

**ОБ ОРОГРАФИЧЕСКИХ ВОЗМУЩЕНИЯХ НАД КРЫМОМ****В.Н. Кожевников, М.К. Беданок***Московский государственный университет, Москва**Майкопский государственный технологический институт, Майкоп*

Представлены результаты сопоставления расчета поля траекторий обтекания Крымского хребта (полученные на основе решения трехслойной нелинейной гидродинамической модели), облаков и распределения влажности с высотой. Выявлены некоторые новые особенности орографических возмущений.

Недавно полученное обобщение модели [1], позволяющее учитывать наличие в средней тропосфере слоя повышенной устойчивости - трехслойная модель [2] - дает возможность на новой основе провести анализ результатов натуральных наблюдений процесса обтекания гор, в частности, Крыма, обсуждавшийся ранее в [3].

Принципиальные возможности новой трехслойной модели частично были продемонстрированы в [2].

О возмущениях над горами мы судили в основном по пространственно - временным характеристикам поля облачности. В большей части изучаемого пространства это поле было представлено квазистационарными облаками типа  $Ac\ lent$ . Квазистационарный характер этих облаков, а также многолетний опыт их измерений и сопоставлений с теоретическими расчетами позволяет считать, что поле облачности близко к полю размещения в пространстве заметных положительных смещений частиц воздуха при обтекании гор. Конкретно здесь будут обсуждаться результаты измерений облачности, проводится сравнительный анализ поля траекторий и распределения влажности с высотой. Данная работа является логическим продолжением исследования новой трехслойной модели обтекания гор произвольного профиля [2, 4].

На рис.1 воспроизведены фотография облаков и их плановая проекция на местности. Облака имеют те же номера, что и на плане; совместное рассмотрение обеих частей рисунка позволяет яснее представить себе, насколько визуальное наблюдение может быть иллюзорным. (Все рисунки приведены после списка литературы, начиная со стр.146).

Поле траекторий движения над горами Крыма, рассчитанное по трехслойной модели воспроизводится на рис.2. Также здесь нанесены в двумерном изображении облака, наблюдавшиеся 15 июля 1976 в Крыму (см. фото рис. 1).

В работе [5] была сделана попытка определить соответствие между облаками верхнего яруса и поля траекторий по распределению влажности с высотой. В данном случае мы

также провели такую процедуру для облаков верхнего и среднего яруса 1 - 6. При этом, как и ранее предполагалось, что удельная влажность сохраняется в каждой движущейся частице воздуха, а процессы конденсации не приводят к выпадению осадков и не изменяют гидродинамики течения. В силу этого для определения границ облака достаточно было найти те точки на линиях тока, в которых смещение вверх с исходного уровня было достаточным для достижения воздухом состояния насыщения. Величина необходимого смещения для конкретных траекторий находилась графически с помощью стандартной аэрологической диаграммы [6] (определялась величина смещения с исходного уровня до пересечения соответствующей влажной адиабаты с соответствующей гистограммой). С другой стороны определялось максимальное смещение линии тока  $A(z_0)$  (см. рис. 3 график I). Затем находилась разность второго и первого  $\Delta h(z_0)$  (см. рис. 3 график II). Влажность бралась из данных радиозондирования. Конкретные расчеты проводилось для варианта проиллюстрированного на рис. 2 ( $H_1 = 3.25$  км,  $H_2 = 4.75$  км). Найденные таким путем границы облаков представлены на рисунке 3 графиком II. Здесь также представлены границы облаков, определенные по теоретическим расчетам из рис. 2. Облака представлены прямыми горизонтальными линиями и заштрихованы. В области рассматриваемой траектории теория предсказывает существование облака при  $\Delta h(z_0) > 0$ . При  $\Delta h(z_0) \leq 0$  наоборот. Анализ графика  $\Delta h(z_0)$  на рис. 3 показывает, что на месте облаков 1 - 6 по теории должно существовать одно облако большой вертикальной мощности. Промежутки между облаками теория не предсказывает. Такую ситуацию, вероятно, можно объяснить двумя причинами: либо амплитуды, предсказываемые теорией, завышены, либо данные радиозонда о влажности неточны. Тогда расчеты были проведены с уменьшением влажности на 25%, и представлены пунктиром (см. рис. 3 график III). Легко видеть, что теория стала предсказывать безоблачный промежуток между облаками 1 и 2. Вдоль траекторий, соответствующих  $z_0 = 5 \div 5.2$  км влажность не достигает насыщения. Остальные промежутки между облаками теория не предсказывает. Вероятно, амплитуда так возрастает вниз (см. рис.3, график I), что необходимо: либо еще более резкое убывание влаги вниз, либо другое устройство траекторий. Первое плохо соответствует обычным законам, значит второе. А это говорит, что гребни траекторий в области облаков 2, 3, 4 должны быть похожими. Значит, роторная зона должна быть ниже, т.е. она должна быть почти в два раза менее мощной по вертикали. Аналогичные расчеты поля линий тока к которым относится облаком 6 подтвердили, что теория качественно предсказывает по влажности существование облаков в этой области. При этом его нижняя граница совпадает с теоретической, если влагу уменьшить не на 25%, а на 6.8%, т.е. идеально. Верхняя граница облака 6 теорией не предсказывается - это зона облаков 5, где теория неточна. На рис. 3 график функции  $A(z_0)$  отражает рост макси-

мальной амплитуды возмущений для линий тока, соответствующих  $z_0 = 2.5 \div 3$  км. Уменьшение данных радиозонда по влажности на 25%, как представлено на графике  $\Delta h_1(z_0)$  пунктиром, не позволяет предсказать существование облаков 5 и 6.

Таким образом, анализ сопоставления результатов теории с данными наблюдений по распределению влажности с высотой позволяет утверждать, что впервые теория достаточно хорошо предсказывает амплитуды возмущений и фазы волн над главным хребтом горы и в верхней части ее подветренного склона на высотах 5 - 8 км; в подветренной зоне в области удаления от вершины на 10 - 20 км на высотах 2.4 - 3.3 км. Важно также, что исследования подтверждают возможность существования в поле возмущений над горами Крыма роторных образований, достаточно стабильных во времени и протяженных в пространстве.

### Литература

1. Кожевников В.Н., Лосев А.С. О построении модели обтекания при точном выполнении граничного условия на цилиндрическом профиле. Вест. МГУ. Сер. 3. Физика. Астрономия. Т. 23, No. 5, 1982.
2. Кожевников В.Н., Беданок М.К. Нелинейная многослойная модель обтекания произвольного профиля. Изв. РАН, ФАО, т. 29, No.6, 1993.
3. Кожевников В.Н., Бибилова Т.Н., Журба Е.В. Орографические волны, облака и роторы с горизонтальной осью над горами Крыма. Изв. АН СССР, ФАО, т. 22, No.7, 1986.
4. Кожевников В.Н., Беданок М.К. Сопоставление результатов теории с данными наблюдений облаков над горами Крыма 15 июля 1976 г. Труды ФОРА. № 1, 1996 г., стр. 35 - 43.
5. Кожевников В.Н., Бибилова Т.Н., Журба Е.В. Орографические волны, облака и роторы с горизонтальной осью над горами Крыма. Изв. АН СССР. ФАО, 1986., т. 22, № 7, С. 682 - 690.
6. Хргиан А.Х. Физика атмосферы. - М.: Изд - во МГУ, 1986 г., 328 с.

### On orographic disturbances in the Crimea

V.N.Kozhevnikov, M.K.Bedanokov

The authors compare computer modeling of the trajectory field of the masses over the Crimean mountain range.

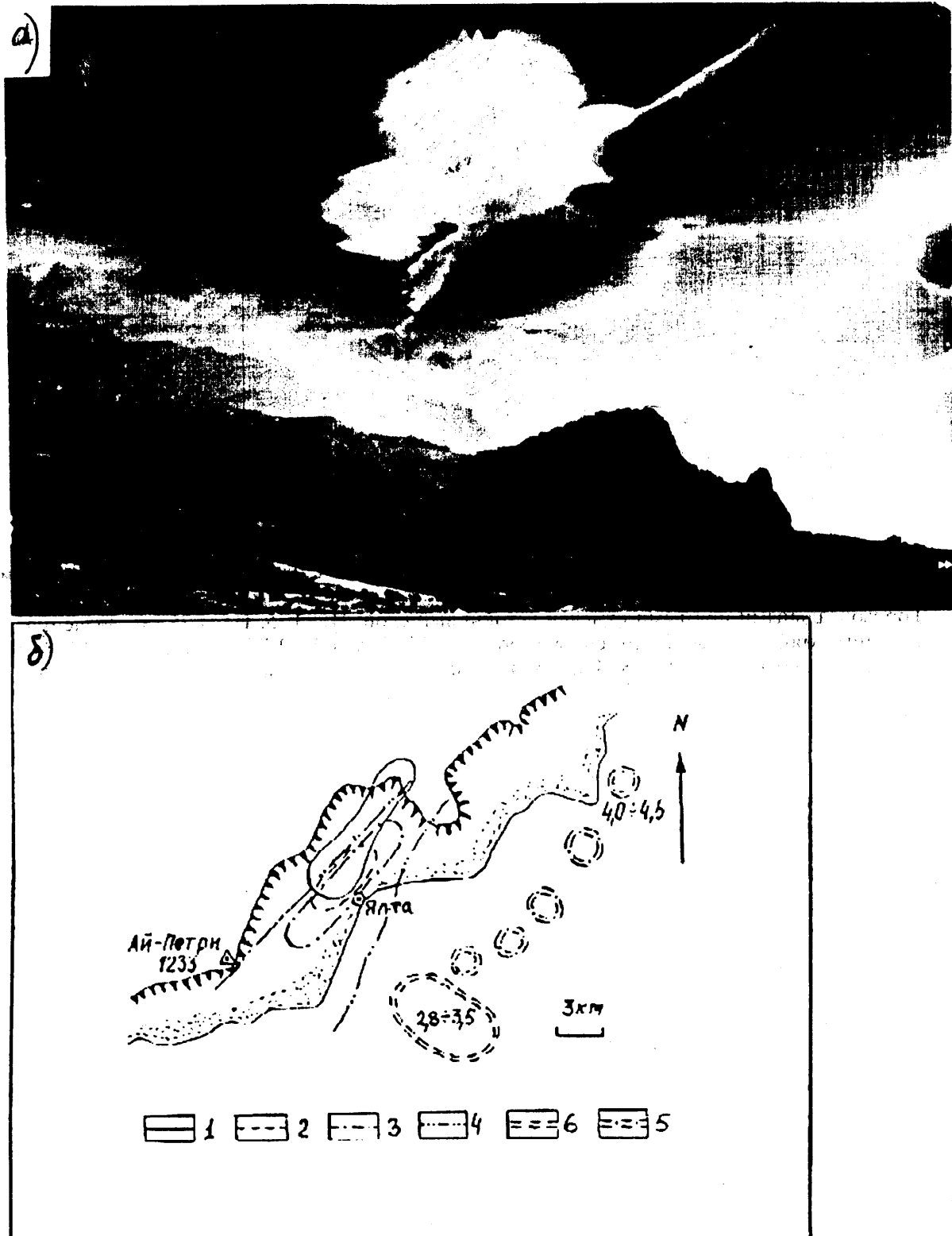


Рис. 1

- а) Волновые орографические облака, наблюдающиеся в Крыму 15 июля 1976 г.  
 б) Плановое положение облаков 15 июля 1976 г.

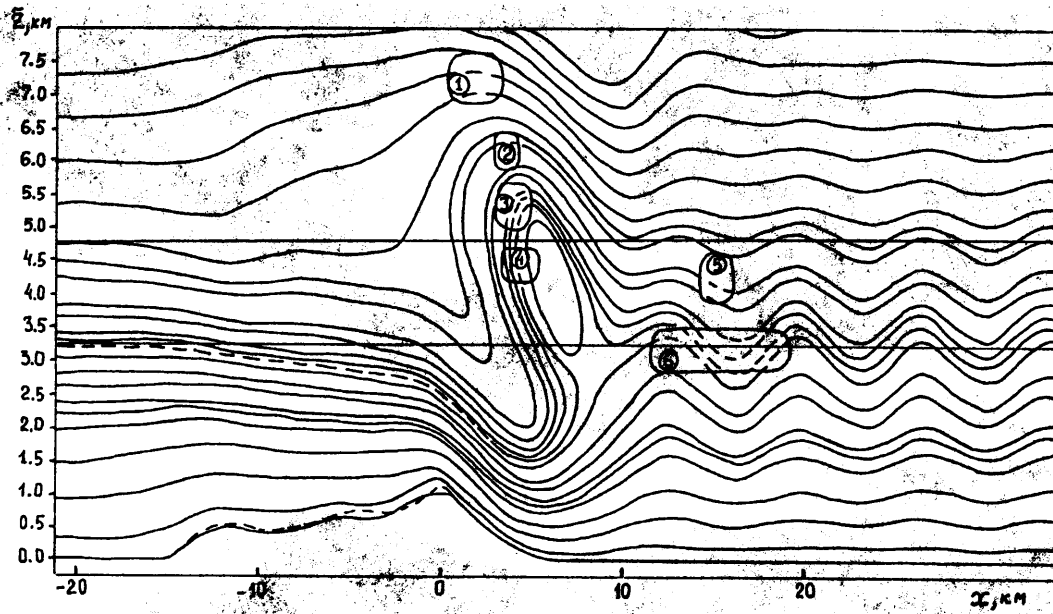


Рис. 2

Сопоставление теоретической картины обтекания Крыма с натуральными наблюдениями 15 июля 1976 г. (Пунктиром - гора).

Горизонтальными прямыми отмечен устойчивый слой:  $H_1=3.25$ ;  $H_2=4.75$  км. Значения исходных уровней траекторий снизу вверх: 0; 0.25; 0.75; 1.25; 1.75; 2.0; 2.25; 2.5; 2.7; 3.0; 3.2 (пунктиром); 3.35; 3.5; 3.8; 4.0; 4.5; 4.7; 5.0; 5.5; 6.0; 6.5; 7 км.

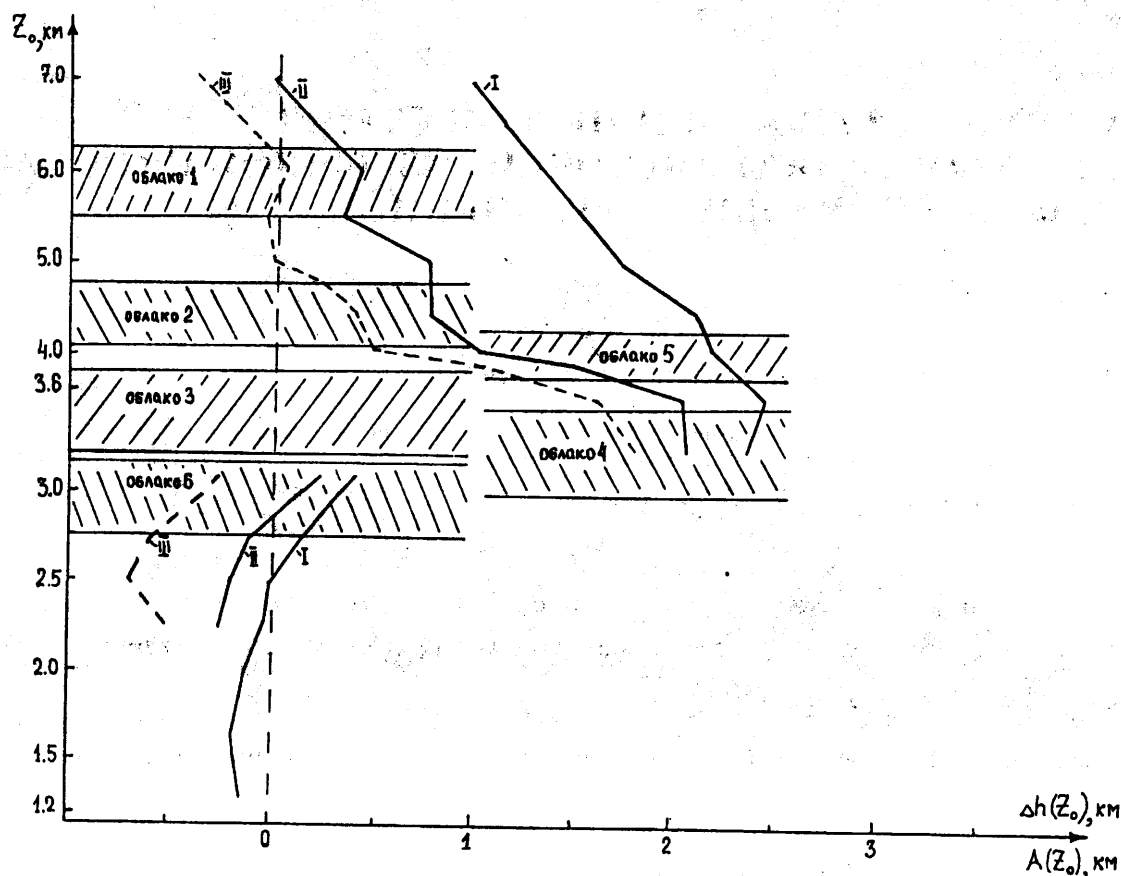


Рис. 3

Графики функций:

I)  $A(z_0)$  - максимальные смещения траекторий с исходного уровня.

II)  $\Delta h(z_0)$  - разность между  $A(z_0)$  и величиной смещения частицы вверх с исходного уровня  $z_0$ , где она достигает насыщения.

III)  $\Delta h_1(z_0)$  (пунктиром) - то же, что и II), но при уменьшении влажности на 25%.

Границы облаков, определенные по теоретическим траекториям (см. рис. 2), нанесены горизонтальными прямыми и заштрихованы.