

Е. А. Галич, Е. П. Школьный, А. И. Севастьянов

Главные компоненты полей геопотенциала в западном секторе Южного полушария

(Представлено членом-корреспондентом НАН Украины Р. Я. Белевцевим)

The basic features of a statistical structure of the fields of 925, 850, 500 and 200 gPa isobaric surfaces in the Western sector of the South hemisphere are exposed. The main components of these fields have got. A diphasic oscillation characterizing the intercommunication of vortex components in the western-east transfer between the south aquatoria of the Pacific and Atlantic oceans is established. The features of temporal changeability of the large-scale component of circulation processes in the atmosphere in the second half of the XX century are shown.

Антарктический континент и южная полярная область являются весьма важной структурной частью глобальной климатической системы. Особенности крупномасштабных циркуляционных процессов в Северном полушарии посвящен широкий круг научных работ. Однако, несмотря на достаточно хорошую изученность, количество публикаций, относящихся к особенностям циркуляции атмосферы в Северном полушарии, достаточно велико. В определенной мере это связано с наблюдающимся потеплением глобального климата и увеличением количества различных климатических катаклизмов. Ряд научных работ посвящен изучению циркуляционных осцилляций в Северном полушарии — Северо-Атлантического, Северо-Тихоокеанского — Американского колебаний, Эль-Ниньо Южного колебания и связанных с ними изменений и колебаний региональных климатов [1–3]. Особенности циркуляционных процессов в Южном полушарии освещены в литературных источниках еще недостаточно. В большинстве работ изучаются отдельные синоптические процессы в разных регионах Южной полярной области. Практически отсутствуют работы, в которых излагались бы результаты исследований статистической структуры полей геопотенциала, а, следовательно, и особенностей крупномасштабных атмосферных процессов. Именно этой проблеме и посвящается настоящее сообщение.

Объектом исследования явились среднемесячные поля геопотенциальных высот изобарических поверхностей 925, 850, 500 и 200 гПа. В качестве исходной информации были использованы данные ре-анализа ERA-40, заданные в узлах регулярной сетки точек 2,5° на 2,5°, в секторе ограниченном по широте от Южного полюса до 20° ю. ш. и меридианами 120° з. д. и 30° в. д., за период с 1958 по 2002 годы для каждого месяца года.

Указанный сектор выбран по трем причинам. Во-первых, он включает южные акватории Атлантического и Тихого океанов, разделенные проливом Дрейка. Эта акватория Южного океана характеризуется особой структурой Кругового антарктического течения и меридиональными океаническими течениями. Во-вторых, на формирование атмосферных процессов большое влияние оказывает Южно-Американский материк, с одной стороны, и Антарктический полуостров — с другой. В-третьих, именно в этом регионе, как показали данные измерений на Украинской антарктической станции Академик Вернадский, во второй половине прошлого столетия среднегодовая температура воздуха возросла примерно на 2 °С, в отличие от других антарктических станций, где тренды роста температуры воздуха не зарегистрированы [4].

Процедура исследования статистической структуры рассматриваемых полей геопотенциала основывалась на применении методов многомерного статистического анализа. Множества полей геопотенциала в каждом месяце были представлены матрицами $X = (x_{ij})_{n \times m}$, где n — количество узлов регулярной сетки точек, в которых заданы значения геопотенциальных высот изобарических поверхностей; m — количество полей в каждом месяце ($m = 44$). На основе таких матриц были найдены средние поля геопотенциала и произведено центрирование указанных выше матриц. Если центрированные матрицы обозначить через ΔX [$\Delta X = \{\Delta x_{ij}\}$: $\Delta x_{ij} = x_{ij} - \bar{x}_i$ ($i = \overline{1, n}$; $j = \overline{1, m}$)], то матрицы ковариаций определяются соотношением

$$K_x = \frac{1}{m} \Delta X \Delta X', \quad (1)$$

где (\prime) — операция транспонирования матриц.

На основе матриц (1) найдены диагональные матрицы среднеквадратических отклонений $\sigma = \{\sigma_{ij} \delta_{ij}\}$, где δ_{ij} — символ Кронекера.

Поля средних значений геопотенциала во все месяцы года в пределах тропосферы представляют собой системы линий, параллельных кругам широт с градиентом геопотенциала, направленным от Южного полюса к экватору. Лишь на картах абсолютной топографии поверхностей 925 и 850 гПа (АТ₉₂₅ и АТ₈₅₀) в тропической зоне проявляются Южно-Атлантический и Южно-Тихоокеанский антициклоны. Сезонные различия средних полей заключаются в том, что в холодное полугодие меридиональный градиент геопотенциала увеличивается. В теплое полугодие пояс сгущенных изогипс сужается и простирается в основном между параллелями 40° и 55° ю. ш., а в холодное полугодие распространяется практически на все рассматриваемое пространство. Структура средних полей геопотенциала на всех изобарических поверхностях отражает тот факт, что в тропосфере в рассматриваемом секторе Южного полушария во все месяцы года преобладает западно-восточный перенос, который становится более интенсивным в холодное полугодие.

Важные особенности структуры и динамики крупномасштабных атмосферных процессов удастся выявить, применяя компонентный анализ. Решение уравнения полной проблемы собственных значений для матрицы ковариаций (K_x), а именно:

$$K_x W_i = \lambda_i W_i, \quad (2)$$

где λ_i — собственное значение, W_i — соответствующий ему собственный вектор, который дает возможность получить ортогональный базис евклидова пространства, определяющийся матрицей $W = \{W_{ij}\}_{n \times n}$, а также систему собственных значений $\lambda_1 > \lambda_2 > \dots > \lambda_n$.

Нетрудно показать, что собственные значения это дисперсии $\sigma_{Z_i}^2$ ортогональных компонент метеорологических полей, полученных путем их ортогонального преобразования в базисе собственных векторов

$$Z_i = W' \Delta X_i, \quad (3)$$

поскольку матрицы W являются ортогональными. Сравнение дисперсий ортогональных компонент рассматриваемых метеорологических полей показывает, что сумма первых трех из них на всех уровнях $\sum_{i=1}^3 \sigma_{Z_i}^2 = \sum_{i=1}^3 \lambda_i$ исчерпывает более 70% суммарной дисперсии полей геопотенциала $\sum_{i=1}^n \sigma_{x_i}^2$. Это означает, что соответствующие им ортогональные компоненты

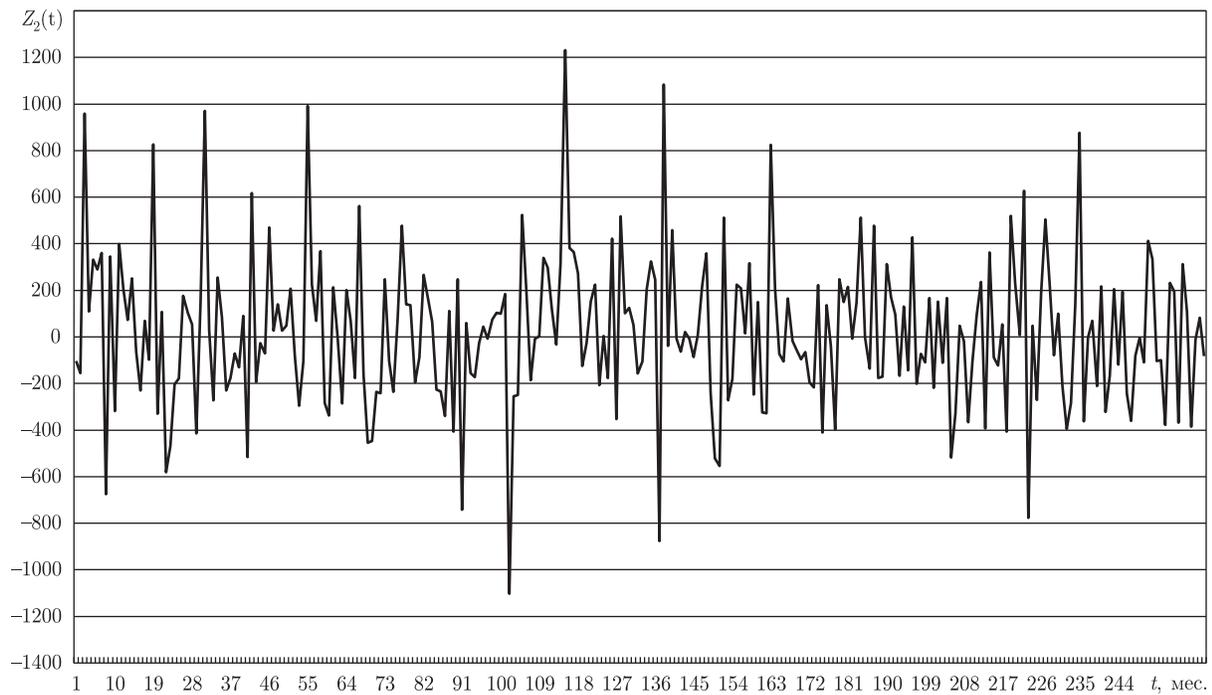
Z_1 , Z_2 и Z_3 характеризуют основные особенности наиболее крупномасштабных атмосферных циркуляционных процессов. Структуру полей геопотенциала отражают первые три собственных векторы W_1 , W_2 и W_3 .

Поля первых собственных векторов W_1 представляют собой пучность с центром над Антарктикой с изолиниями, параллельными кругам широт. Меридиональный градиент изолиний первого собственного вектора в зимний сезон значительно больше, чем в летний. Поскольку первая компонента Z_1 отражает характер наиболее крупной составляющей общей циркуляции атмосферы — западно-восточный перенос, то большие меридиональные градиенты в июле в поле первого собственного вектора характеризуют более интенсивное развитие этого звена общей циркуляции атмосферы. Значительный интерес представляют поля второго собственного вектора W_2 поверхности АТ₈₅₀. Они имеют вид биполярной структуры противоположного знака, что можно отождествлять с осцилляционным крупномасштабным процессом в системе общей циркуляции атмосферы в Западном секторе Южного полушария. Представляет интерес тот факт, что подобный вид имеют поля W_2 во все месяцы года, причем центры их симметрии располагаются в ограниченном пространстве, над южными частями Тихого и Атлантического океанов в районе 60° ю. ш. Поскольку компонента Z_2 , как указывалось, отражает процессы развития вихревой структуры в системе общей циркуляции атмосферы в отмеченных акваториях Южного океана, можно рассматривать указанную биполярную моду как Южно-Тихоокеанское — Атлантическое зональное колебание (ЮТОАЗК). Были сформированы временные ряды первой и второй главной компонент. В качестве примера на рис. 1 представлен временной ряд второй главной компоненты. Видно, что в нем проявляются некоторые периодические компоненты. Подобный вид имеет и временной ряд первой главной компоненты. Указанные временные ряды были подвергнуты спектральному анализу. На рис. 2, а приводится энергетический спектр первой главной компоненты Z_1 , а на рис. 2, б — второй Z_2 . Из них следует, что в спектре колебаний компонент Z_1 и Z_2 содержатся короткопериодные полугодовые и сезонные, а также длиннопериодные (от одного года до четырех лет) возмущения. Квазидвухлетняя периодичность обнаруживается в обеих компонентах. Наибольшую энергию у компоненты Z_1 имеет годовая периодичность, а у компоненты Z_2 полугодовая.

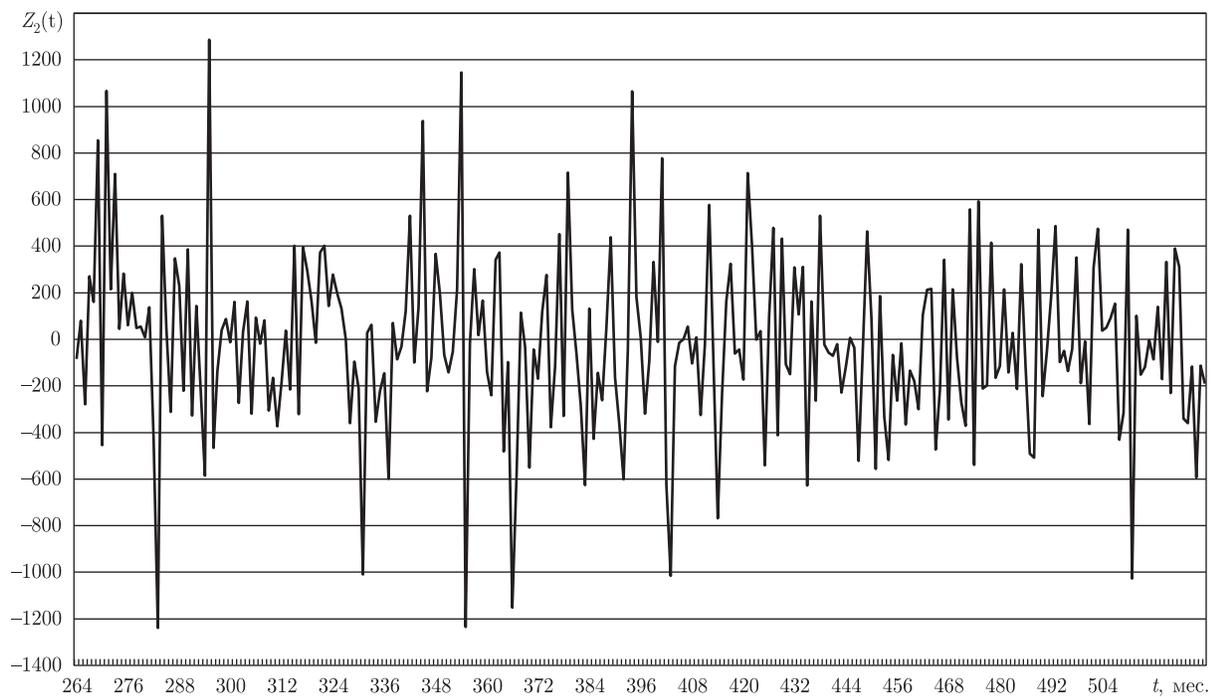
Представляет интерес рассмотреть тенденции изменения первой Z_1 , а также второй Z_2 главных компонент во второй половине XX века. С этой целью было проведено сглаживание временных рядов компонент Z_1 и Z_2 . Оператором сглаживания явилось скользящее осреднение

$$\widehat{Z}_2(t_k) = \sum_{i=k-n/2}^{k+n/2} \alpha_i Z_2(t_i), \quad (4)$$

где n — число точек, соответствующее периоду сглаживания, а α_i — весовой множитель. В качестве весового множителя использовался косинус-фильтр [5]. Результаты сглаживания представлены на рис. 3. Из него следует, что в обоих временных рядах присутствуют 11-, 4- и 2-летние периодичности. Вызывает интерес тот факт, что, начиная с 1982 г., в компоненте Z_1 резко увеличивается амплитуда колебания. Это, надо полагать, отражение того, что в этот период происходят значительные колебания во времени интенсивности наиболее крупномасштабного элемента общей циркуляции атмосферы в рассматриваемом секторе Южного полушария — западно-восточного переноса.



a



b

Рис. 1. Временной ряд второй главной компоненты изобарической поверхности AT_{850} с 1958–1980 гг. (*a*) и с 1980–2002 гг. (*b*)

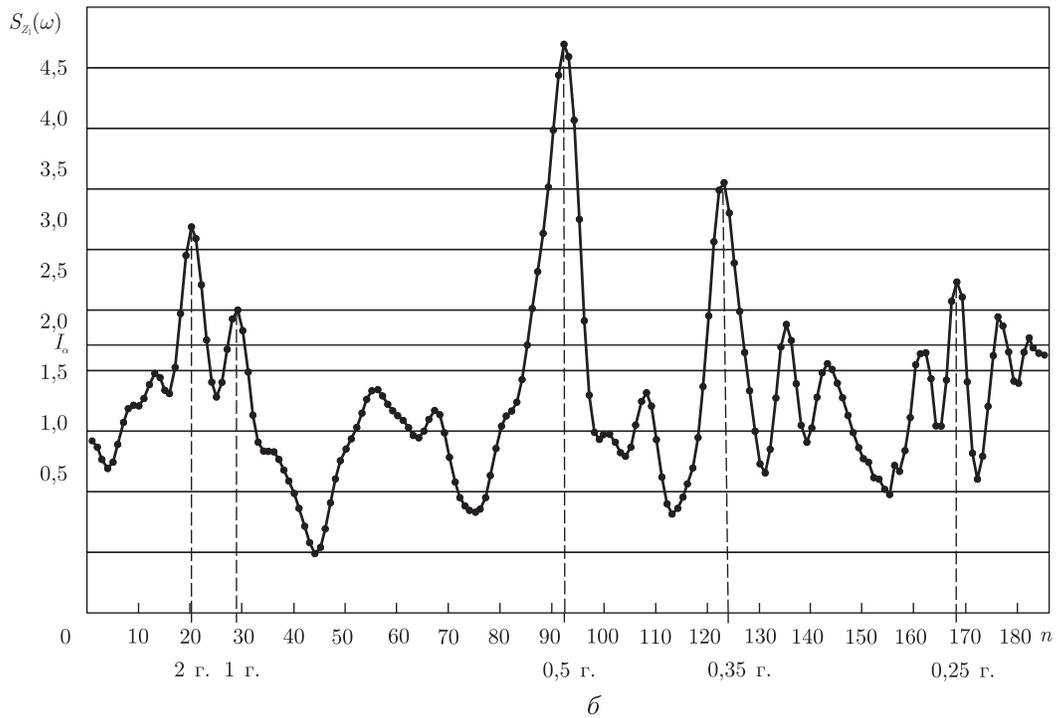
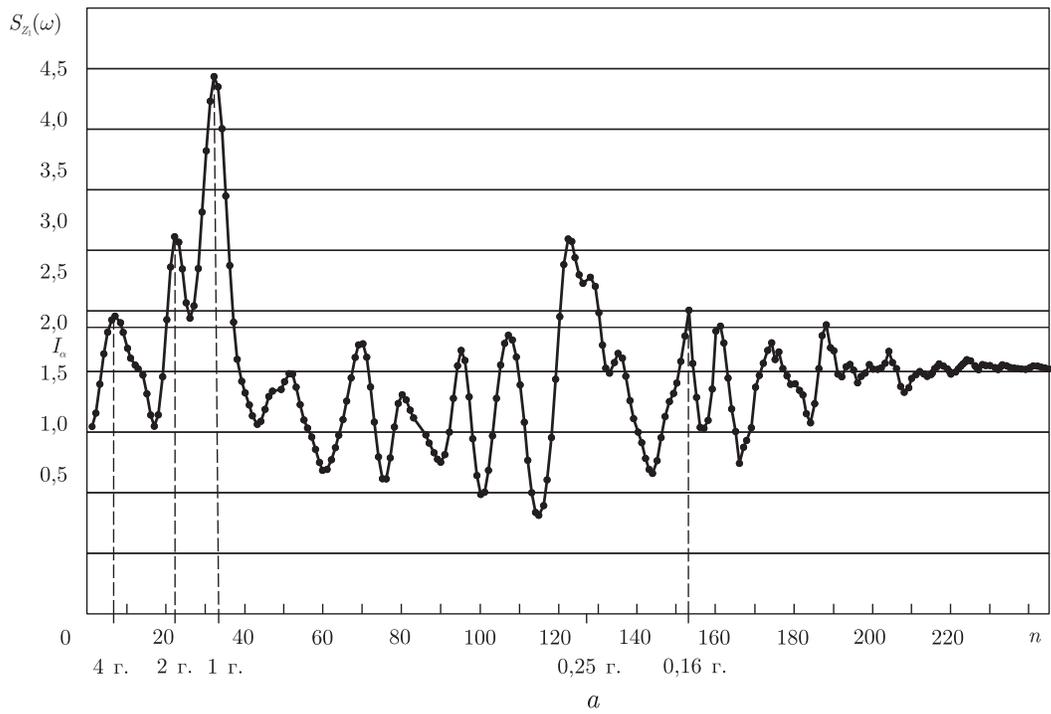
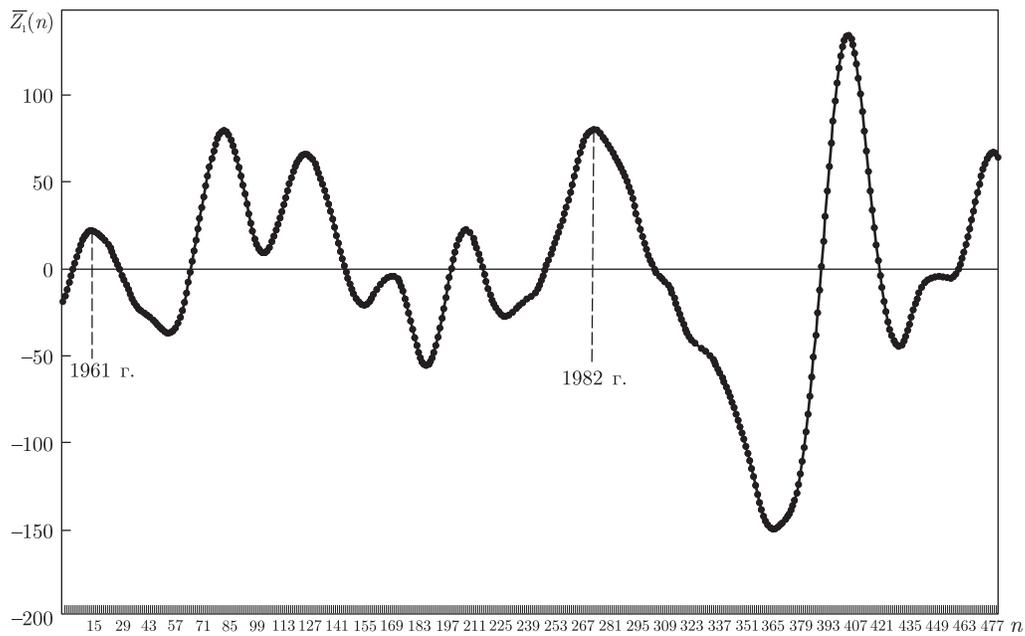
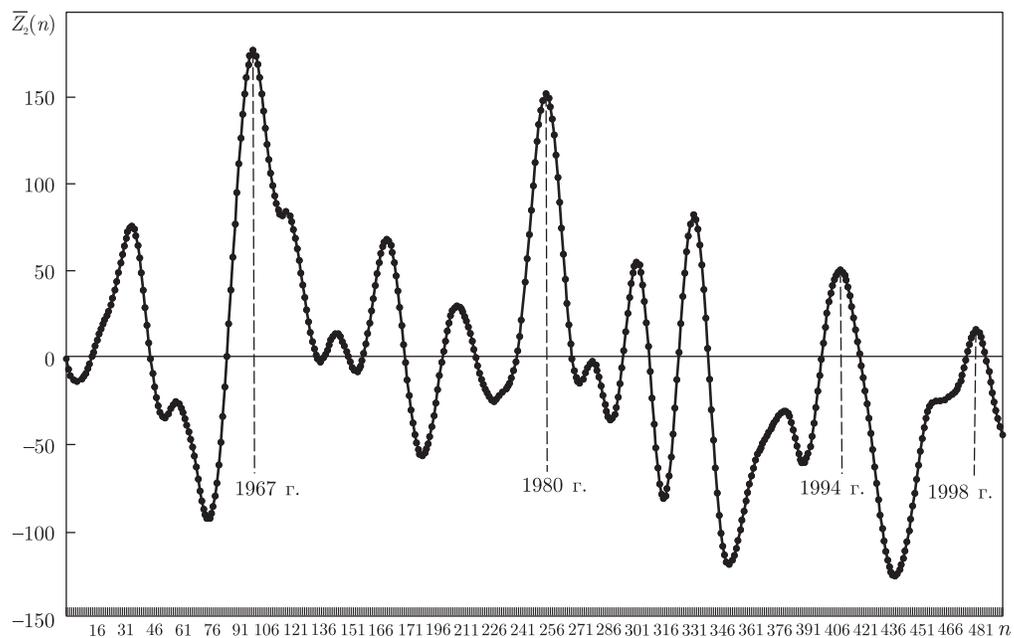


Рис. 2. Спектральная плотность: *a* — первой главной компоненты ($\Delta\omega = 0,02$); *б* — второй главной компоненты ($\Delta\omega = 0,013$)

Сглаженный временной ряд Z_2 , характеризующий указанную выше осцилляцию, имеет ярко выраженный тренд уменьшения ее общей интенсивности, т. е. уменьшения интенсивности взаимодействия вихревых процессов в атмосфере между указанными акваториями



a



b

Рис. 3. Сглаженные временные ряды первой главной компоненты (а) и второй главной компоненты (б) для изобарической поверхности AT_{850}

Южного океана. Эти особенности крупномасштабных компонент циркуляционных процессов являются отражением, надо полагать, влияния глобального потепления климата.

1. Полонский А. Б., Воскресенская Е. Н., Джиганилин Г. Ф., Баширин Д. В. Североатлантическое и Южное колебания, изменчивость характеристик деятельного слоя океана в Северной Атлантике и Европейский климат // 70 лет Одесскому экологическому университету. – Одесса, 2002. – С. 127–134.

2. Visbeck M., James W. Hurrell and Yochanan Kushnir // First Intern. conf. on the North Atlantic Oscillation (NAO). Exchanges, March 2001. – Exchanges. – 2001. – 6, No 1.
3. Кузин В. И., Мусеев В. М. Моделирование реакции океана на атмосферные воздействия в период Эль-Ниньо // Тр. Междунар. конф., посвященной 75-летию акад. Г. И. Марчука и 20-летию Ин-та вычисл. математики (Москва, июнь 2000). – Москва, 2000. – Т. 2.
4. Смирнов Н. П., Саруханян Э. И., Романова И. В. Циклические центры действия атмосферы Южного полушария и изменение климата. – Санкт-Петербург: Изд-во РГГМУ, 2005. – 217 с.
5. Школьний Є. П., Лоева І. Д., Гончарова Л. Д. Обробка та аналіз гідрометеорологічної інформації. – Одеса: Вид-во ТЕС, 1999. – 600 с.

Одесский государственный экологический университет

Поступило в редакцию 23.05.2007

УДК 550.34

© 2008

Член-корреспондент НАН України В. А. Даниленко, С. В. Микуляк

Комп'ютерне моделювання процесів динамічного деформування структурованого геофізичного середовища

We have carried out the computer simulation of the dynamic deformation of a discrete medium by using two models: I all discrete elements have the identical size II the medium is formed by three-size elements. We have got the diagrams of deformation of the massifs at different speeds of loading and different amplitudes, as well as those under the action of multiple loadings. The characteristic properties of all diagrams are the nonlinearity, hysteresis, and the dependence of the diagram shape on the deforming speed: if the loading duration increases, the curvature of a deformation diagram increases too, but the hysteresis area decreases. These characteristic properties of deformation diagrams are typical of such structured rocks as sandstone, limestone, and others.

Некласичність поведінки геоматеріалів при їх динамічному деформуванні підтверджується багатьма експериментальними дослідженнями, наведеними у статтях [1, 2]. Як показують детальні експерименти, з використанням нейтронно-дифракційної методики ця особливість поведінки геоматеріалів зумовлена, в першу чергу, їх структурованою організацією на мезорівні [3], тобто на рівні взаємодії структурних елементів — кристалів, зерен, гранул, блоків тощо. Застосування дискретних моделей для опису динамічного деформування структурованих гірських порід дає змогу якісно описати такі неklasичні особливості їх діаграм деформування, як нелінійність, наявність гістерезису, дилатансії, а також залежність деформаційних характеристик від швидкості деформування. У даному повідомленні наведено результати комп'ютерного моделювання динамічного деформування структурованого геофізичного середовища та побудовано усереднені діаграми деформування для двох дискретних моделей.

Структуроване середовище моделюватимемо системою жорстких блоків, які взаємодіють між собою за законом Герца. Будемо розглядати дві моделі: I — усі блоки мають однаковий розмір, II — система складається з блоків трьох розмірів, тобто ми розглядаємо масив