}$ тоннам. Ежегодный прирост расхода равен 4%. Эксперты подсчитали, что все источники будут исчерпаны в течение 50 лет. Аналогичная картина прогнозируется и в отношении газа, запасы которого оценены в $3 \cdot 10^{13} \text{ м}^3$. Энергетический коллапс цивилизации вызовет экономические, социальные и политические кризисы на фоне экологических катастроф. Огромные подземные пустоты на месте нефтяных залежей могут вызвать необратимые тектонические сдвиги в земной коре, которые будут сопровождаться множеством землетрясений и цунами.

Негативные последствия этим не исчерпываются. Нефть – это драгоценный производственный минерал. Около 40 тысяч различной продукции широкого потребления изготавливается из нее и ее эквивалентного заменителя в природе не существует. И этот дар природы сжигается в основном в двигателях безудержно расползшихся армиях легковых автомобилей, которые сами ничего не создают, бесцельно бегают взад и вперед, загрязняя воздух ядовитыми выхлопными остатками нефти и усугубляют экологическую обстановку. Некоторые авторы называют нефть черным наркотиком цивилизации: от нее получают удовольствие и не думают о последствиях.

Геофизические катастрофы не единственные опасности, угрожающие существованию нашей цивилизации. Смертельную опасность таит в себе космос. Встреча Земли со случайным астероидом или с кометой может стать роковым для любой цивилизации, которая уповает на химические источники энергии. Такая угроза реально существует. Астероид под именем Апофис (Apop) приблизится к Земле в апреле 2029 года на опасное расстояние, и возникнет угроза столкновения. Химическая энергетика слишком маломощна для отражения удара. Только управляемая ядерная энергия может создать надежду на спасение от неминуемой гибели. В случае безопасного пролета в назначенный срок Апофис вернется к Земле еще раз в 2036 году. Для благодушного оптимизма основания нет. Допущение, что пронесет мимо, или до предполагаемого Армагеддона времени еще много, было бы преступным легкомыслием.

Опасности на этом не иссякают. Нельзя сказать, что наука бездействует. На нее тратятся огромные ресурсы, но результаты вовсе не прямо пропорциональны затраченным средствам и не всегда совпадают с начальными целями. Еще в первой половине прошлого века наука открыла Дорогу к ядерной энергии и получила весьма эффективный инструмент для... самоуничтожения цивилизации – ядерное оружие. Попытки создания столь же эффективного и безопасного источника ядерной энергии для мирных целей закончилась полной неудачей. В настоящее время 10 государств мира владеют 54 500 ядерными боеголовками. Они рассеяны по всему земному шару и готовы мгновенно уничтожить жизнь на Земле, но нет эквивалентного мирного источника ядерной энергии, который мог бы нейтрализовать эту угрозу самоуничтожения цивилизации. Правда, государствам удалось установить контроль над оружием, но это временное соглашение крайне чувствительно к резким и неожиданным изменениям в балансе сил и к социальным противостояниям в мире.

Возникает вопрос: почему наука, которая обеспечила грандиозный технологический прогресс, не справилась с фундаментальными и концептуальными задачами?

Причины кризиса: Анализ истории науки показывает, что причина безрезультативности при решении принципиальных задач, как правило, кроется в ошибочной методологии организации научно-исследовательской работы. Совершенную, профессионально безупречную теорию можно создавать и на ошибках. При этом, такая теория в определенных пределах может иметь успех, но в конечном итоге заводит в тупик. Последователи становятся заложниками ее совершенства. Она консервативна, пытается одолеть трудности путем чрезмерного усложнения своего аналитического аппарата и бесконечного накопления информации. Она не терпит альтернатив и использует свой авторитет для их подавления. Это приводит в итоге к кризису. Наглядным историческим примером может послужить Геоцентрическая система Птолемея. Современная наука, несмотря на высокий уровень профессионализма, скорее именно из-за чрезмерной профессионализации, также страдает синдромом Птолемея.

В недрах интернета накопилось так много информации, что уже не хватает мощностей компьютеров для их хранения и обработки. Подавляющая часть из них излишняя. Полезная информация тонет в океане информационного мусора. Когда истрачено миллиарды денежных единиц на исследовательские работы в течение нескольких поколений, а решение поставленной задачи так и

не найдено, то самое время остановиться и приступить к проверке: а не идет ли наука по ложному курсу? Для идентификации незнакомого объекта вполне достаточно его два, или, по крайней мере, три основных признака. Когда таких признаков накоплено десятикратно, и даже сотнями, но объект не опознается, то это означает, что исследование заблудилось в ошибках изначальных допущений.

История международной программы управляемого термоядерного синтеза - поучительное подтверждение этой специфики науки. Главное направление в исследовательской работе это аномальное явление, скрытая ошибка в аксиоме, сомнения, догадка, риск. Профессионализм и безупречные доказательства приходят позже, порой с весьма значительным опозданием. Окончательно доказанных теорий в науке просто нет. Все теории находятся в стадии ревизии и переоценки. Космология последнего десятилетия тем отличается от других наук, что она пришла к откровенному признанию, что знает Вселенную только на 4%. Неизвестная часть названа именами «темная энергия» и «темная материя». Это открытие фундаментального значения для научной методологии. На 4%-ом уровне находится не только космология, но и физика в целом, энергетика, метеорология, биология, медицина.

Однако другие направления науки XX столетия не столь откровенны в своих признаниях и придерживаются иного убеждения. Считается, что все наоборот, уже знают все 96% и осталось неопознанным всего лишь каких-нибудь несчастных 4%, ради которых не стоит ломать копья. Особенно была подвержена заблуждению советская наука, воспитанная в школах с идеологией большевистского фундаментализма. Коммунистов в недооценке значения науки не упрекишь. Наоборот, ни в одном государстве не тратилось на науку столько средств, сколько в Советском Союзе, но, при этом, основным тезисом его идеологии была роковая для науки формула: нет в мире науки, кроме марксизма-ленинизма и его основа - диалектический материализм. Кто с этим не согласен, тот не ученый, враг народа и т. д. «Великолепные» эссе такого рода можно в изысканном обнаружении в философском словаре издания 1952 года. Именно эти факторы и привели к распаду такого колоса, как Советский Союз.

К 70-м годам прошлого столетия этому словарю уже никто не верил, но привычка мыслить в стиле марксизма-ленинизма, была еще сильна. Установившиеся догмы в науке весьма живучи, особенно, когда они поддерживаются финансами и идеологией. Они в некоторых сферах по сей день сохраняются. Наглядным примером может послужить организация грантовых конкурсов в министерстве просвещения и науки. Методология отбора проектов странным образом напоминает методы большевистских «судебных троек» 30-х годов прошлого века.

Необходимость альтернативы: Международная программа Управляемого термоядерного синтеза была начата в 1950 году с великими масштабами и надеждами и увязла в трясине не прогнозируемых сложностей к 1970 году. Направления исследований были два или три десятка, но все они строились на основе одной и той же концепции классической физики. Время пересмотра и замены самой концепции явно созрело, но жесткая система финансирования научных работ лишала исследователя возможности проведения таких операций. Все было заранее распланировано, одобрено и уже было израсходовано слишком много денег для того, чтобы ставить под сомнение программу утвержденную заранее. Риск потерять все привлекли был слишком велик. Бюрократический аппарат финансирования науки подобную самодельность категорично пресекал. Все расходы были предварительно просчитаны и обоснованы экспертами. Ирония судьбы в том и заключалась, что именно такие строго просчитанные проекты и потерпели в конечном итоге полный крах.

Автору этой статьи терять было нечего, и он пошел на рискованный шаг поиска новой концепции. Три элемента были положены в основу методологии: аномалия, аксиомная ошибка и альтернатива. Аномальное явление сигнализирует на ошибку в постулатах действующей парадигмы, указывает координаты ее нахождения и пути альтернативного решения задачи. Идеальным примером аномального явления послужило довольно редкое, но тем не менее широко известное атмосферное явление - шаровая молния. Во-первых, она была абсолютной аномалией. Все ее свойства уже были установлены, но, тем не менее, ее природа оставалась и по сей день считается непонятной. К тому же она проявляла именно те свойства, над получением которых безуспешно бились термоядерщики всего мира: она представлялась как стабильная плазма, которая существует в воздухе несколько десятков секунд. Энергия шаровой молнии равна порядку $W = 10^3 + 10^6$ Джоулей. Плотность примерно равна плотности воздуха. Отсюда мы можем вычислить эквивалентную температуру по известной формуле:

$$W \approx \frac{3}{2} n k T \quad (1)$$

Температура получается примерно $10^6 + 10^7$ градусов по шкале Кельвина. Этот феномен, можно сказать подарок природы, возникает без миллиардных затрат и громоздких сооружений. Вся проблема в том, чтобы угадать ее природу, чем, собственно говоря, и должны были заняться плазмисты.

К настоящему времени надежно определено около 120 элементарных свойств шаровой молнии. Из них с десяток относятся к аномальным свойствам, т. е. к таким, которые несовместимы с теориями, построенными на концепциях классических представлений. После длительной работы с аномалиями автор пришел к выводу, что шаровая молния это нечто большее, чем просто горячая плазма в магнитном поле. Была найдена модель, совместимая именно с ее аномалиями, но при этом пришлось пожертвовать традиционной аксиомной формулировкой закона индукции. Новая интерпретация не только не укладывается в рамки стандартов классики, но вступает с ними в конфликт. Новое представление утверждает, что закон индукции Фарадея-Максвелла есть не описание физических изменений и взаимных превращений электрических и магнитных полей, а указывает на обязательные условия, при которых независимо существующие электрические и магнитные элементы могут взаимодействовать.

Такая интерпретация закона индукции допускает существование третьей разновидности электрической и магнитной энергии. Она представляется как отделенные как друг от друга, так и от заряда структуры в виде энергетических трубок. Они значительно отличаются по своим свойствам от статического и динамического полей. Анализ прогнозирует их целый ряд специфических особенностей. Они замкнуты на себя, или уходят в бесконечность, не имеют массу. Законы механики Ньютона, электродинамики Максвелла и относительность Эйнштейна в них не действуют, но они подчиняются законам неопределенности Гейзенберга, статистикам Бозе-Эйнштейна и Ферми-Дирака и принципу Паули. Есть определенные основания предположить, что «темная энергия», о существовании которой прогнозируют космологи и энергетические трубки, один и тот же объект.

Заряд создает электромагнитные поля потому, что он сам построен из них. Он представляется как динамическая структура, которая образовалась от электрического и магнитного элементов. Элементарная частица - это также фотон из энергетических трубок, но фотон, который пульсирует в замкнутом объеме.

Внешние источники в энергетических трубках не возбуждают волны, но статические поля могут вызвать их пластическую деформацию при соблюдении определенных условий. При этом, трубкам передается часть энергии поля и аккумулируется в них. Структуру, созданную энергетическими трубками можно назвать *пластическим полем* в отличие от статического и динамического полей.

Пластическое поле существует в атмосфере Земли, но оно не наблюдаемо нашими средствами индикации. При соблюдении определенных условий оно начинает взаимодействовать с атмосферой Земли через поле ионов и аккумулирует тепловую энергию воздуха. Впоследствии эта энергия начинает выделяться и вызывает такие явления, как циклон, торнадо, гроза, шаровая молния. У этих явлений есть целый ряд аномальных свойств и параметров, которые не поддаются объяснению в пределах классической метеорологии. Эти вопросы обсуждены в публикациях [2,3,4], поэтому мы на них останавливаться не будем.

Стационарно существующее в атмосфере пластическое поле становится причиной многих аномальных явлений. Его строение определяется решением классического волнового уравнения с учетом новой интерпретации закона индукции. Оно имеет сильно неоднородную структуру и особую точку в центральной части, где плотность энергии возрастает в четвертой и шестой степенях обратно пропорционально радиусу. Это приводит к образованию плотного ядра. Общее решение волнового уравнения:

$$E_{\theta} = \frac{qI \sin \theta}{4\pi r^2} f\left(t \pm \frac{r}{v}\right) + \frac{\partial^2 I \sin \theta}{4\pi a c^2} f\left(t \pm \frac{r}{v}\right) + \frac{\partial^2 q I \sin \theta}{8\pi c^2} f\left(t \pm \frac{r}{v}\right), \quad (2)$$

$$E_r = \frac{qI \cos \theta}{2\pi r^2} f\left(t \pm \frac{r}{v}\right) + \frac{\partial^2 I \cos \theta}{4\pi a c^2} f\left(t \pm \frac{r}{v}\right) \quad (3)$$

Поправка, которую мы внесли в законе индукции, позволяет подобрать такой вид функции, когда имеем аperiодический переходной процесс, который экспоненциально стремится к следующему стационарному пределу:

$$E_{\theta} = \frac{qI \sin \theta}{4\pi r^2} f(r, \theta, \varphi) + \frac{\partial^2 I \sin \theta}{4\pi c^2} \sqrt{\frac{c}{v}} f(r, \theta, \varphi) + \frac{\partial^2 q}{8\pi c^2} \mu_0 \frac{I \sin \theta}{4\pi r} f(r, \theta, \varphi), \quad (4)$$

$$E_r = \frac{qI \cos \theta}{2\pi r^2} f(r, \theta, \varphi) + \frac{\partial^2 I \cos \theta}{4\pi c^2} \sqrt{\frac{c}{v}} f(r, \theta, \varphi). \quad (5)$$

Здесь символом Φ обозначено пластическое поле электрических энергетических трубок. Функция, которая удовлетворяет пределу (4) и (5), представляется как аperiодический разряд с опережающими и запаздывающими потенциалами одного полупериода. Знаки плюс и минус в скобках выражения (2) и (3) действуют одновременно, компенсируют друг друга и в пределе время исчезает из уравнения. Это можно расценить как остановку часов в данной структуре поля. С точки зрения чисто волновой природы радиодиапазона волн такое событие абсолютно невероятно, но еще Эйнштейн доказал, что фотон это не только волна, но и корпускула, частица, которая не делится на части и подчиняется законам механики. Нет никаких оснований не распространять этот дуализм и на волны радиодиапазона. Полупериод радиоволны это пакет частиц радиодиапазона, которые не могут одновременно распространяться в противоположные стороны. Система приходит в состояние равновесия и истинного покоя. Для краткости в дальнейшем называем ее термином «ТОРОН». Основным условием равновесного состояния является уравнение

$$\oint \vec{T}_n \cdot d\vec{s} = 0 \quad (6)$$

Здесь T_n сила натяжения на границе раздела статического атмосферного поля E_s и поля торона E_t . Это возможно только при условии

$$E_s = E_t \quad (7)$$

Торон представляется как скалярное, пластическое поле одиночного солитона, который захвачен в потенциальном «мешке» статического векторного поля. Здесь мы сталкиваемся с концептуальным вопросом массы покоя. По современным представлениям считается, что материя разделена на две категории – имеющие и не имеющие массу покоя. Такое деление некорректно.

В новом контексте термин масса покоя элементарных частиц представляется как состояние ложного покоя, и при этом удовлетворяются условия для вектора Пойнтинга Π :

$$div \Pi = 0, \quad (8)$$

$$rot \Pi = 0, \quad (9)$$

Неравенство нулю ротора означает, что в частице время течет. Для торона имеем

$$div \Pi = rot \Pi = 0. \quad (10)$$

Время в тороне остановлено, что и можно интерпретировать как истинный покой.

Представленным выше условиям вполне удовлетворяет переходный процесс замыкания ступенчатых лидеров в линейной молнии, где запаздывающий потенциал создается самими лидерами в пределах радиуса порядка 100 метров, а опережающий потенциал по отношению к ним возникает от заряженных облаков и Земли в радиусе порядка с десятков километров.

Эти вопросы были рассмотрены в публикации [5]. В данной статье мы попытаемся выяснить вопрос – каковы возможности торона в осуществлении управляемого термоядерного синтеза, ради которой он и был изобретен. Для этого необходимо определить особенности функции в выражениях (2) и (3). В общем виде она представляет переходной аperiодический процесс, распределенный в пространстве с запаздывающими и опережающими потенциалами. Для каждой точки пространства, охваченного процессом, функция будет иметь вид:

$$E_t = E_{t0} (1 - e^{-(a \pm b t)}) \quad (11)$$

E_{t0} – предельное значение функции в данной точке пространства. Согласно классическим представлениям и выражениям (4) и (5) когда

$$r \rightarrow \infty \text{ и } r \rightarrow 0, \text{ то } E_{t0} \rightarrow \infty \quad (12)$$

Однако, для данного конкретного случая процесс завершается не по классическому сценарию. Электромагнитная структура торона распадается на электрические и магнитные компоненты. Для магнитной составляющей скорость $c \rightarrow \infty$, а для электрической $c=0$. Система приходит в состояние абсолютного покоя. Электрическое поле теряет свойство вектора, оно становится скаляром. Напряженность поля сменяется плотностью поля. Координатная система квантуется. Минимальная величина координаты r в центре торона равна половине известной длины Планка $l_p = 1,6 \cdot 10^{-35}$ м. По этим данным мы можем определить максимальную плотность энергии и эквивалентную температуру, которую может дать торон:

$$w = \frac{w_p}{V_p} = \frac{e^2}{2\pi a l_p V_p} = 10^8 \cdot \frac{1}{4 \cdot 10^{-100}} \approx 2,5 \cdot 10^{112} \text{ J} \cdot \text{m}^{-3} \quad (13)$$

Или для плотности массы имеем

$$\rho = \frac{w}{c^2} \approx 2 \cdot 10^{96} \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}, \quad (14)$$

Эквивалентная температура в центральной точке торона получается

$$T = \frac{w_p}{k} \approx 10^{20} \text{ K}, \quad (15)$$

Эти величины совпадают с параметрами космологического «Большого Взрыва». Нашей целью было проверить, насколько удовлетворяет предлагаемая модель шаровой молнии необходимым условиям для управляемого термоядерного синтеза. Этих условий в основном два: температура должна быть не менее 10^8 градусов по Кельвину и время существования плазмы - не менее десятых долей секунды. Торон обеспечивает их с огромным запасом.

Получил возник новый вопрос:

Не является ли шаровая молния миниатюрной моделью сотворения современной Вселенной?

Совпадение параметров торона с данными большого взрыва на этом не кончается. Инфляция (раздувание) первоначальной субстанции - естественное следствие высвобождения энергии торона. Дальше появляется существенное различие. Теория большого взрыва исходит из допущения, что вся Вселенная была упакована в пределах особой точки и раздулась до современных размеров от так называемого «Большого Взрыва», происшедшего примерно 14 миллиардов лет назад. При этом, в известной мере остается открытым целый ряд вопросов:

Что было до большого взрыва? Как образовалась особая точка? Почему произошел взрыв?

Откуда взялась энергия современной Вселенной? И многие другие вопросы.

Модель торона на все эти вопросы дает вполне определенные ответы, но видит процесс образования Вселенной по несколько отличному сценарию: первоначально было поле скалярных пластических энергетических трубок с исходной потенциальной энергией, с силами натяжения и давления в равновесном состоянии. В процессе эволюции образовалась структура с особой точкой (торон), где произошел разрыв трубок. Равновесие было нарушено и началось высвобождение потенциальной энергии, но это не был взрыв. Правильнее было бы его назвать волной или цепной реакцией фазового перехода энергии в новое состояние. При этом, процесс расщепился в двух направлениях. Силы натяжения вызвали компрессию (сжатие) трубок, и в результате образовались барны, а давление приводило к декомпрессии (инфляция) и к образованию лептонов, статических полей, кинетической энергии движения. Эти два процесса не протекали одновременно, а чередовались между собой, периодически сменяя масобразованием с ускорением. В результате образовались галактики и пустоты между ними. Размеры торона теоретически не лимитированы точно также, как и длины электромагнитных волн. Энергетическая характеристика космического торона λ_t должна несколько раз превосходить радиус observable части Вселенной:

$$\lambda_t \geq R_{\text{об}} \approx 10^{26} \text{ м} \quad (16)$$

Функционально структура торона в пространстве неизвестна. Мы можем только предположить, что это аperiodический солитон в яме однородной субстанции пластического поля энергетических трубок и удовлетворяет формуле (11). Средние значения плотностей энергии в пространстве до и после начала переходного процесса должны быть равны между собой. При этом, по формулам (4) и (5) плотность поля делится на три зоны, в ближней зоне плотность максимальна и энергия убывает обратно пропорционально квадрату расстояния, в средней зоне убывание становится линейной, и в дальней зоне энергия становится однородной, что, собственно говоря, и подтверждается наблюдениями. Для нас наблюдаемы средние и дальние зоны. Мы можем определить энергию торона в средней зоне по известным плотностям и радиусу, Она равна приблизительно 10^{70} Джоулям. Отсюда мы можем определить общее количество энергетических трубок в пределах торона по формуле:

$$N_t = \frac{\Phi_t}{e_0 \lambda_t} \quad (17)$$

Отсюда количество трубок в Кулонах:

$$\Phi_t = \sqrt{e_0 \lambda_t} N_t \approx 10^{40} \text{ Кл} \quad (18)$$

По этой схеме концепция раздувания пространства исключается. Энергия заранее распределена в пространстве и распространяется только ее фазовый переходной процесс. Он носит циклический характер. Каждый из циклов состоит из трех фаз по следующему порядку:

$$F_{p1} - F_{p2} = \frac{d^2 m}{dt^2} x + 2 \frac{dm}{dt} \frac{dx}{dt} + m \frac{d^2 x}{dt^2} \quad (19)$$

F_{p1} - сила сопротивления пластического поля; F_{p2} - кулоновская сила ускорения заряженных частиц. В первой фазе преобладает пластическое поле, и высвобождаемая энергия энергетической трубки уходит на генерацию массы и заряда частиц. Эта фаза компрессии (сжатия). Во второй фазе силы сравниваются, и процесс носит смешанный характер. В третьей фазе преобладают кулоновские силы статического поля, и происходит ускорение частиц. Это и есть фаза инфляции. Ускорение продолжается вплоть до достижения области с преобладанием пластического поля, после чего цикл повторяется. Так образуются галактики и пустоты между ними.

Условие начала переходного процесса аналогично граничному условию для векторов электрического поля:

$$\left(\frac{+}{R_1} - \frac{-}{R_2}\right) n_0 = \pm Q \frac{1}{R_2}, \quad (20)$$

S_1 и S_2 – сечения соседних элементов энергетических трубок. Из (20) следует, что обязательным условием превращения трубок в частицы и заряды является скачкообразный переход энергетических уровней между сопряженными элементами. Особая космологическая точка лишь дала первый толчок процессу. Такая интерпретация большого взрыва объясняет и барионную асимметрию Вселенной, допускает существование и Антивселенной, где имеет место обратная, антибарионная асимметрия.

Казалось бы возникла несовместимость с наблюдаемым красным смещением в спектрах далеких галактик, которая однозначно интерпретируется как доказательство раздувания Вселенной. Однако, согласно модели, на основе торона масса элементарных частиц и атомов зависит от энергии энергетических трубок в точке образования частицы. Следовательно, масса частицы определится расстоянием от особой точки торона. В ближней зоне она будет обратно пропорциональной функции квадрата расстояния, в средней зоне обратно пропорционально расстоянию, а в дальней зоне масса не зависит от расстояния, т. е. красное смещение может возникнуть не только от скорости удаления источника излучения, но и от величины исходной энергии источника массы частиц. Элементарная частица может иметь такой же широкий спектр частот, каковой имеется у электромагнитных волн. Масса частицы в удалении от центра торона определится уравнением:

$$m = n h \frac{1}{R_1} f(r, \theta, \varphi), \quad (21)$$

h_m – универсальная константа массы с размерностью кг · м;

R_1 – расстояние от центра торона до элементарной частицы, массу которой определяем;

n – общее количество энергетических трубок в тороне;

$f(r, \theta, \varphi)$ – пространственная функциональная характеристика пакета гипотетических энергетических трубок (торона) в сферической системе координат. Формально она должна совпадать со структурой полупериода излучения электрического диполя.

Масса образовавшейся частицы зависит обратно пропорционально от расстояния R_1 . Частота излучения атома связана с массой электрона и ядра соотношением обобщенной формулы Бальмера.

Заключение. В данной статье представлена гипотеза, которая требует дальнейшей проверки. Следует отметить, что она не является неожиданной. Аналогичные идеи в физике циркулируют давно. Релятивистские струны, физический вакуум, виртуальные частицы, Хигсовы частицы, торсоны, темная энергия, космическая постоянная, квинтэссенция, квантовый вакуум, фантомы и другие разновидности запредельной субматерии истинно и всплывают из недр теоретической физики. При всем своем разнообразии у них у всех есть одна общая особенность: практически и достоверно они еще не обнаружены. Хотя есть отдельные сообщения об их открытии в лабораторных условиях.

Предлагаемая здесь разновидность субматерии имеет то преимущество, что она в первом приближении позволяет дать ответы на поставленные выше вопросы по космологии и объяснить целый ряд аномальных особенностей квазаров, радиогалактик и красного смещения. Основным качеством гипотезы является возможность спроектировать эксперимент в лабораторных условиях для ее проверки, а также для попытки реализовать управляемый термоядерный синтез на принципиально новой основе.

Объясняет она аномалии и в метеорологии, что позволит выработать механизмы управления процессами в атмосфере.

Отрицание альтернативы: Все получалось прекрасно за исключением одного: научное общество 70-х годов прошлого столетия встретило эту идею категорично негативно, восприняло ее как спекуляцию, которая не имеет ничего общего с наукой. Новорожденное дитя было объявлено незаконнорожденным и было приговорено к смерти. Отрицаний было множество, но по существу было только два случая, в которых рецензенты писали, что гипотеза вступает в противоречие с фундаментальным законом электромагнетизма, и это соответствовало действительности: новая концепция вносит изменение в аксиому электродинамики и в этом сущность альтернативы.

Остальные возражения не выдерживали элементарной критики и носили в себе отпечаток субъективного желания опровергнуть любой ценой. Физика здесь была ни причем, проблема

переходила в сферу социально-психологических наук, где действуют другие, далеко не объективные правила соревнования.

В 80-е годы в Советской системе наук появились первые признаки кризиса. Стихийно возникшие альтернативные течения появились почти во всех крупных городах Советского Союза. Исследователи жаждали свободу мышления. Была создана Всесоюзная Комиссия по Аномальным Явлениям, своего рода альтернатива официальной Академии Наук. Каждый год устраивались многоточные конференции в разных городах. Новых идей было много и даже очень много. Исследователи старались понять друг друга. В это множество довольно успешно включилась и теория, представленная в данной статье.

В 90-е годы положение радикально изменилось. Великая Советская система перестала существовать. Одной из причин была как раз чрезмерная фундаментализация в научном мышлении. Р. Фейнману принадлежит афоризм: наука – это культура сомнений. Д. Уиллер в своем докладе утверждает: «в физике существует только один закон, что нет никаких законов. Постоянное изменение взглядов есть основное свойство физики» [7]. Советской системе были чужды подобные сомнения. Категоричная нетерпимость к альтернативам и погубила ее.

Крушение великой империи благотворно отразилось на науке. Категоричность и нетерпимость исчезли. Автору удалось сделать ряд публикаций.

Парадоксальное заключение Дж. Уиллера весьма наглядно подтверждается с выводами космологов. Физика и вместе с ней вся наука находится в очередной стадии радикальных изменений взглядов и представлений. Космологи в этом процессе выступают в роли лидеров. Под сомнением ставят самые «святы» из святых: закон сохранения энергии и скорость света.

Предложенная автором альтернатива довольно успешно согласовывается с новыми взглядами и развязывает узлы целого ряда аномалий в метеорологии, в космологии и в биологии. Смертный приговор, вынесенный ей сорок лет назад, был научно необоснованным и юридически Разумеется, изложенная выше концепция не лишена риска оказаться очередным частичным или полным заблуждением. Коэффициент достоверности доказательства достигает почти стопроцентного уровня только для шаровой молнии. Здесь уже почти нет сомнения в ее верности. Для установления степени достоверности для других объектов требуются дальнейшие исследования как теоретические, так и экспериментальные.

Литература:

1. An Open Letter to the Scientific Community. "New Scientist", May 22, 2004.
2. Berria G. N. Physics and Philosophy of Electromagnetism. Journal of the Georgian Society. Issue B. Physics of Atmosphere, ocean and Space Plasma. 2005. Vol. 10B.
3. Berria G. N. About Anomalies in Earth Atmosphere. "Proceedings 9-th International Symposium on Ball Lightning." Eindhoven. The Netherland. 2006.
4. Берия Г. Н. Общие проблемы космологии и метеорологии. "Georgian Engineering News". 2005. № 4.
5. ბერია გ. ნ. ატმოსფერული ელექტრობის ბუნების დადგენისათვის. "მეცნიერება და ტექნიკა". 2008. 7-8.
6. Берия Г. Н. К вопросу о природе смерча. Труды Института геофизики им. М. Нодия. 2004. Т. 58.
7. Уиллер Дж. Квант и Вселенная. «Астрофизика, кванты и теория Относительности». Изд. «Мир». 1982.

**ანომალიები ენერგეტიკაში, მეტეოროლოგიაში, კოსმოლოგიაში, გათი
საერთო ალტერნატიული ამოხსნა და მიცნობების მეთოდოლოგიის
საკითხები**

ბერია გ. ნ.

რეზიუმე

თანამედროვე მეცნიერების მდგომარეობა შეიქმნა დაეახასიათოთ სიტყვებით: ტექნოლოგიური აყვავება და კონცეპტუალური კრიზისი. თანამედროვე კონცეპტუალური

ამოწურეს განვითარების რესურსები, ალტერნატიული კონცეფციები კი ჯერ კიდევ არ არის ჩამოყალიბებული. შედეგად მთელი რიგი ამოცანებისა ენერგეტიკაში, მეტეოროლოგიაში, კოსმოლოგიაში და მეცნიერების სხვა დარგებში ამოუხსნელი რჩება. გასაღებს ახალი კონცეფციებისკენ გვაძლევს ანომალური მოვლენები. მოცემული წერილი გეთაუზობს ამოხსნებს: ენერგეტიკაში მაღალტემპერატურის მდგრადი პლაზმის პრობლემის; მეტეოროლოგიაში ატმოსფერული ელექტრობის, ტორნადოსა და ციკლონის რიგი პრობლემების; კოსმოლოგიაში დიდი აფეთქების, ბნელი ენერჯის, გალაქტიკების უწყვეტი აჩქარების ჯერ კიდევ ამოუხსნელი ამოცანებისა. ამოხსნები მიიღება საერთო ალტერნატიული კონცეფციის საფუძველზე, რომელიც ჩამოყალიბებულ იქნა მაქსუელის განტოლებების ფიზიკური შინაარსის ახალი ინტერპრეტაციის შედეგად.

АНОМАЛИИ В ЭНЕРГЕТИКЕ, В МЕТЕОРОЛОГИИ И В КОСМОЛОГИИ, ИХ ЕДИНОЕ АЛЬТЕРНАТИВНОЕ РЕШЕНИЕ И ВОПРОСЫ НАУЧНОЙ МЕТОДОЛОГИИ

Берия Г. Н.

Реферат

Общее состояние современной науки можно охарактеризовать словами: технологический расцвет и концептуальный кризис. Современные концепции истощили свои ресурсы развития, а альтернативные концепции еще не сформировались. В результате целый ряд задач в энергетике, в космологии, в метеорологии и в других областях науки остаются без решения. Аномальные явления дают ключ к новым концепциям. Данная статья предлагает концептуально решить задачи: в энергетике проблему устойчивой горячей плазмы для управляемого термоядерного синтеза; в метеорологии ряд проблем атмосферного электричества, торнадо и циклона, в космологии нерешенные проблемы большого взрыва, темной энергии и непрерывного ускорения галактик. Автор предлагает эти решения на основе единой альтернативной концепции, сформулированной в результате новой интерпретации физического содержания уравнений Максвелла.

ANOMALIES IN ENERGETICS, IN METEOROLOGY AND IN COSMOLOGY, THEIR UNITARY ALTERNATIVE DECISION AND QUESTIONS OF SCIENTIFIC METHODOLOGY

Berria G.

Abstract

The abstract The general condition of a modern science can be characterized words: technological blossoming and conceptual crisis. Modern concepts have exhausted the development resources, and alternative concepts were not generated yet. As a result variety of problems in energetics, in cosmology, in meteorology and in other areas of a science remains without the decision. The anomalous phenomena furnish the clue to new concepts. Article suggests solving: in energetics a problem of steady hot plasma for operated thermonuclear synthesis; in meteorology a number of problems of atmospheric electricity, a tornado and a cyclone; in cosmology unresolved problems of the big explosion, dark energy and continuous acceleration of galaxies. The author offers these decisions on the basis of the uniform alternative concept formulated as a result of new interpretation of the physical contents equation of Maxwell.

О ВЗАИМОДЕЙСТВИИ ВИРТУАЛЬНЫХ КВАРКОВ И МАТЕРИАЛЬНЫХ ТЕЛ

Орджоникидзе А.А.

Институт геофизики им. М. З. Нодиа, 0193, Тбилиси, ул. М. Алексидзе, 1, E-mail

Несмотря на то, что для виртуальных частиц не выполняется обычное соотношение между энергией, импульсом и массой [1], виртуальный кварк (в.к.), из которых состоят виртуальные адронные элементарные частицы (в.а.ч.) [2], при отражении от кварка материального тела (м.т.) самостоятельно или в составе в.а.ч., на м.т. действует определенной виртуальной силой f_v , являющейся функцией от его массы $-m$, и от скорости их взаимной встречи $-v = v_{m,t} + v_v$.

Можно сказать, что любая точка вакуума одновременно является ядром стока и источника какого-то постоянного конечного количества в.к.-ов. Следовательно, в вакууме на неподвижный точечный материальный объект (м.о.) в единицу времени притекает, в среднем одинаковое n конечное количество в.к.-ов, которые, отражаясь от его кварков на него обуславливают действие

определенной суммарной виртуальной силы - $F_v = \sum_1^n f_v$ [2].

С нашей точки зрения, предпочтительнее считать, что в.к. образуются из протокварков (из субэлементарных реальных частиц вещества), которые в процессе их хаотического движения, когда их нужное количество в нужном составе, случайно, на мгновение оказывается в объеме, равном условному объему кварка определенного вида. По-видимому по такому физическому механизму образуются виртуальные частицы любого типа (разное количество протокварков определенного спектра и определяет характерные черты разных элементарных частиц).

Протокварки, в отличие от в.к.-ов, неадронные частицы и если кварки последние составные частицы вещества (весомой материи), то протокварки могут быть реальными, по настоящей элементарными частицами, движущимися по всем направлениям вакуума со скоростью близкой скорости света. Таким образом, в.к. в данной точке вакуума образуются приходящими из „далека“ протокварками. Поэтому, уменьшением числа приходящих протокварков, пропорционально уменьшается и число образовавшихся в.к.-ов в данной точке вакуума [2].

На неподвижном изолированном материальном объекте в единицу времени со всех сторон притекает, в среднем, одинаковое количество в.к.-ов и тем самым, м.о. сохраняет неподвижное состояние. Однако, в отдельных равных, но очень маленьких промежутках времени $\Delta t_1 = \Delta t_2 = \dots = \Delta t_{n-1} = \Delta t_n$, количество притекающих в.к.-ов может быть разным и по этой причине всякий м.о. постоянно испытывает слабое колебание, которое может обусловить, например, двойную природу элементарных частиц - „частица – волна“, броуновское движение, тепловые процессы в целом, „мерцание“ электронов в атомных ядрах и т.д..

В конечном итоге, в.к. в вакууме по отношению к м.о.-ам образует однородное и изотропное силовое поле, типа не Фарадея-Максвелла, в котором все м.о., в том числе и реальные элементарные частицы, находятся в условии постоянной „бомбардировки“ в.к.-ми со всех сторон. Действие этих сил (этого поля) на неподвижное м.т. обуславливает его инертность и гравитационное сжатие. В случае изменения скорости движения м.т. действие этого поля проявляется в виде инерционных сил, а в системе, состоящей из множества м.о., порождает их гравитационное взаимопритяжение. В случае атомного ядра и реальной элементарной частицы действие этого поля становится источником глюонного поля. Они попадают в условия „вечного пленства“ со стороны в.а.к.-ов. Если нам каким-то образом удастся перекрыть протокваркам доступ к атомным ядрам, то мы в своем распоряжении получим дешевый источник колоссальной энергии. Не исключено, что такой эффект осуществляется при „бомбардировке“ атомных ядер большим количеством замедленных нейтронов. Таким образом, инерционные, гравитационные и глюонные процессы порождаются действием одного и того же силового поля, и все они управляются одним и тем же физическим механизмом.

Поэтому, все эти проявления можно назвать гравитационными, а поле именовать фоновым гравитационным полем (ФГП), только типа не Фарадея – Максвелла, и поэтому оно не может испускать гравитационных волн – по-видимому их просто нет в природе.

В заключение следует утверждать, что в вакууме существует одно общее однородное и изотропное фоновое гравитационное силовое поле типа не Фарадея-Максвелла, созданное и постоянно поддерживаемое виртуальными потоками в.а.ч. и не массами м.о.-ов или потоками энергии. М.О. в вакууме лишь локально искажают Ф.Г.П. Исходя из этого в.а.ч. можно условно отождествить с гравитонами, а протоควарки – с гравитино.

Когда неподвижное м.т., под действием внешней силы начинает движение, постепенно растет число встречных в.к.-ов и скорость встречи м.т. с ними. Следовательно, растет и суммарная виртуальная сила со стороны встречных в.к.-ов $\vec{F}_{\leftarrow v} (\Delta \vec{F}_{\leftarrow v})$ и, это приращение силы сопротивляется всякой тенденции роста скорости движения м.т.. Одновременно с этим, постепенно уменьшается число догоняющих (сопутствующих) м.т. в.к.-ов и скорость их встречи с м.т.-ом. Этим самым уменьшается и суммарная виртуальная сила действия этих в.к.-ов $\vec{F}_{\rightarrow v} (\Delta \vec{F}_{\rightarrow v} < 0)$. Такое приращение силы также направлено против всякой тенденции роста скорости движения м.т.. Обратная картина будет наблюдаться в случае уменьшения скорости движения м.т.. Сумма абсолютных величин этих приращений виртуальных сил $|\Delta \vec{F}_{\rightarrow v}| + |\Delta \vec{F}_{\leftarrow v}| = \Delta F_v$, всегда противостоит всякой тенденции изменения скорости движения м.т.. Легко узреть, что, именно они порождают инерционные силы всех видов, с целью сохранения величины скорости движения м.т.. После прекращения действий указанной внешней силы, с одной стороны, установится наблюдаемое равновесие состояние:

$$mv = c_1 = const \quad (1)$$

и м.т. продолжит движение с какой-то постоянной скоростью. Одновременно с этим, исходя из вышеприведенных рассуждений, необходимо допустить существование другого ненаблюдаемого (скрытого) равновесия виртуальных сил

$$\vec{F}_{\leftarrow v} - \vec{F}_{\rightarrow v} = C_2 = const \quad (2)$$

Вместе с этим, легко представить себе существование одного равновесия, которое объединяет указанные два разных равновесия. Выведем его уравнение:

$$c(mv) + \vec{F}_{\rightarrow v} = \vec{F}_{\leftarrow v}, \quad (3)$$

где, $c = \frac{c_1}{c_2} = const$ и его размерность $[c] = cek^{-1}$. Из ур. (3) получается, что

$$d(mv) = \frac{1}{c}(d \vec{F}_{\leftarrow v} - d \vec{F}_{\rightarrow v}) \quad (4)$$

Простые расчеты показывают, что всякое флюктуационное изменение $mv - (\Delta(mv))$, когда такое изменение не поддерживается действием внешней силы, $|\Delta \vec{F}_{\rightarrow v}| + |\Delta \vec{F}_{\leftarrow v}| = -\Delta(mv)$ и моментально восстанавливается (3) равновесие [2].

Исходя из этого, уравнение (3) служит и доказательством принципа инерции, т.е. доказательством первого и третьего законов механики Ньютона. Из этих уравнений также вытекает, что инерционные силы возникают в процессе взаимодействия м.т. и в.к.-ов, с целью сохранения равновесия (3). Поэтому, уравнение (3) можно назвать уравнением инерции м.т.. Исходя из уравнения (3), так же легко представить себе сущность массы м.т. и физический механизм ее зависимости от скорости движения м.т.. Уравнение (4) является обобщенным уравнением движения м.т., учитывающее действие как внешне наблюдаемой силы, так и действие скрытых виртуальных сил. В принципе, из уравнений (3) и (4) можно вывести и уравнение всемирного тяготения.

Как говорилось выше, гравитационное сжатие изолированного м.т. осуществляется действием в.к.-ов, отраженных от кварков м.т., число которых можно считать пропорциональной величиной числа кварков м.т., составляющих количество его вещества - μ . Однако, невозможно определить конкретное количество таких в.к.-ов или протокварков, т.к. определенное число приходящих протокварков может так пройти через м.т., что не встретиться с его кварками.

При такой постановке вопроса, количество таких в.к.-ов (или протокварков) зависит только от количества кварков, составляющих м.т., т.е., от количества вещества - μ м.т. (от количества весомой материи м.т.). С целью определения числа в.к., принимающих участие в гравитационном сжатии м.т., введем понятие гравитационно-эквивалентной сферы м.т. (э.с.), с массой m , объем которой

$\bar{V}_{\text{э.с.}} \approx N \bar{V}_{\text{кв.}}$, где N – общее количество кварков м.т., а $\bar{V}_{\text{кв.}} = 1$ – усредненный объем одного кварка. Кроме того, ясно, что $\mu_{\text{м.т.}} = N \bar{\mu}_{\text{кв.}}$, где $\bar{\mu}_{\text{кв.}} = 1$ – усредненное количество вещества одного кварка.

Можно считать, что для неподвижного м.т., $m_{\text{м.т.}} \approx c \mu_{\text{м.т.}}$, где c – постоянный коэффициент пропорциональности.

Постараемся найти силу гравитационного взаимодействия F_g двух неподвижных изолированных м.т., с количествами вещества μ_1 и μ_2 , отделенных друг от друга на расстоянии

R (см. рис.): допустим, что \bar{r}_1 и \bar{r}_2 – радиусы эквивалентных сфер м.т. μ_1 и μ_2 , соответственно. Тогда

$N_1 = 4\pi \bar{r}_1 \cdot n = k\mu_1$, а $N_2 = 4\pi \bar{r}_2 \cdot n = k\mu_2$, где N_1 и N_2 , число в.к.-ов, отраженных от поверхностей эквивалентных сфер м.т., соответственно, $n = \text{const}$ – количество в.к.-ов, отраженных от единичной площади эквивалентных сфер, а k – постоянный коэффициент пропорциональности. Получается, что

$$\bar{r} = B\sqrt{\mu}, \text{ где } B = \sqrt{\frac{k}{4\pi}} = \text{const}.$$

При таких обозначениях, общее количество в.к.-ов, отраженных от поверхности

изолированной э.с. м.т. μ_1 - $N_1 = 4\pi \bar{r}_1^2 = 4\pi B^2 \mu_1 = D \cdot \mu_1$, где $D = 4\pi B^2 n = \text{const}$. Действие этих в.к.-ов на изолированном м.т. уравновешены со всех противоположных сторон. В случае двух м.т., каждый из них частично перекрывает доступ протокварков ко второму м.т. и нарушает равновесие действующих виртуальных сил.

Когда $\bar{r}_i \ll R$ можно считать, что продолжение направлений движений в.к.-ов, отраженных от поверхности э.с., сходятся в центре м.т.. В рассматриваемом случае неуравновешенным остается действие в.к.-ов ℓ_1 [2].

На Рис. видно, что количество этих неуравновешенных в.к.-ов -

$$N_{\ell_1} = \frac{D \cdot \mu_1}{4\pi \bar{r}_1} \cdot S_{\bar{r}_1} = \frac{D \cdot \mu_1}{4\pi (R - \Delta R)^2} \cdot S_{(R - \Delta R)}, \text{ где } S_{(R - \Delta R)} = \pi(h^2 + 2a^2) - \text{площадь сегмента сферы}$$

радиуса $(R - \Delta R)$, опирающегося на м.т. μ_2 . Ясно, что:

$$N_{\ell_1} = \lim_{\Delta R \rightarrow 0} \frac{D \cdot \mu_1 \cdot (h^2 + 2a^2)}{4(R - \Delta R)^2} = \frac{D \cdot \mu_1 \cdot \bar{r}_2}{4R^2} = \frac{D \cdot B^2 \cdot \mu_1 \cdot \mu_2}{4R^2} \leq Q \neq \infty. \quad (5)$$

Можно допустить, что усредненная виртуальная сила, с которой один в.к. действует на м.т., постоянная - $\bar{f}_v \approx \text{const}$ и получаем:

$$F_{\ell_1} = \gamma_1 \frac{\mu_1 \mu_2}{R^2} \leq Q_1 \neq 0, \quad (6)$$

$$\text{где } \gamma_1 = \frac{DB^2 \bar{f}_v}{4} = \text{const}.$$

Как было сказано выше, для неподвижного м.т. можно считать, что $m = k\mu$, где k – постоянный коэффициент пропорциональности и из уравнения (4) получаем:

$$F_{g_1} = \gamma \frac{m_1 m_2}{R^2} \leq Q_1 \neq \infty, \quad (7)$$

где $\gamma = k^2 \gamma_1 = \text{const}$ и его размерность совпадает с размерностью универсального постоянного коэффициента гравитации G . Поэтому, уравнение (7) можно полностью отождествить с уравнением гравитации Ньютона –

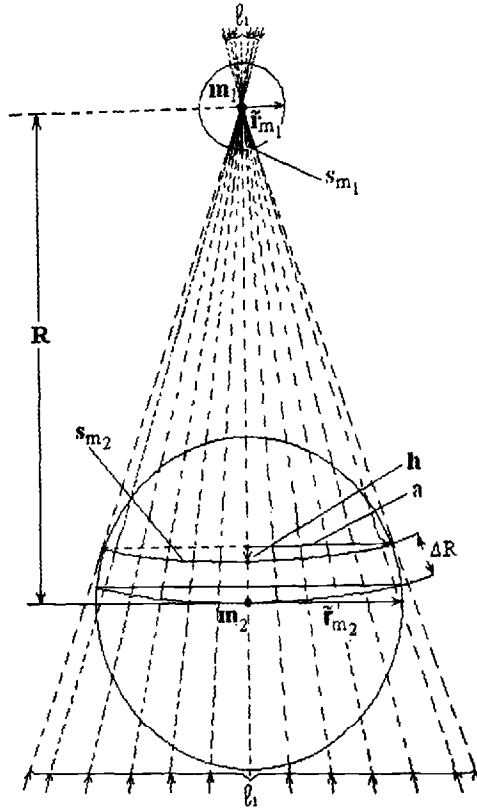


Рис.
 Схема перекрытия материальным телом m_2 доступа протокваркам
 к материальному телу m_1

$$F_{кн} = G \frac{m_1 m_2}{R^2}, \quad (8)$$

с той разницей, что:

$$\lim_{R \rightarrow 0} F_{кн} = \infty, \text{ а } \lim_{R \rightarrow 0} F_{к1} = Q \neq \infty,$$

где Q – максимальное, но конечное значение $F_{к1}$, которое с увеличением R уменьшается обратно пропорционально R^2 и, наоборот.

К такому естественному заключению невозможно прийти без учета уравнения (5), которое, конечно, не было известно Ньютону.

С учетом тех соображений, которые привели к выводу уравнения (7), можно утверждать, что раскрывается природа гравитации, отпадает необходимость введения понятия „дальнодействия“, подтверждается принцип Маха, и закон всемирного тяготения Ньютона (уравнения (7), (8))

принципиально можно приспособить к любому случаю гравитационного взаимодействия м.о.-ов., не прибегая к ОТО Эйнштейна.

Степень гипотетичности того допущения, что протокварки в вакууме двигаются со скоростью близкой скорости света, не выше степени гипотетичности допущения о существовании гравитационных волн и излучения виртуальных элементарных частиц м.т.-ми и реальными элементарными частицами.

Литература

1. Станюкович К. Гравитационное поле и элементарные частицы. Москва, Наука. 1965. С. 297.
2. Орджоникидзе А.. К вопросу физического механизма взаимодействия материальных тел. Тбилиси Техинформ №1248. 2006. С. 82. (На груз. яз.).

ვირტუალური კვარკებისა და მატერიალური სხეულების ურთიერთქმედების შესახებ

ორჯონიკიძე ა.

რეზიუმე

შრომაში გრაეიტაციული, ინერციული და გლუონური პროცესები წარმოდგენილია, როგორც მატერიალური სხეულების (მ.ს) და ვირტუალური კვარკების (კ.კ) მიერ ვაკუუმში შექმნილი ერთგვაროვანი ძალური, არა ფარადეი-მაქსველის ტიპის ფონური გრაეიტაციული ელვის (ფგე) ურთიერთქმედების გამოვლინება.

შემოთავაზებულია ვირტუალური ელემენტარული ნაწილაკების წარმოქმნისა და გრაეიტაციის ფიზიკური მექანიზმის ახლებური გააზრება. მასზე დაყრდნობით გამოყვანილია ინერციისა და მსოფლიო მიზიდულობის (ნიუტონის) კანონების გამომხატველი განტოლებები. მოცემულია ახლებური გააზრება მასის ფიზიკური არსისა და მისი სინქარეზე დამოკიდებულების შესახებ.

დამტკიცებულია „ინერციის პრინციპი“ და ნაჩვენებია, რომ

$$\lim_{R \rightarrow 0} F_g = \lim_{R \rightarrow 0} G \frac{m_1 m_2}{R^2} = A \neq 0, \text{ რითაც ეჭვის ქვეშაა დაყენებული „შევი ხერელების“}$$

არსებობა და „დიდი აფეთქების“ შესაძლებლობა.

გამოთქმულია მოსაზრება იმის შესახებ, რომ სამყაროში არ არსებობს გრაეიტაციული ტალღები და არც არის ამის საჭიროება-აუცილებლობა. ნებისმიერი გრაეიტაციული გამოვლინება შესაძლებელია აიხსნას ნიუტონის თეორიაზე დაყრდნობით, აინშტაინის ფზთ-ის დახმარების გარეშე.

О ВЗАИМОДЕЙСТВИИ ВИРТУАЛЬНЫХ КВАРКОВ (В.К.) И МАТЕРИАЛЬНЫХ ТЕЛ

Орджоникидзе А.

Реферат

В статье гравитационные, инерционные и глюонные процессы представлены, как проявления взаимодействия м.т. и силового поля, созданного в.к.-мн в вакууме.

Предлагается новое осмысление физического механизма образования виртуальных элементарных частиц. Выведены уравнения законов инерции и всемирного притяжения Ньютона. Дано новое осмысление сущности массы м.т. и ее зависимости от скорости движения. Доказан „Принцип

инерции" и принцип Маха и показано, что $\lim_{R \rightarrow 0} F_g = \lim_{R \rightarrow 0} G \frac{m_1 m_2}{R^2} = A \neq \infty$, тем самым поставлены под серьезным сомнением возможности существования „Черных дыр" и осуществления „Большого взрыва".

Высказано мнение о том, что во Вселенной не существуют гравитационные волны и нет нужды в этом. Любое гравитационное проявление можно объяснить с применением теории Ньютона, не прибегая к ОТО Эйнштейна.

ABOUT INTERACTION BETWEEN MATERIAL BODIES AND VIRTUAL QUARKS

Orjonikidze A.

Abstract

In the work gravitation, gluon and inertial processes are represented as homogeneous mass formed in vacuum by M.B. and V.Q.-s, expression of interaction of non-Faraday-Maxwell type background gravitation field (BGF).

New consideration of gravitation physical mechanism and formation of virtual elementary particles are suggested. On its base equations expressing inertia and world gravity (Newton) laws are made. New consideration of mass physical meaning and about its dependence on speed is given.

"The concept of inertia" is proved and it is shown that $\lim_{R \rightarrow 0} F_g = \lim_{R \rightarrow 0} G \frac{m_1 m_2}{R^2} = A \neq \infty$ which puts under doubt existence of "black holes" and possibility of "great explosion".

The consideration is expressed that there are not gravitation waves in the universe and there is no need for that. Any gravitational occurrence might be explained on the ground of Newton theory, without helping of Einstein general theory of relativity.

О ПОТЕНЦИАЛЬНОЙ ЭНЕРГИИ ГРАВИТАЦИОННОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ МАТЕРИАЛЬНЫХ ТЕЛ

Орджоникидзе А.А.

Институт геофизики им. М.З. Нодиа, 0193, Тбилиси, ул. М. Алексидзе, 1. E-mail

В случае двух изолированных м.т. (материальных тел), с массами m_1 и m_2 , отделенных друг от друга на расстоянии R (Рис. 1), благодаря гравитационному взаимодействию, каждое из них относительно „нижележащих“ уровней обладает „скрытой“ (потенциальной) энергией - E_{mp} [1], которая заставляет его двигаться и встретиться со вторым м.т.-ом в их общем центре тяжести „С“. Уровни r_{m_1} и r_{m_2} , до которых м.т. в процессе такого „падения“ к „С“ достигают одновременно, ниже будем называть взаимоспряженными уровнями и обозначим это знаком $r_{m_1} \sim r_{m_2}$. Из рис. 1 видно,

что: $r_{m_1} + r_{m_2} = R$, и $r_{m_1} = \frac{m_1}{m_2} r_{m_2}$.

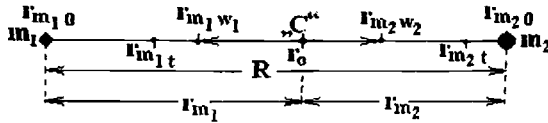


Рис. 1.

Схема расположения уровней по отношению уровня центра тяжести „С“ ($r_{„C“} = 0$).

В процессе „падения“ от начального уровня $r_{m_o} = r_{m_o}$, при пересечении любого уровня $r_{m_{nv}} < r_{m_o}$, м.т. свою потенциальную энергию, которой оно владело в начале падения относительно этого уровня $E_{mp, r_{m_o} r_{m_{nv}}}$, проявляет в виде кинетической энергии - $E_{mk, r_{m_o} r_{m_{nv}}}$ или работы - $A_{(r_{m_o} \rightarrow r_{m_{nv}})}$.

выполненной силой $F_g = -G \frac{m_1 m_2}{R^2}$ на перемещение м.т. в интервале уровней ($r_{m_o} \rightarrow r_{m_{nv}}$).

С целью установления количественной взаимосвязи этих величин с потенциальной энергией, рассмотрим уравнение движения, например, для м.т. m_1 :

$$\frac{dm_1 v}{dt} = -G \frac{m_1 m_2}{R^2} \quad (1)$$

и представим его в виде:

$$m_1 v dv = -G \frac{m_1 m_2}{R^2} dR = F_g \cdot dR = dA \quad (2)$$

Интегрируя ур-ня (2) в интервале ($R_{r_{m_o}} \rightarrow R_{r_{m_{nv}}}$), получаем:

$$m_1 \int_{R_{r_{m_1 0}}}^{R_{r_{m_1 v}}} v dv = -G m_1 m_2 \int_{R_{r_{m_1 0}}}^{R_{r_{m_1 v}}} \frac{dR}{R^2} = \int_{R_{r_{m_1 0}}}^{R_{r_{m_1 v}}} F_k dR = \int_{R_{r_{m_1 0}}}^{R_{r_{m_1 v}}} dA;$$

$$\frac{m_1 v_{r_{m_1 v}}^2}{2} - \frac{m_1 v_{r_{m_1 0}}^2}{2} = G \frac{m_1 m_2}{R_{r_{m_1 v}}} - G \frac{m_1 m_2}{R_{r_{m_1 0}}} = A_{(r_{m_1 v}, r_{m_1 0})} = E_{m_1 p, r_{m_1 v}, r_{m_1 0}}, \quad (3)$$

где, $R_{r_{m_1 v}}$ и $R_{r_{m_1 0}}$ - значения R на уровнях $r_{m_1 v}$ и $r_{m_1 0}$ (Рис. 1).

По условию $v_{r_{m_1 v}} = 0$ и из выражения (3) получаем:

$$\frac{m_1 v_{r_{m_1 0}}^2}{2} = G \frac{m_1 m_2}{R_{r_{m_1 0}}} - G \frac{m_1 m_2}{R_{r_{m_1 v}}} = A_{(r_{m_1 v}, r_{m_1 0})} = E_{m_1 p, r_{m_1 v}, r_{m_1 0}}. \quad (4)$$

Таким образом: потенциальная энергия м.т. с массой m_1 (или m_2), находящегося на уровне $r_{m_1 v}$ (или на $r_{m_1 0}$) относительно уровня $r_{m_1 w_1} < r_{m_1 0}$ (или $r_{m_2 w_2} < r_{m_2 0}$) представляет собой кинетическую энергию, которую приобретет м.т. до пересечения уровня $r_{m_1 w_1}$ (или $r_{m_2 w_2}$) и по величине равна работе, выполненной на перемещение м.т. от уровня $r_{m_1 v}$ до $r_{m_1 w_1}$ [4].

Исходя из такого определения, с учетом того, что $R_{r_{m_1}} = R_{r_{m_2}}$ имеем:

$$E_{m_1 p, r_{m_1 v}, r_{m_1 0}} = G \frac{m_1 m_2}{R_{r_{m_1 v}}} - G \frac{m_1 m_2}{R_{r_{m_1 0}}} = G \frac{m_1 m_2}{R_{r_{m_2 v_2}}} - G \frac{m_1 m_2}{R_{r_{m_2 v_1}}} = E_{m_1 p, r_{m_2 v_2}, r_{m_2 v_1}} \quad (5)$$

Уравнение (5) указывает на то, что: 1. как кинетическая, так и потенциальная энергии м.т. относительно взаимосопряженных уровней равны и в том случае, когда $m_1 \ll m_2$; 2. потенциальная энергия м.т. равна нулю только тогда, когда $r_{m_1 v} = r_{m_1 w}$, но это не значит что потенциальная энергия относительно $r_{m_1 w} < r_{m_1 0}$ имеет отрицательное значение - $E_{r_{m_1 v}} > 0$.

Наконец, для любого промежуточного уровня r_i данного интервала ($r_o \div r_w$), найдены формулы для определения абсолютных величин компонентов закона сохранения полной механической энергии м.т. - $E_{m_1 r_i} = E_{(r_{m_1 v}, r_{m_1 i})} = E_{mk, r_{m_1 v}, r_{m_1 i}} + E_{mp, r_{m_1 v}, r_{m_1 i}}$, где:

$$E_{k, r_i} = E_{k, r_o, r_i} = G \frac{m_1 m_2}{R_{r_i}} - G \frac{m_1 m_2}{R_{r_o}}, \quad E_{p, r_i} = E_{p, r_i, r_w} = G \frac{m_1 m_2}{R_{r_w}} - G \frac{m_1 m_2}{R_{r_i}} \quad \text{и}$$

$$E_{r_i} = E_{(r_o, r_i)} = E_{k, r_o, r_i} + E_{p, r_i, r_w} = G \frac{m_1 m_2}{R_{r_w}} - G \frac{m_1 m_2}{R_{r_o}} = E_{k_{max}} = E_{p_{max}} = Const. \quad (6)$$

Конкретно: E_{k, r_o, r_i} - реализованная в кинетическую энергию часть $E_{p_{max}}$ м.т. до пересечения им уровня r_i , а E_{p, r_i, r_w} - оставшая, не реализованная в кинетическую энергию часть той же $E_{p_{max}}$ к моменту пересечения уровня r_i .

Вышесказанное доказывает, что: $E_{pR} \neq -G \frac{m_1 m_2}{R}, \quad \frac{mv_R^2}{2} - G \frac{m_1 m_2}{R} = L = const$ не выражает закона сохранения энергии и уравнение Фридмана $\frac{H^2}{2} - \frac{4}{3} \pi G \rho = -\frac{K}{2R^2}$ [2] не является законом сохранения энергии „Большого взрыва“ (уравнением „Большого взрыва“).

Равенство $\frac{mv_R^2}{2} - G \frac{m_1 m_2}{R} = L = const$ вытекает из уравнений (3) [1], [3], но оно выражает не закон сохранения энергии ($L \neq E$), а указывает лишь на то, что в ходе рассматриваемого процесса сохраняется разность двух положительных величин - $\frac{mv^2}{2}$ и $G \frac{m_1 m_2}{R}$.

Это обстоятельство формально не влияет на результаты решения таких задач, в которых потенциальная энергия фигурирует в виде своего производного, например, при определении силы взаимодействия, или в виде разности ее значений на двух разных уровнях, как например, при вычислении работы, выполненной на перемещения м.т. с одного уровня на другой. Однако это сильно сказывается, например, при вычислении полной механической энергии м.т., особенно тогда, когда $m_1 \ll m_2$. В этом случае считается, что м.т. m_1 , практически не влияет на движение м.т. m_2 . Исходя из этого, м.т. m_2 рассматривается всюду неподвижным и уровень, проходящий через его центр принимается нулевым уровнем. Этим самым необоснованно допускается, что в ходе данного процесса везде и всюду $E_{m_2 p} = 0$, что противоречит уравнению (5). В действительности, в любом случае $E_{m_2 p} = E_{m_1 p} = B > 0$. Поэтому, полная механическая энергия всей системы (m_1, m_2) с нулевым уровнем в m_2 - $E_{(m_1, m_2) m_2} = E_{m_1} + E_{m_2} = E_{m_1}$, а $E_{(m_1, m_2) c} = 2E_{m_1}$. Здесь комментарии излишни и можно утверждать, что нулевым считать уровень, проходящий через центр м.т. m_2 принципиально недопустимо, ибо в этом случае приходится пренебрегать как всякими вращательными, так и поступательными движениями м.т. m_2 . А это, в частности приводит к тому, что скорость вращения перигелия Меркурия вокруг Солнца, рассчитанная с допущением $E_{m_2 k} = E_{m_2 p} = 0$, получается существенно заниженной. В действительности, как известно, и как это видно на рис. 2, в ходе рассматриваемого процесса, оба м.о. вращаются на собственных орбитах и все время находятся во взаимосопреженных точках. Их всегда соединяет прямая, проходящая через общий F фокус их орбит и вращающая вокруг него, выполняя роль вращающейся системы отсчета.

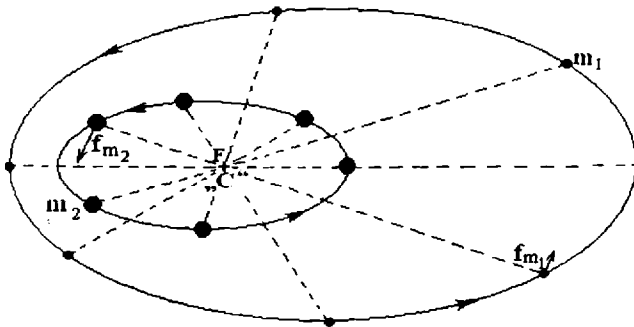


Рис. 2.

Схема взаиморасположения орбит движений двух небесных объектов

В таких условиях, вращающиеся на своих орбитах оба м.т. непрерывно передвигаются взад и вперед вдоль этой прямой линии, вращающейся в плоскости их орбит. Поэтому, на обоих м.т., во всех точках, непрерывно действуют Кориолисовы силы - $f_{m_1 k} = km_1 \sqrt{m_2}$ и $f_{m_2 k} = km_2 \sqrt{m_1}$. моменты которых, по отношению „с“ и обуславливают вращение перигелия Меркурия вокруг F.

Когда нулевым принимается уровень, проходящий через центр Солнца, считается, что $f_2=0$ и поэтому, скорость вращения перигелия Меркурия, рассчитанная с учетом только f_1 , получается существенно заниженной. Помимо сказанного по указанному вопросу, из вышеприведенных суждений следует дополнительно отметить, что всякое вращение вокруг Солнца - кажущееся.

действительности все вращается вокруг F и такие вращения совершают не только перигелий и апогей Меркурия. Вокруг F вращаются в целом, как орбита Меркурия, так и орбита самого Солнца.

В общем, необходимо отметить, что в фокусе орбит небесных объектов не может находиться никакой другой материальный объект, в том числе и „Черная дыра“. Это обстоятельство может сыграть существенную роль в процессе „поиска“ черных дыр.

Литერატურა

1. Мирианшвили М.М. Курс общей физики. 1973. Т. 1. С. 332. (На груз. яз.).
2. Силк Д. Большой взрыв. Москва, „Мир“. 1982. С. 305.
3. А. Гуревич, А. Чернин. Общая теория относительности в физической картине мира. Москва, „Знание“. 1970. С. 165.
4. А. Орджоникидзе. К вопросу о потенциальной энергии гравитационного взаимодействия материальных тел. Тбилиси, Техинформ, №1256. 2008. С. 28.

მატერიალურ სხეულთა გრავიტაციული ურთიმართმედეგის პოტენციალური ენერგიის შესახებ

ორჯონიკიძე ა.

დებუზმე

შრომაში განხილულია ორი, m_1 და m_2 მასათა მუდობელი, ერთმანეთისაგან R მანძილით და შორებული მატერიალური სხეულის (მ.ს.) გრავიტაციული ურთიმართმედეგა, როგორც მათი „უარდნა“ საერთო სიმძიმის ცენტრის მიმართ.

მოცემულია პოტენციალური ენერგიის (პ.ე.) განმარტება.

მოცემულია ამ სხეულთა სრული მექანიკური ენერგიის მუდმივობის კანონის კომპონენტთა ფიზიკური იტერპრეტაცია და გამოყვანილია მათი აბსოლუტური მნიშვნელობების გამოსათვლელი ფორმულები.

დამტკიცებულია, რომ $E_p \neq G \frac{m_1 m_2}{R}$ და ამდენად, გამოსახულება

$$\frac{mv^2}{2} - G \frac{m_1 m_2}{R} = L = \text{Const} \text{ არ არის ენერგიის მუდმივობის კანონი. ასევე, ფრიდმანის}$$

$$\text{განტოლება, } \frac{H^2}{2} - \frac{4}{3} \pi \rho = -\frac{K}{2R^2}, \text{ არ არის „დიდი აფეთქების“ განტოლება.}$$

უარყოფილია მტკიცება იმისა, რომ გრავიტაციის ნიუტონისეულ თეორიაზე დაყრდნობით შეუძლებელია მერკურის პერაპელიუმის მზის გარშემო ბრუნვის სიჩქარის გამოთვლა.

უარყოფილია მოსაზრება სამყაროში „შავი ხვრელების“ არსებობისა და „დიდი აფეთქების“ შესაძლებლობათა შესახებ.

О ПОТЕНЦИАЛЬНОЙ ЭНЕРГИИ (П.Э.) ГРАВИТАЦИОННОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ МАТЕРИАЛЬНЫХ ТЕЛ (М.Т.)

Орджоникидзе А.

Реферат

В статье рассматривается гравитационное взаимодействие двух неподвижных м.т. с массами m_1 и m_2 , удаленных друг от друга на расстоянии R, как процесс их свободного „падения“ к их центру тяжести.

Дано определение п.э. и физическая интерпретация компонентов закона сохранения полной механической энергии м.т., выведены формулы для определения их абсолютных величин.

Доказано, что $E_p \neq G \frac{m_1 m_2}{R}$ и, следовательно, уравнение $\frac{mv^2}{2} - G \frac{m_1 m_2}{R} = L = Const$ не является законом сохранения энергии. Исходя из этого, уравнение Фридмана $\frac{H^2}{2} - \frac{4}{3} \pi \rho = -\frac{K}{2R^2}$, также не является уравнением „Большого взрыва“.

Показана ошибочность утверждения того, что теория гравитации Ньютона не дает возможности для вычисления реальной величины скорости вращения перигелия Меркурия вокруг Солнца.

Показано, что в фокусе орбит небесных объектов не может находиться никакой материальный объект, в том числе и „Черная дыра“.

ABOUT POTENTIAL POWER OF GRAVITATION INTERACTION OF MATERIAL BODIES

Orjonikidze A.

Abstract

In the given work gravitational interaction of two material bodies (m.b.), parted from each other by R distance and having m_1 and m_2 masses, are discussed as “falling” of these bodies in relation with common center of gravity.

Explanation of potential energy is given.

Physical interpretation of components of complete mechanical energy conservation law of these bodies are given and equations for calculation of their absolute values are made.

It is proved that $E_p \neq G \frac{m_1 m_2}{R}$ and so expression $\frac{mv^2}{2} - G \frac{m_1 m_2}{R} = L = Const$ is not energy conservation law. Also Fridman equation $\frac{H^2}{2} - \frac{4}{3} \pi \rho = -\frac{K}{2R^2}$ does not represent the equation of “great explosion”.

Assertion that on the base of Newton gravitation theory it is impossible to calculate rotation speed around mercury helium sun is denied.

The consideration about possibility of “great explosions” and existence of “black holes” in the world is denied.

АКАДЕМИК БЕНЕДИКТ КОНСТАНТИНОВИЧ БАЛАВАДЗЕ



Исполнилось 100 лет выдающему грузинскому ученому, академику Академии наук Грузии, доктору физико-математических наук, заслуженному деятелю науки Грузии, лауреату Государственной премии Грузии, одному из инициаторов создания Института геофизики АН Грузии, основателю гравиметрической школы в Грузии, кавалеру многих правительственных наград, профессору Бенедикту Константиновичу Балавадзе.

С именем акад. Б.К. Балавадзе связаны славные страницы развития геофизической науки в Грузии, он внес значительный вклад в дело дальнейшего развития новых направлений геофизики и воспитания научных кадров в республике.

Акад. Б.К. Балавадзе в 1931 году окончил физико-математический факультет Тбилисского государственного университета. В 1931-32 гг. прошел курс ускоренной аспирантуры в Сейсмологическом институте г. Ленинграда. В основанном в 1933 году, в Тбилиси, Институте геофизики Б.К. Балавадзе создал гравиметрическую лабораторию, ставшую в республике центром научных исследований по гравиметрии. Эти исследования затрагивали следующие направления в этой области геофизики: разведочную геофизику, региональную геофизику, глобальную геофизику, прогноз землетрясений.

Акад. Б.К. Балавадзе в 1950-1953 и 1972-1987 годах занимал должность директора Института геофизики. В 1953-1955 гг. находился в докторантуре в Геофизическом институте АН СССР (Москва), в котором успешно защитил диссертацию на соискание ученой степени доктора физико-математических наук на тему «Гравитационное поле и строение земной коры в Грузии». В дальнейшем под руководством и непосредственном участии Б.К. Балавадзе было изучено гравитационное поле всей территории Кавказа и сопредельных морей.

Акад. Б.К. Балавадзе: разработал и усовершенствовал геофизические методы поиска и разведки полезных ископаемых; разработал гравиметрический метод для разведки нефтеносных структур; с 1949 года исследует глубинное строение территории Кавказа и сопредельных морей, динамику, физические свойства пород земной коры; провел гравиметрическую съемку Кавказской территории и разработал методику проведения гравиметрических работ в горных местностях, которая была использована во многих республиках бывшего СССР; издал гравиметрическую карту Кавказа не в полной топографической редукции; один из первых провел количественную интерпретацию аномалии силы тяжести; в 1958 году создал лабораторию по изучению явлений приливов земной коры, которая служила международным центром по унификации данных приборов разных систем; в 1969 году создал стационарную лабораторию по изучению деформационных процессов земной коры в районе Ингури ГЭС; с 1982 года, как руководитель Кавказского центра МСССС, координировал работы по прогнозу землетрясений. Акад. Б.К. Балавадзе в 1968 году в Тбилисском государственном университете, на географо-геологическом факультете основал кафедру геофизических методов разведки и руководил ею до 1976 г., в 1976-1991 гг. заведовал кафедрой геофизики на физическом факультете университета.

С 1988 года акад. Б.К. Балавадзе советник директора Института геофизики.

Пожелаем юбиляру долгих лет жизни и здоровья.

ПРОФЕССОР ШОТА АЛЕКСАНДРОВИЧ АДАМИЯ



25 января 2009 года исполнилось 80 лет со дня рождения видного представителя грузинской геологической школы, главного научного сотрудника сектора солнечно-земных связей Института геофизики, лауреата премии им. акад. Джанелидзе, доктора геологических наук, профессора Шота Александровича Адамия.

Проф. Ш.А. Адамия родился в г. Тбилиси в семье служащих. В 1948 году окончил 35 мужскую среднюю школу, а в 1953 г. окончил с отличием географо-геологический факультет Тбилисского государственного университета. В том же году поступил в аспирантуру Геологического института Академии наук Грузии, в котором работал с 1955 года по 1995 год. В институте прошел путь от младшего научного сотрудника до заведующего отделом комплексных геологических исследований ((1971-1976 гг.), затем заместителя директора (1976-1988 гг.) и директора института (1988-1995 гг.). В 1958 году защитил кандидатскую диссертацию, а в 1969 – докторскую.

Научные интересы проф. Ш.А. Адамия весьма обширны. Он автор свыше 300 научных работ, в том числе нескольких монографий и учебников для высших учебных заведений. Его многочисленные работы, опубликованные как в республиканской, так и в зарубежной печати, касаются обширного круга вопросов региональной геологии, стратиграфии, тектоники, сейсмотектоники, палеогеографии, палеомагнетизма, глубинного строения литосферы и геодинамики процессов, формирующих земную кору складчатых областей. Проф. Ш.А. Адамия постоянно ведет свои научно-исследовательские работы в районах Кавказа, Турции и Ирана, перспективных на обнаружение месторождений нефти и газа, рудных и нерудных полезных ископаемых. Большая заслуга Ш.А. Адамия в решении многих проблем доальпийской геологии Кавказа. В докторской диссертации им по - новому были решены вопросы стратиграфии и тектоники допалеозойских, палеозойских образований многих районов Кавказа. Хорошо известны результаты исследований Ш.А. Адамия по проблеме механизма и геодинамики формирования складчатых поясов и связи глубинного строения земной коры Кавказа с его тектоническими структурами. Плодотворны исследования Ш.А. Адамия и по глобальной корреляции геологических событий, проводимых им в рамках международных программ.

С 1996 года проф. Ш.А. Адамия сотрудник Института геофизики, где изучает и выясняет геологические и сейсмотектонические условия Грузии. Он постоянно участвует в геологических работах прикладного характера, имеющих большое народно-хозяйственное значение как для Грузии, так и для Кавказа.

Проф. Ш.А. Адамия ведет большую педагогическую и общественную деятельность. Читает лекции и является профессором Тбилисского государственного университета. В 1992-1995 гг. являлся членом правительства Грузии, был министром Охраны окружающей среды. Имеет правительственные награды, в том числе орден Чести Грузии.

Пожелаем юбиляру здоровья, счастья, больших успехов в науке.



Исполнилось 90 лет со дня рождения известного грузинского сейсмолога, кандидата физико-математических наук Вахтанга Георгиевича Папалашвили.

В.Г. Папалашвили родился 28 августа 1919 года в г. Тбилиси в семье служащего. В 1941 году окончил физико-математический факультет Тбилисского государственного университета. В 1941-47 гг. работал преподавателем физики и математики средней школы

г.Лагодехи. В 1947 году поступил в аспирантуру Института геофизики и физики АН Грузии по специальности «сейсмология». С 1950 года сотрудник Института.

В.Г. Папалашвили в 1954 году в Тбилиском университете защитил кандидатскую диссертацию на тему «Исследование применимости имеющихся голографов для

определения сейсмических элементов близких землетрясений в Закавказье» (рук. проф. Е.И. Бюс). С именем Вахтанга Георгиевича связано развитие и совершенствование сейсмических наблюдений на Кавказе. Продолжая славные традиции, заложенные известными грузинскими учеными Е.И. Бюсом и А.Д. Цхакая, Вахтанг Георгиевич с большой любовью к делу и энтузиазмом вел работу, связанную со сбором первичной сейсмической информации о землетрясениях, ее обработкой с использованием новейших методов, с составлением каталогов и обобщением сейсмичности с любыми сейсмологическими и геофизическими исследованиями. В 1956-63 годах В.Г. Папалашвили занимал должность ученого секретаря Института геофизики, в 1971-1973 гг. он - заведующий отделом региональной сейсмологии, с 1974 до 2007 года – старший научный сотрудник этого же отдела. Как руководитель Кавказского зонального центра Единой системы сейсмических наблюдений В.Г.Папалашвили координировал на Кавказе проблематику по сейсмичности Кавказского региона и прогнозу землетрясений, именно, составлял каталог землетрясений Кавказского региона для сборника «Землетрясения в СССР». Он возобновил публикацию «Сейсмического бюллетеня Кавказа» за 1970-1988 годы. Огромна его заслуга в составлении фундаментального каталога «Новый каталог сильнейших землетрясений на территории СССР с древнейших времен до 1973 года» (Кавказский регион). В.Г. Папалашвили принимал участие в составлении карты сейсмического районирования Кавказского региона и в макросейсмическом изучении сильнейших землетрясений Кавказа. Результаты макросейсмических исследований опубликованы в отдельных монографиях и статьях.. В.Г.Папалашвили автор свыше 200 работ.

В.Г. Папалашвили с 1957 года по совместительству занимал должность доцента кафедры инженерно-технических дисциплин в Академии художеств Грузии.

С 2007 года В.Г. Папалашвили находится на пенсии, но продолжает публиковать работы по сейсмологии.

Так, пожелаем этому неутомимому труженику, скромному человеку здоровья, здоровья и еще раз здоровья.

ПРОФЕССОР АЛЕКСАНДР ВАРДЕНОВИЧ БУХНИКАШВИЛИ

(2009 – 1983)



22 мая 2009 года исполнилось 100 лет со дня рождения известного грузинского ученого и общественного деятеля, одного из основателей Института геофизики, доктора геолого-минералогических наук, заслуженного деятеля науки Грузии, лауреата Государственной премии СССР, профессора Александра Варденовича Бухникашвили.

А.В. Бухникашвили в 1931 году с отличием окончил Закавказский горно-металлургический институт. В том же году его назначают начальником Иорско-Алазанской геологической партии Закавказского геолого-разведочного управления. Он высказывает научно-обоснованное понимание о генезисе и возрасте полиметаллических рудопроявлений Южного склона Большого Кавказа, что не теряет своей ценности и в наши дни.

А.В. Бухникашвили в 1932 году кончает курс ускоренной аспирантуры в Сейсмологическом институте АН СССР (Ленинград). Научная деятельность А.В. Бухникашвили связана с Институтом геофизики, в котором он работал с 1934 до 1972 года, а в 1953-1972 гг. был директором. Первые опытные исследования по разработке, усовершенствованию и применению электроразведочных методов рудных и нерудных месторождений Закавказья были проведены в 1934 году на Меквенском месторождении серниго колчедана. Именно здесь, один из первых в Грузии, А.В. Бухникашвили заложил основы в деле поиска и разведки рудных месторождений электроразведочными методами. В 1936 году А. В. Бухникашвили в Москве успешно защитил диссертацию на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по теме: «Применение постоянного тока в разведке жильных месторождений» (рук. проф. А.А. Петровский). В 1966 году в Тбилиси защитил диссертацию на соискание ученой степени доктора геолого-минералогических наук на тему: «Электроразведка рудных месторождений Закавказья». В ней обобщены данные экспедиционных работ, проведенных на сульфидных месторождениях Закавказья. А.В. Бухникашвили устанавливает критерии применения разных методов электрической разведки, и, сличением данных полевых и лабораторных исследований, формирует оригинальную теорию о структуре и природе природных электрических полей. В дальнейшем, по инициативе А.В. Бухникашвили была произведена съемка всей территории Грузии методом электрического поля в масштабе 1:500000.

За те 19 лет, в течение которых А.В. Бухникашвили находился на посту директора Института геофизики, институт провел успешные научные исследования, расширилась экспериментальная база института, расширились научно-исследовательские работы по общесоюзным и международным программам по всем научным направлениям института.

В 1969 году вместе с другими грузинскими учеными А.В. Бухникашвили был удостоен Государственной премии СССР за разработку и внедрение средств и методов воздействия на градовые процессы.

В течение всей жизни А.В. Бухникашвили параллельно занимался партийно-хозяйственной деятельностью: в 1937-39 гг. – он начальник Главного управления Совета Народного Комиссариата местной промышленности Грузии, в 1939-42 гг. – начальник Главного управления стройматериалов Совета Народного Комиссариата Грузии, в 1942-1952 гг. – представитель Совета Народных комиссаров Грузии в Москве, в Москве в 1949-52 гг. он совмещал должность директора павильона Грузии на выставке достижений народного хозяйства СССР (ВДНХ).

В 1972-1975 гг. А.В. Бухникашвили работает на должности первого заместителя Главного редактора Грузинской Советской Энциклопедии, а с 1975 г. до последних лет жизни - на должности первого заместителя Комиссии по изучению природных ресурсов и производительных сил Грузии.

Проф. А.В. Бухникашвили вел большую педагогическую деятельность. В течение ряда лет в Закавказском Индустриальном институте вел курс лекций по электроразведке, осуществлял научное руководство аспирантами и соискателями научных степеней.

Он автор свыше 150 научных работ, в том числе нескольких монографий. Проф. А.В. Бухникашвили имел правительственные награды, не раз избирался депутатом Высшего совета и районных советов Грузии. Во всех сферах деятельности проявлял большие организаторские способности, высокие человеческие качества, пользовался всеобщим заслуженным авторитетом.

Проф. А.В. Бухникашвили скончался 1 мая 1983 г. Похоронен в Сабурталинском пантеоне общественных деятелей Грузии.

ВАРЛАМ ВАСИЛЬЕВИЧ КЕБУЛАДZE

(1909 – 1983)



7 мая 2009 года исполнилось 100 лет со дня рождения заведующего отделом геоэлектричества и электрометрии Института геофизики АН Грузии, кандидата физико-математических наук Варлама Васильевича Кебуладзе.

В.В. Кебуладзе является одним из тех ученых, которые заложили основу и развили значительную отрасль геофизической науки – исследование глубинного строения земной коры и поиск месторождений полезных ископаемых методами различных физических полей.

В.В. Кебуладзе в 1931 году окончил физико-математический факультет Тбилисского государственного университета, в 1932-33 гг. прошел курс ускоренной аспирантуры в Ленинграде, в Сейсмологическом институте АН СССР. С 1933 года до конца жизни работал в Институте геофизики АН Грузии. Одновременно с должностью заведующего отделом, занимал должности ученого секретаря, заместителя директора (1953-1963 гг.), руководителя сектора электрорадиометрии и физики горных пород (1975-1979 гг.).

В.В. Кебуладзе в Тбилисском государственном университете защитил кандидатскую диссертацию на тему «Применение метода сопротивлений к разведке баритовых месторождений» (рук. проф. А.А. Петровский). В диссертационной работе обоснована эффективность метода электросопротивлений в деле поиска баритовых месторождений.

В отделе геоэлектричества и электрометрии под руководством В.В. Кебуладзе проведен значительный объем исследований по разработке, усовершенствованию и применению электроразведочных методов рудных и нерудных месторождений Закавказья.

Отдел проводил работы по изучению физической природы, структуры и закономерностей электрического поля земных токов. С 1947 года при непосредственном участии В.В. Кебуладзе, впервые в СССР, были организованы стационарные наблюдения над вариациями теллурических токов. Позже, такие же стационарные наблюдения велись и в других пунктах Грузии. В результате анализа многолетних наблюдений установлены закономерности вариаций электротеллурического поля, что имеет не только научное, но и практическое значение для совершенствования и развития магнитотеллурических методов разведки. На основе этих исследований рекомендована методика, основанная на использовании длиннопериодных вариаций при изучении строения земной коры и верхней мантии, которая нашла широкое применение в магнитотеллурических исследованиях.

В отделе в 1981 году была запущена универсальная лабораторная установка, позволяющая моделировать различные неоднородности в трехслойной среде с высокопроводящим основанием в поле плоской эллиптически поляризованной электромагнитной волне. Она предназначена для проверки физических экспериментов с целью совершенствования методики полевых работ.

В.В. Кебуладзе автор около 100 научных работ, научный руководитель нескольких кандидатских диссертаций.

Варлам Васильевич Кебуладзе скончался 28 января 1983 года. Память об этом заслуженном ученом, благородном и скромном человеке сохранится на долгие годы

ОТАР ДАВИДОВИЧ ГОЦАДZE

(1929 – 1993)



Исполнилось 80 лет со дня рождения руководителя отдела региональной сейсмологии, доктора физико-математических наук Отара Давидовича Гоцадзе

О.Д. Гоцадзе – видный представитель третьего поколения грузинских сейсмологов. С его именем связано дальнейшее развитие сейсмологии в Грузии. Он был одним из инициаторов создания и исполнителем автоматизированной информационно-поисковой системы, инициатором создания и внедрения цифровых сейсмографов.

О.Д. Гоцадзе родился 7 февраля 1929 года в селе Бига Чиатурского района в семье служащего. В 1951 году окончил физико-математический факультет Тбилисского государственного университета. С 1951 года до конца жизни работал в Институте геофизики АН Грузии. В 1952 году он был зачислен в аспирантуру по специальности «сейсмология». В 1959 году в Москве на специализированном совете Геофизического института АН СССР защитил диссертацию на тему: « Комплексная динамическая интерпретация сейсмических наблюдений Кавказской региональной сети» (рук. доктор физ.-мат. наук В. И. Кейлис-Борок). В диссертации опробована методика интерпретации аномалий в азимутах и углах выхода сейсмических лучей с целью определения наклона внутренних границ раздела в земной коре по сейсмическим наблюдениям одной только станции. Данные, полученные О.Д. Гоцадзе хорошо увязывались с геологическими данными и позволяли иначе, чем это было раньше, интерпретировать природу отдельных землетрясений и целых сейсмических зон.

В 1984 году в Москве в Институте физики Земли защитил докторскую диссертацию на тему «Построение сейсмических линеаментов и оценка основных эффектов сейсмичности Кавказа». В диссертационной работе разработана структура информационно-поисковой системы сейсмических параметров землетрясений и первичных стационарных данных о землетрясениях. На базе каталога кавказских землетрясений создана информационно-поисковая система, которая служит сейсмологической базой для банка геофизических данных.

В 1973 году О.Д. Гоцадзе назначили заведующим отделом региональной сейсмологии. Отдел в это время уже принимал участие в начатых в масштабе бывшего Союза работах по проблемам прогноза землетрясений. Лично О.Д. Гоцадзе для локальных систем сейсмических наблюдений разработал алгоритмы и количественные характеристики программного обеспечения, вопросы картирования сейсмологических элементов с помощью ЭВМ. Лично им развита новая оценка сейсмической опасности, которая учитывает понятие сейсмического риска и для некоторых объектов реализована методика сейсмического риска. Лично его заслуга, что в Тбилиси (1976 г.) была введена в эксплуатацию новая Центральная сейсмологическая обсерватория «Тбилиси», которая входит в мировую сейсмологическую сеть. Обсерватории было присвоено имя О.Д. Гоцадзе. О. Д. Гоцадзе автор свыше 80 научных работ.

О. Д. Гоцадзе скончался 12 марта 1993 года.

Коллегам и друзьям Отар Давидович запомнится, как человек безгранично преданный своей профессии, целеустремленный, трудолюбивый.

ПРОФЕССОР АРЧИЛ ГЕОРГИЕВИЧ ХАНТАДЗЕ



Скоротrajно скончался видный физик-теоретик, главный научный сотрудник Института геофизики им. М.З. Подня, профессор Тбилисского государственного университета им. Ив. Джавахишвили, доктор физико-математических наук Арчил Георгиевич Хантадзе.

Проф. А. Г. Хантадзе родился 22 июля 1935 г. в г. Тбилиси, в семье ученого, профессора Георгия Хантадзе. В 1960 году успешно окончил физический факультет Московского государственного университета им. М. В. Ломоносова по специальности «теоретическая физика». По окончании университета начинает работать в отделе плазмы Института физики АН Грузии, а с 1963 г. до конца жизни его научная деятельность связана с Институтом геофизики АН Грузии; с 1972 по 1984 гг. он – заведующий отделом физики ионосферы и магнитосферы, а с 2006 года – главный научный сотрудник Центра космических исследований института. В 1983-2006 годах проф. А.Г. Хантадзе был заведующим кафедрой метеорологии и океанологии ТГУ им. Ив. Джавахишвили.

Пристрастие к самостоятельным научным исследованиям Арчил Георгиевич проявил с молодых лет. В 1965 году он успешно защитил кандидатскую диссертацию, а в 1971 году в Институте физики Земли АН СССР – докторскую на тему: «Некоторые вопросы динамики электропроводящей (ионосферы) атмосферы, а в 1982 году получил научное звание профессора по кафедре физики.

Проф. А. Г. Хантадзе принадлежит ионерские исследования по проблемам динамики верхних слоев атмосферы и ионосферы. Он является основателем грузинской ионосферной школы. Под его научным руководством защищено 10 кандидатских диссертаций, был научным консультантом четырех докторских диссертаций. Монография проф. А.Г. Хантадзе «Некоторые вопросы динамики проводящей атмосферы» признана фундаментальным трудом и является настольной книгой ученых-специалистов по физике ионосферы и магнитосферы.

За последние годы круг научных интересов проф. А.Г. Хантадзе значительно расширился. Ему принадлежат исследования в океанологии и климатологии. Ему принадлежит приоритет, как основоположнику теории магнитогradientных волн в ионосфере (гидромагнитные волны типа планетарных волн Россби), которая является актуальной и по сегодняшний день.

Проф. А. Г. Хантадзе автор свыше 150 научных работ, в том числе около 50 опубликованы в иностранных журналах с высоким рейтингом. Он соавтор четырех патентов на изобретение, являлся членом многих ученых советов, членом редакционных коллегий нескольких журналов.

В 2003 году проф. А.Г. Хантадзе за плодотворную научную и педагогическую деятельность награжден орденом Чести Грузии.

Память о замечательном ученом, заслуженном педагоге, изысканной личности, профессоре Арчиле Георгиевиче Хантадзе надолго останется среди его друзей, коллег и учеников.

СОДЕРЖАНИЕ

Капанадзе Д.В., Миндели П.Ш., Амилахвари З.Л. Об эквивалентных распределениях областей из класса Π ($\mathbf{K}\mathbf{E}_n, \delta, D$).....	3
Картвелишвили К.З. Исследование деформаций Земли, регистрируемых кварцевым экстензометром и вызванных локальными флюктуациями атмосферного давления.....	9
Абашидзе В.Г., Челидзе Т.Л., Цагурия Т.А., Кобахидзе Т.В. Оценка устойчивости высотного жилого здания на пр. И. Чавчавадзе г. Тбилиси наклономерными наблюдениями.....	15
Буадзе В.И., Джаши Г.Г. Инфраструктура рудоносных систем (золото, цветные и редкие металлы) – одна из основ прогнозирования месторождений (на примере Грузии).....	20
Буадзе В.И., Циклаури Н.Ш. Золото-эпитермальное рудообразование при становлении рудоносных систем (общий обзор и примеры по Грузии).....	27
Джаши Г.Г., Чичинадзе В.К., Кириа Д.К., Амилахвари З.Л., Тархнишвили А.Г. Исследование Кумиставской (Цхалтубской) карстовой пещеры методами геофизической разведки.....	34
Джаши Г.Г., Чичинадзе В.К., Кириа Д.К., Амилахвари З.Л., Тархнишвили А.Г., Варазанашвили О.Ш., Одиладзе Д.Т. Исследование геофизическими методами инженерно-геологических условий в районе строительства гидроэлектростанции (ГЭС) на реке Мтквари.....	37
Одиладзе Д.Т., Тархнишвили А.Г. Интерпретация данных электрометрических исследований, проведенных в Месхети в районе с. Рустави.....	48
Табагуа Г.Г., Николаишвили В.В., Джахуташвили М.Н., Кутелия Г.А., Гиунашвили Г.Н. Особенности электромагнитных аномалий и археологические причины их возникновения на первой террасе Армазихе-Багинети.....	53
Табагуа Г.Г., Кутелия Г.А., Джахуташвили М.Н. Эффективность электроразведочных работ при выявлении и прослеживании археологических памятников на территории городища Дманисского района	59
Сакварелидзе Е.А., Глоити Л.Е., Меликадзе Г.И. Закономерности распределения температур по границам водоносного комплекса Тбилисского месторождения термальных вод.....	66
Сакварелидзе Е.А., Глоити Л.Е. Исследование теплофизических свойств некоторых горных пород Тбилисского района.....	70
Беришвили Г.Г., Картвелишвили К.З., Ломинадзе Д.Г., Мебагишвили Н.Н., Табагуа Г.Г. О локальной магнитной аномалии в с. Ацана.....	76
Гвелеснани А. И. К вопросу о турбулентности в слабоионизованной ионосфере.....	80

Гогуа Р.А. Душетская (Тбилисская) геофизическая обсерватория – одна из старейших в мире.....	93
Гогуа Р.А., Кириа Д.К., Миндели П.Ш., Гванцеладзе Т.А. Исследование профиля Лиси-Чопорты протонным магнитометром G-856 АХ.....	97
Гогуа Р.А., Гванцеладзе Т.А., Чиковани Д.С. Цителцаройская магнитная аномалия и ее геологическая интерпретация на основе новых геолого-геомагнитных данных.....	100
Кереселидзе З.А. Кинетический эффект сжимаемости солнечного ветра в застойной зоне перед магнитосферой Земли.....	106
Кереселидзе З.А., Одиладзе Д.Т., Геладзе Г.Г., Садрадзе Н.Г., Тваури Г.А. Модель локальной геомагнитной аномалии Цкалцинда-Уреки.....	113
Чхитунидзе М.С., Габисония И.А., Жонжолодзе Н.И. К вопросу «динамо»-эффекта в застойной зоне перед магнитосферой.....	121
Чхетия А.М. «Геомагнитная аномалия» широтного распределения электронной концентрации F2 слоя ионосферы.....	129
Кордзадзе А.А., Деметрашвили Д.И. Моделирование и прогноз основных гидрофизических полей в Черном море.....	145
Кордзадзе А.А., Деметрашвили Д.И. Результаты моделирования распространения примесей в Черном море.....	158
Сурмава А.А., Кварацхелия Д.У. Численное исследование влияния восточной части Средиземного моря, Черного, Каспийского морей и окружающего их рельефа на распределение метеорологических полей в крупномасштабных вихрях атмосферы.....	172
Амиранашвили А.Г., Чихладзе В.А., Блядзе Т.Г. Современное состояние вопроса о пространственно-временном распределении фотохимического смога и озона.....	179
Киладзе Р.И., Джапаридзе Д.Р., Капанадзе Н.И., Салуквадзе Т.Г., Хелая Е.И., Салуквадзе М.Т. Эмпирическая связь между радиолокационной отражаемостью (Z) и интенсивностью атмосферных осадков (I) мультячейковых конвективных облаков.....	187
Салуквадзе Т.Г., Хелая Е.И., Салуквадзе М.Т., Киладзе Р.И., Джапаридзе Д.Р., Капанадзе Н.И. Исследование Z-I эмпирического соотношения для супер-ячейковых конвективных облаков теплого сезона года Кахетинского региона Грузии.....	191
Харчилава Д.Ф., Кекенадзе Э., Багашвили Н. Суточная и годовая изменчивость концентрации приземного озона в селе Рунспири в условиях различной погоды.....	195
Харчилава Д.Ф., Чихладзе В.А., Чочишвили К.М. Анализ корреляционных связей концентрации приземного озона (КПО) в 15 часов со средними значениями КПО различного временного осреднения по дневным данным.....	201
Чихладзе В.А., Хазарадзе К.Р., Челидзе Л.Т. Вариации повторяемости среднечасовых концентраций приземного озона (КПО) в Тбилиси.....	208

Берия Г.Н. Аномалии в энергетике, в метеорологии и в космологии, их единое альтернативное решение и вопросы научной методологии.....	216
Орджоникидзе А.А. О взаимодействии виртуальных кварков и материальных тел.....	225
Орджоникидзе А.А. О потенциальной энергии гравитационного взаимодействия материальных тел.....	231
Поздравляем юбиляров Института геофизики.....	236
Академик Бенедикт Константинович Балавадзе.....	236
Профессор Шота Александрович Адамия.....	237
Вахтанг Георгиевич Папалашвили.....	238
Памяти коллег.....	239
Профессор Александр Варденович Бухникашвили.....	239
Варлам Васильевич Кебуладзе.....	241
Отар Давидович Гоцадзе.....	242
Потеря науки.....	243
Профессор Арчил Георгиевич Хантадзе.....	243

იბეჭდება მიხეილ ნოდიას გეოფიზიკის ინსტიტუტის სამეცნიერო ხაბჭოს
გადაწყვეტილებით.

ტირაჟი 100 ც.

მასალები მომზადებულია მიხეილ ნოდიას გეოფიზიკის ინსტიტუტის
საგამომცემლო კომპიუტერულ ცენტრში

სამეცნიერო საგამომცემლო ჯგუფის ხელმძღვანელი – დ. დარახველიძე
ტექნიკური რედაქტორი – მ. დარსანია
კომპიუტერული უზრუნველყოფა – თ. ქირია

Печатается по постановлению Ученого совета Института геофизики им. М. З. Нодиа

Тираж 100 з.

Материал для сборника подготовлен в издательско-компьютерном центре Института
геофизики им. М. З. Нодиа

Руководитель научно-издательской группы – Л. К. Дарахвелидзе
Технический редактор – М. С. Дарсания
Компьютерное обеспечение – Т. В. Кириа