УДК 551.509.314

В.Ф.Мартазинова, Д.Ю.Чайка

ВЛИЯНИЕ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА АТМОСФЕРНЫЕ ПРОЦЕССЫ

Предлагается использовать для анализа возможности землетрясения погодные условия и характер крупномасштабных атмосферных образований. С этой целью анализируется характер атмосферных процессов в периоды без землетрясений и с ними.

Вступление

Предсказание землетрясений – проблема, не раз привлекавшая внимание ученых разных областей науки, в том числе и метеорологов.

На сегодняшний день в природе Земли замечено существование литоатмосферных связей – появление линейно-протяженных облачных аномалий в атмосфере в период тектонической активизации разломов [1-3]. В большинстве случаев они появляются за день до землетрясения [3,5]. Высказана гипотеза о механизме влияния подземных возмущений на атмосферу [4]. Была построена модель, описывающая возмущение облачности, обусловленное подготовкой землетрясения [1]. Получены результаты восстановленных полей возмущений озоносодержания за сутки до землетрясения [1], схожие с результатами, описанными авторами в статье для барических полей.

В настоящее время землетрясения приводят к большим человеческим жертвам и экономическому ущербу независимо от уровня развития страны, в которой они наблюдались. Предсказание землетрясений относится к одной из сложнейших проблем в геофизике. В данной статье исследуется влияние геофизического фактора, а именно землетрясений, на характер крупномасштабных атмосферных образований и использование этого воздействия для поиска возможности долгосрочного прогнозирования землетрясений. С этой целью анализируется характер атмосферных процессов в периоды без землетрясений и с ними. В статье исследовались атмосферные процессы на территории Атлантико-Европейского сектора.

Наук праці УкрНДГМІ. –2002. –Вип.250

Необходимо подчеркнуть, что атмосферные процессы сами по себе не влияют на деятельность земной коры, но они изменяются под влиянием ее деятельности. Именно эти изменения анализируются, выявляются и отфильтровываются.

Целью данного исследования является анализ атмосферных образований в разные периоды возможного землетрясения на территории Атлантико-Европейского сектора, ограниченного меридианами от 30 град. западной долготы до 70 град. восточной долготы северного полушария, и построение задачи влияния изменения геофизических факторов на атмосферную циркуляцию региона.

Исходные данные

В основе разделения обычных атмосферных процессов и измененных под влиянием землетрясений будет использоваться основное понятие в метеорологии – западно-восточный перенос атмосферных вихрей в результате вращения Земли вокруг своей оси. В среднем скорость такого перемещения за сутки составляет 6-10 градусов на восток.

Выполненные исследования показали, что землетрясениям в Греции, Турции, Афганистане, Иране в 2000 г., а также в Румынии в 2001 г. соответствует довольно долгое, не менее месяца, расположение слабо меняющейся области низкого давления, простирающейся от Скандинавских гор через Украину и далее в направлении очага землетрясения.

Рассмотрим прямую и обратную задачи анализа этого явления посредством метода Фурье.

Годовое изменение климата четко проявляется для временных рядов. Климатический ход можно считать периодическим процессом. Его представление тригонометрическим рядом Фурье в настоящее время широко используется в связи с возможностью быстрого выполнения расчетов с помощью компьютера.

Барические поля принято записывать каждый день в виде прямоугольной матрицы:

$$X = \begin{vmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1\,21} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2\,21} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_{71} & x_{72} & \dots & x_{7\,21} \end{vmatrix}, \qquad (1)$$

где x_{ij} - значение давления воздуха, которое задается в узлах регулярной географической сетки шагом по долготе и широте в 5 градусов,

21 – число долгот от -30^0 до 70^0 в.д.,

7 – число широт от 40^0 до 70^0 с.ш.

Усреднив данные по долготам, получим соответствующую матрице X вектор-строку

$$H = | h_1, h_2, \ldots, h_{21}|, \qquad (2),$$

где $h_j = \frac{1}{7}\sum_{i=1}^{7} x_{ij}$.

Усреднение по долготам используется для того, чтобы отфильтровать долгоживущие атмосферные образования от короткоживущих, которые не имеют большого влияния на погоду в целом.

При рассмотрении матрицы X для T дней, получим соответственно

$$\widetilde{X} = \begin{vmatrix} x_{1\,1} & \ldots & x_{1\,21} \\ \ldots & \ldots & \ldots \\ x_{7*T\ 1} & \ldots & x_{7*T\ 21} \end{vmatrix} \quad \text{и} \quad \widetilde{H} = \begin{vmatrix} h_{11} & \ldots & h_{1\,21} \\ \ldots & \ldots & \ldots \\ h_{T1} & \ldots & h_{T\ 21} \end{vmatrix}. \qquad (3)$$

В данной работе были исследованы отрезки времени с мая по август 2000 г. и 2001 г. В это время наблюдалось несколько сильных (выше 5 баллов) землетрясений. Так, в 2000 г. произошли такие землетрясения:
июнь: 6, 13 – Турция, 15 – Средиземное море, 23 – Иран;
август: 15, 18 - Афганистан, 21, 22 – Австрийские Альпы, 23 – Турция и в 2001 г.: 26 июля – Румыния (Вранч).

Исследование атмосферных явлений с помощью разложения барических полей в ряд Фурье

Рассмотрим прямую задачу, которая состоит из анализа данного явления методом Фурье анализа и попытки найти гармонику, которая за него отвечает и может быть предиктором землетрясения.

Проведем разложение в ряд Фурье временного ряда давления воздуха каждой долготы отдельно на отрезке времени май – август. Для этого рассмотрим дискретно заданную периодическую функцию, зависящую от времени:

$$x_t = f(t),\ t=1,\ \ldots,\ T,\ f(t) = f(t+T). \qquad (4)$$

Коэффициенты разложения в ряд Фурье определяются по формулам:

$$a_j = \frac{2}{T}\sum_{t=1}^{T} x_t \cos\frac{2\pi jt}{T}, \quad b_j = \frac{2}{T}\sum_{t=1}^{T} x_t \sin\frac{2\pi jt}{T}, \quad a_0 = \frac{1}{t}\sum_{t=1}^{T} x_t . \qquad (5)$$

Для вычисления коэффициентов ряда Фурье был использован архив данных приземного давления отдела климатических исследований и долгосрочного прогноза погоды Украинского научно-исследовательского гидрометеорологического института.

Найдем поле амплитуд, которые определяются коэффициентами разложения a_i и b_i за указанные выше годы, отличающихся характером и количеством землетрясений в летнее время, и сравним их.

Были рассмотрены лишь первые десять амплитуд гармоник, характеризующие крупномасштабные образования барических полей. В целом, ряд данных хорошо восстанавливается по количеству указанных членов разложения.

В качестве примера приведены поля первых двух гармоник. Анализ полей амплитуд всех гармоник при землетрясениях показал, что поля всех десяти гармоник по характеру распределения близки между собою (рис.1а и 2а). На рисунках 1 и 2 на оси абсцисс отмечены долготы от -30^0 до 70^0 в.д. с шагом в 5 градусов, а на оси ординат – месяцы с мая по август. В годы с небольшим количеством землетрясений такое сходство между гармониками не отмечается (рис.1б и 2б). Различие между одноименными гармониками в разные годы, в зависимости от землетрясения, можно увидеть на рис.1 и 2.

Основное отличие этих полей состоит в том, что в год с частыми землетрясениями (рис.1а) посреди выбранной территории наблюдается узкая полоса пониженного фона, с двух сторон сжимаемая повышенными областями давления, в то время, как при малом количестве землетрясений отмечаются на протяжении всего летнего периода относительно крупные зоны повышенных и пониженных значений амплитуд гармоник (рис.1б, 2б). Однако до начала и в период землетрясения также отмечается вытянутая зона пониженных значений амплитуд (рис.1б). Это указывает на то, что в годы с землетрясениями должны отмечаться аналогичные узкие очаги пониженных значений амплитуд гармоник.

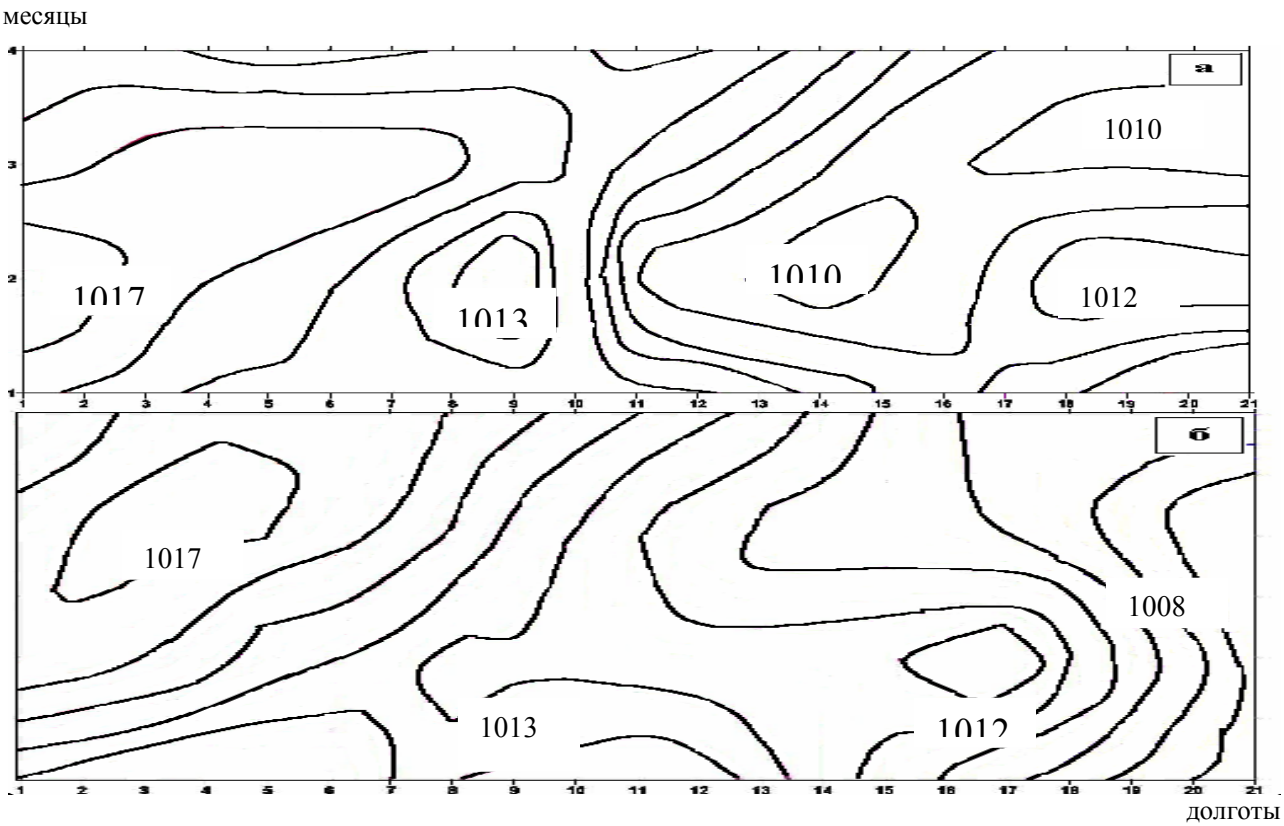

Рис.1. Поле амплитуд гармоники A_0 для лета 2000 г. (а) и 2001 г. (б)

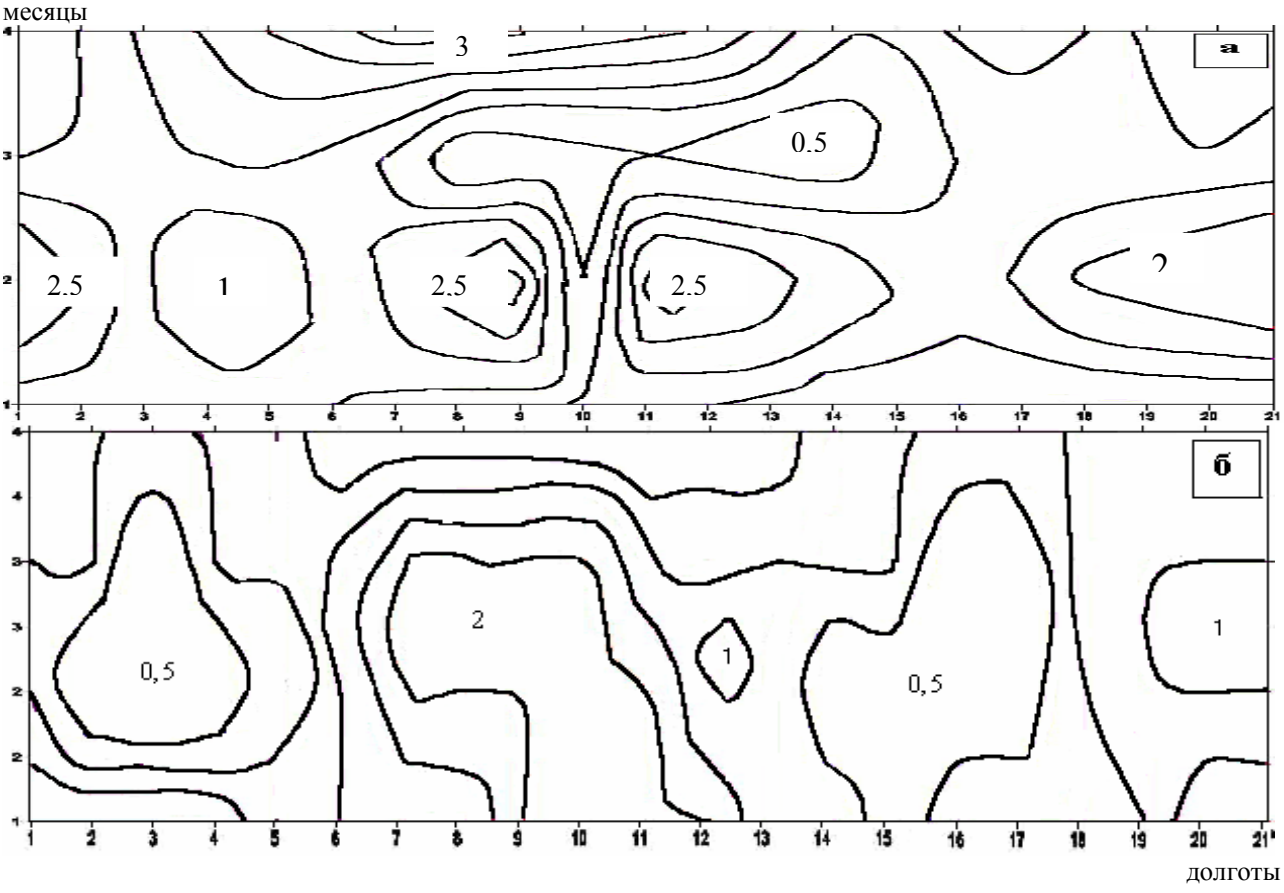

Рис.2. Поле амплитуд гармоники A_1 для лета 2000 г. (а) и 2001 г. (б)

Следует заметить, что при рассмотренных землетрясениях временные диаграммы 10-ти первых гармоник несут в себе присутствие описанного явления и поэтому определить гармонику, которая могла бы отвечать за землетрясение, практически не представляется возможным. Это означает, что она не горизонтальная, а имеет еще и вертикальную составляющую.

Анализ атмосферных явлений с помощью восстановления функции по коэффициентам ряда Фурье

Рассмотрим обратную задачу. Восстановим с некоторой степенью точности по полученным коэффициентам функцию давления. Для *f(t)* при *T* - нечетном возможно представление

$$f(t) = a_0 + \sum_{j=1}^{(T-1)/2} \left(a_j \cos\frac{2\pi jt}{T} + b_j \sin\frac{2\pi jt}{T} \right). \qquad (6)$$

В то время, как при T – четном

$$f(t) = a_0 + \sum_{j=1}^{(T/2)-1} \left(a_j \cos\frac{2\pi jt}{T} + b_j \sin\frac{2\pi jt}{T} \right) + (-1)^t a_{T/2} \ . \qquad (7)$$

Проведем восстановление полей давления, используя нулевую и первую гармоники разложения. Отбросив гармоники с высоким волновым числом, мы отфильтруем малые процессы. В этом случае мы сможем наблюдать крупномасштабные для того, чтобы выявить признак, позволяющий прогнозировать землетрясения по атмосферным процессам. Учитывая, что геофизический прогноз землетрясений является трудной задачей и до настоящего времени не решенной, попытка использовать для этого взаимосвязь атмосферных и сейсмических процессов, хотя также является сложной задачей, но, как будет показано ниже, дает возможность предвидеть землетрясение по атмосферным процессам значительно раньше, чем оно произойдет.

Из анализа восстановленных по каждой гармонике в отдельности полей давления особенно заслуживает внимания восстановление по гармонике A_1. Для наглядности приведем временные диаграммы восстановленных по первой гармонике полей давления для 2000 г. (рис.3). На рис.3 на оси абсцисс отмечены долготы от -30^0 до 70^0 в.д. с шагом в 5 градусов, а на оси ординат – дни месяца. В этих диаграммах практически имеется ответ на поставленную задачу, хотя надо отметить, что это первая стадия исследования и требуются дальнейшие изучения. Как

показано на рис.3а и 3в, перед серией землетрясений, примерно за 1-1,5 месяца, возникают очень крупные барические образования, которые обладают значительно большей энергией, чем в периоды после окончания землетрясения. В данном случае в рассматриваемый период 2000 г. уже в мае отмечались крупные барические образования, которые восстановлены с помощью первой гармоники. В фактическом поле давления эти образования соответствуют большим областям низкого и высокого давления. Начиная с середины июня, как было указано выше, произошла серия землетрясений выше 5 баллов. К этому периоду крупномасштабные процессы резко сбрасывают свою энергию и превращаются в слабые, значительно уменьшенные по территории образования. Рассматривая далее по времени эти образования, можно отметить, что крупномасштабные процессы в июле вновь появляются и заметно усиливаются. В июле землетрясений не было, но в последующем месяце, во второй половине августа, вновь отмечалась серия сильных землетрясений на выбранной территории. Таким образом, если учитывать лишь данный материал, то можно высказать предположение, что увеличение значений давления первой гармоники происходит за полтора месяца до землетрясения, при этом наибольшее ее увеличение отмечается с первых дней данного периода и длится на протяжении месяца.

Для проверки достоверности высказанной гипотезы было исследовано восстановленное по первой гармонике поле давления воздуха за тот же период 2001 г., когда отмечалось только одно сильное (до 7 баллов) землетрясение в июле в Румынии. Характер временной диаграммы за этот период показал следующее. В мае 2001 г. отмечались слаборазвитые барические образования, которые до конца месяца мало изменялись. Но уже в июне, за полтора месяца до сильного землетрясения, произошло резкое усиление крупномасштабных образований, которые аналогичны таким же образованиям перед землетрясением предыдущего 2000 г. По окончании землетрясения в июле крупномасштабные барические образования превратились в ослабленные, которые сохранили это свойство до конца августа. На протяжении этого времени и в дальнейшем землетрясений на выбранной территории не отмечалось. Поэтому выдвинутая гипотеза об отклике атмосферных процессов на готовящееся землетрясение за месяц-полтора подтвердилась и во втором случае.

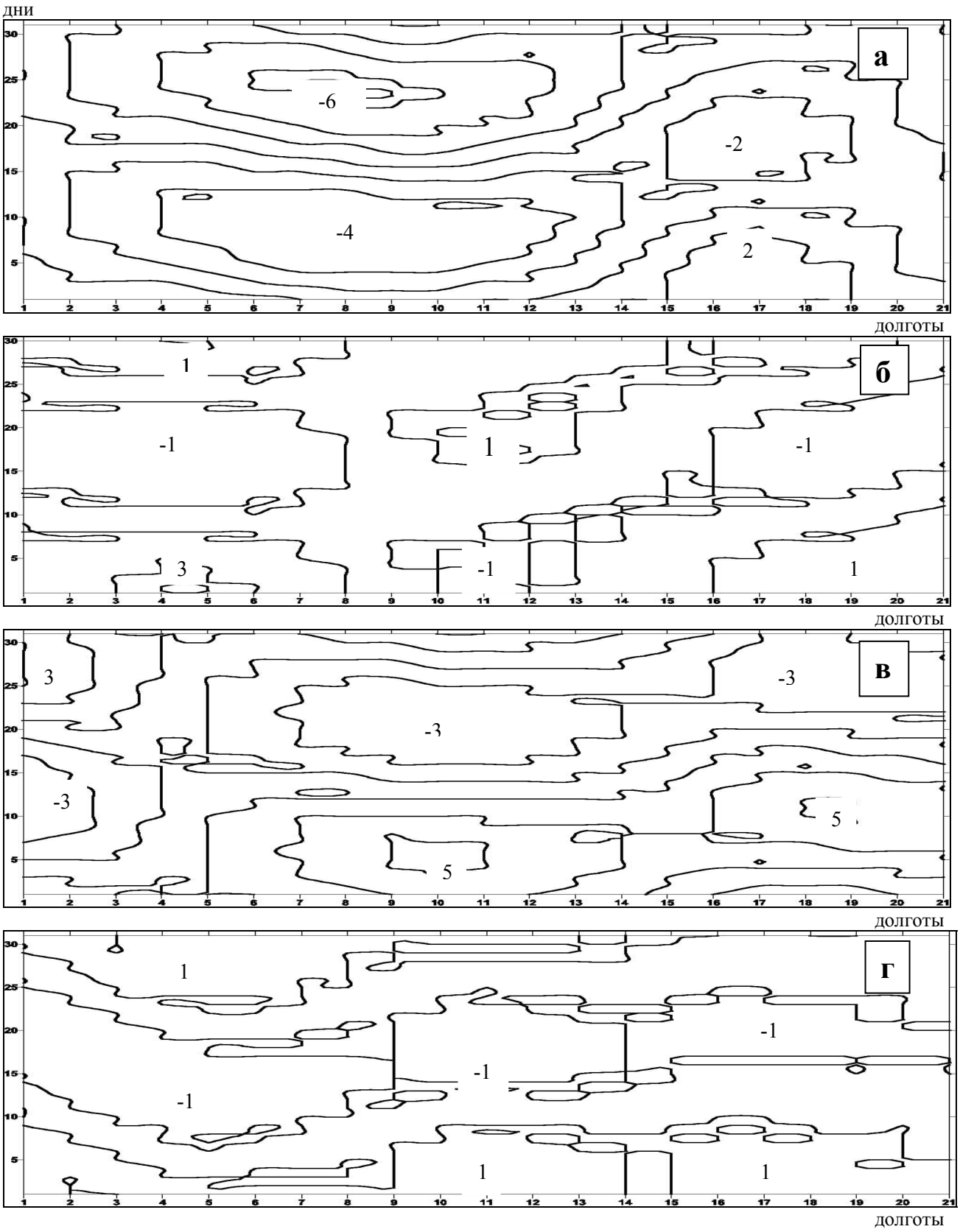

Рис.3. Временные диаграммы восстановленных по гармонике A_1 полей давления для 2000 г.: май (а), июнь (б), июль (в), август (г)

Выводы

1. Исследования показали, что с большой вероятностью авторами выявлена следующая закономерность: землетрясениям в Греции, Турции, Афганистане, Иране сопутствует наличие на протяжении довольно длительного времени, не менее месяца, малоизменяющейся области низкого давления, распространяющейся от Скандинавских гор, через Украину, в направлении к очагу землетрясения.

2. Анализ барических полей методом Фурье-анализа позволяет предположить, что увеличение значений давления первой гармоники происходит за полтора месяца перед землетрясением, при этом наибольшее их увеличение отмечается с первых дней данного периода и длится на протяжении месяца.

* *

Пропонується використовувати для аналізу можливості землетрусу погодні умови і характер великомасштабних атмосферних утворень. З цією метою аналізується характер атмосферних процесів у періоди без землетрусів і з ними.

* *

1. *Григорьев А.А., Кондратьев К.Я.* Спутниковый мониторинг природных и антропогенных катастроф // Исследование Земли из космоса. - 1996. - №3. - С. 68 - 78.

2. *Морозова Л.И.* Динамика облачных аномалий над регионами в периоды природной и наведенной сейсмичности// Физика Земли. - 1997. - №9. - С. 94 - 96.

3. *Морозова Л.И.* Отражение динамики разломов системы Танлу и Курило-Камчатской островной дуги в облачных полях на спутниковых снимках // Вулканология и сейсмология. - 2001. - №3. - С. 76 - 80.

4. *Бородзич Э.В.* Воздействие КПЛВ на лито-, гидро- и атмосферу // Гагаринские научные чтения по космонавтике и авиации-89. - М.: Наука, 1990. - С. 130 - 140.

5. *Тертышников А.В.* О морфологии возмущений атмосферы сейсмоактивных регионов перед сильными землетрясениями // Геоинформатика. - 1999. - №4. - С. 22 - 24.