

Рис. 2. Динамика залегания уровня грунтовых вод на территории Джанкойского района по данным Крымской геолого-гидромелиоративной экспедиции

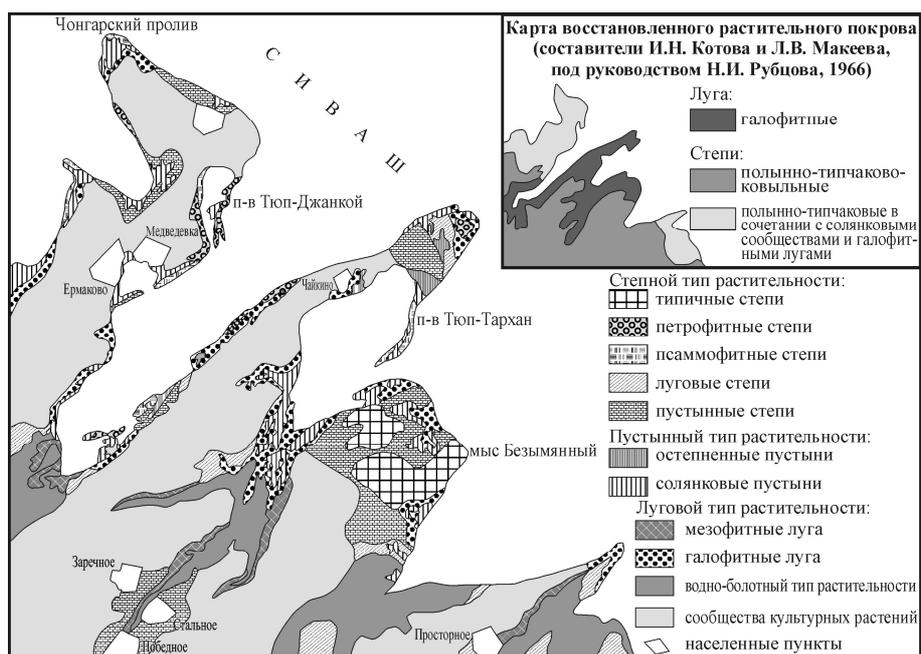


Рис. 3. Размещение растительных сообществ Центрального Присивашья

Ефимов В.А., Ивус Г.П., Мищенко Н.М. К ВОПРОСУ О ВЛИЯНИИ ТЕПЛОВОГО БАЛАНСА ПОДСТИЛАЮЩЕЙ ПОВЕРХНОСТИ НА ФОРМИРОВАНИЕ БЛОКИРОВАНИЯ

Введение. В последние годы усилилось внимание к связям атмосферных явлений с процессами, происходящими в литосфере. Обнаружена корреляция синоптических процессов с землетрясениями и, просто, с тепловым влиянием глубинно литосферных аномалий на погодные условия [5]. Следует заметить, что взаимодействие атмосферы и гидросферы, в основном, изучалось в глобальном масштабе и мало обращалось внимание на региональные процессы. Так как Украина находится в окружении активных тектонических геосинклиналей (Балкано-Радокского тектонического пояса, Малой Азии и Иранского нагорья) и, кроме того, наличие морских акваторий также создает целый комплекс взаимодействия указанных сред с крупными барическими образованиями, то исследование поставленной задачи в региональном масштабе является необходимым для уточнения прогнозов погоды.

Механизмы блокирования и физика сопутствующих им явлений. Формирование блокирования траекторий циклонов зависит от режима атмосферного слоя, а также от теплового состояния подстилающей поверхности, которое определяется не только инсоляцией, но и внутренними процессами, осуществляющимися в литосфере и гидросфере. Во время блокирования происходит существенная перестройка погодных условий, особенно режима осадков. В ряде работ, например в [3, 5], обращено внимание на связь тектонических процессов с синоптическими. Особенно важно выяснить взаимообусловленность характера крупномасштабных атмосферных образований, связанных с циклогенезом и фронтогенезом при организации блокирования, с изменчивым состоянием морских акваторий, в которых процессы апвеллинга и даунвеллинга могут изменять структуру синоптических перестроек. Примером тому служит явление Эль-Ниньо, приводящее к развитию аномальных атмосферных явлений на территориях, находящихся на значительном расстоянии от места действия Эль-Ниньо [4, 6]. Итак, если привычные траектории циклонов нарушает система блокирования, то рассмотрим понятие блокирования, следуя [1]. В данном случае блокирование определено в виде формирования уединённой волны по типу солитона Россби, который впервые описан в [7, 8].

Параметризация синоптических процессов посредством полей комплексного потенциала скорости. Согласно [2], поле приземного давления или геопотенциала можно представить в виде функции тока Ψ , являющейся мнимой частью функции комплексного потенциала скорости:

$$w = \varphi + i\psi = \bar{v}_\infty z + \frac{1}{2\pi} \sum_{k=1}^n q_k \ln(z - a_k) - \frac{1}{2\pi} \sum_{k=1}^p \frac{M_k e^{a_k i}}{z - c_k} - \frac{i}{2\pi} \sum_{k=1}^m \Gamma_k \ln(z - b_k),$$

где φ - потенциал скорости; $z = x + iy$ - комплексная координата; суммы с логарифмами вводят в учет вихреисточники, причем q_k, Γ_k - означают, соответственно, вклады массы и степени завихренности в вихреисточниках. Вихреисточники фактически представляют собой аксиальные вектора, а функции диполей $\frac{M_k e^{a_k i}}{z - c_k}$ подобны вихреисточникам разной полярности.

Здесь поле потенциала скоростей w может быть задано с помощью n простых источников, определенных в точках a_1, a_2, \dots, a_n с обильностями q_1, q_2, \dots, q_n , а также m вихрями в координатах b_1, b_2, \dots, b_m с циркуляциями $\Gamma_1, \Gamma_2, \dots, \Gamma_m$ и диполями в координатах c_1, c_2, \dots, c_p с моментами M_k и углами ориентации осей дублетов α_k . Тогда получаем аксиальные вектора в виде полюсов функции потенциала скоростей, которая представлена на плоскости комплексного переменного z .

Потенциал двойного слоя атмосферы и литосферы. Поле комплексного потенциала скорости может быть уподоблено потенциалу двойного слоя, в котором основной потенциал определяет температурную стратификацию атмосферного слоя в непосредственной её близости с тепловым влиянием подстилающей поверхности, а второй слой представляет собой поле w атмосферного процесса.

Применим метод функций Грина, который позволяет выразить решение для потенциала двойного слоя $\Phi(\mathbf{r})$ в виде задачи Дирихле. Пусть V - объём двойного слоя, \mathbf{r} - радиус вектор, направленный из центра, расположенного внутри первого слоя, S - поверхность первого слоя, над которым формируется атмосферный слой. Уравнение, которому удовлетворяет функция потенциала, есть уравнение Лапласа. Тогда задача Дирихле для первого слоя ($\nabla^2 \Phi(\mathbf{r}) = 0$, где Φ определяет поле потенциала первого слоя; $\Phi(r) = b(r)$;

$r \in S$) и задача Неймана ($\nabla^2 \Phi(\mathbf{r}) = 0$ с краевыми условиями $\frac{\partial \Phi}{\partial n} = b(\mathbf{r})$ на поверхности первого слоя,

где n - нормаль к поверхности) составят основную часть подстановки теории потенциала. Обе задачи для области V решаются в форме поверхностных интегралов. Здесь $\Phi(\mathbf{r}) = \int_S G_S(\mathbf{r}, \mathbf{\rho}) b(\mathbf{\rho}) dV(\mathbf{\rho})$, где $\mathbf{\rho}$ -

радиус вектор поверхности первого слоя. Связь между «поверхностной» функцией Грина $G_S(\mathbf{r}, \boldsymbol{\rho})$ и обычной функцией Грина $G(\mathbf{r}, \boldsymbol{\rho})$, дающей решение

$$\Phi(\mathbf{r}) = 4\pi \int_V G(\mathbf{r}, \boldsymbol{\rho}) Q(\boldsymbol{\rho}) dV(\boldsymbol{\rho}),$$

осуществляется посредством уравнения Пуассона, в котором задана функция Q , показывающая отличие поверхности первого слоя от его внутренней структуры (в основном состояние этой поверхности описано уравнением теплового баланса). Уравнение Пуассона

$$\nabla^2 \Phi(\mathbf{r}) = -4\pi Q(\mathbf{r})$$

вводит в расчёт составляющие теплового баланса с заданными граничными значениями $b(\boldsymbol{\rho})$ функции Φ или $\frac{\partial \Phi}{\partial n}$. Решение выражает влияние неоднородных условий Дирихле в виде потенциала двойного слоя, расположенного на границе. Функция

$$\bar{U}(x) \equiv \iint_S \frac{\bar{\rho}}{r} dS_\xi$$

получила название потенциала простого слоя, где $r = |x - \xi|$. Плотность $\bar{\rho}(\xi)$ называют плотностью простого слоя.

Предположим теперь, что на поверхности S расположен слой диполей и вихреисточников с осями, направленными вдоль внешних нормалей \mathbf{n} к поверхности S . Потенциал поля, образованного распределением диполей, может быть охарактеризован интегралом

$$\bar{\bar{U}}(x) \equiv \iint_S \bar{\bar{\rho}} \frac{d}{dn} \left(\frac{1}{r} \right) dS_\xi,$$

получившим название потенциала двойного слоя. Плотности $\bar{\rho}, \bar{\bar{\rho}}$ отражают отличия двух слоёв.

Моделирование солитона Россби. Формирование солитона Россби определяется уравнениями Картвега – де - Фриза

$$\frac{\partial \psi}{\partial t} - 6\psi + \frac{\partial^3 \psi}{\partial z^3} = 0,$$

где $z = x + iy$; ψ - функция тока, введённая ранее в поле комплексного потенциала скорости. Тогда, если функция тока конкретного синоптического процесса, заданного полем комплексного потенциала скорости, при её подстановке в уравнение Картвега - де - Фриза удовлетворяет этому уравнению, то солитон Россби считается установившимся. Причем, в солитон Россби, который образуется в верхней половине действия потенциала двойного слоя, входят не только гребневая структура блока, но и положительный вихрь блокированного циклона или нескольких циклонов серии с соответствующими фронтальными разделами. Фронтальные разделы сопровождаются облачными массивами, в которых реализуются большие энергетические запасы конденсации и вся остальная энергетика процессов влагооборота. Поэтому фронтальные системы в солитоне Россби содержат наиболее значимую часть его энергетической структуры. Солитон Россби имеет замкнутый энергооборот внутри своей структуры, и, если энергетические процессы, происходящие в нём, получают добавочную энергию от потенциала первого слоя в составе гидросферы и литосферы, то их учёт позволит существенно уточнить особенности процесса блокирования.

В отличие от теоретических схем процессов блокирования, изложенных в [1], в настоящей работе внимание уделено взаимодействию солитона Россби с потенциалами подстилающего слоя литосферы и гидросферы. Если потенциал первого слоя оказывает влияние на текущий синоптический процесс, то это влияние внутренних толщин первого слоя, как указано в ряде работ [1,5], может существенно отразиться на формировании погодообразующих процессов.

Рассмотрим типовой процесс блокирования, описанный в [1], который чаще всего осуществляется в Атлантико-Европейском секторе, предшествуя сильным землетрясениям с мая по август 2000 г. и 2001 г. Напомним, что, согласно [3], в июне 2000 г. произошли землетрясения в Турции, в районе Средиземного моря, Иране; в августе пострадал Афганистан, Австрийские Альпы и опять Турция; в июле 2001 г. наблюдалось сильное (до 7 баллов) землетрясение в Румынии. Над территорией Украины тектонические процессы непосредственно под гребневой структурой солитона Россби не проявлялись, хотя, согласно [3], эти процессы могли произойти в районах блокирования циклонической серии.

Численные эксперименты расчёта структуры солитона Россби.

На рис.1 приведена типовая схема солитона Россби, которая представляет собой ситуацию в виде циклонической депрессии блокированной гребневой структурой (положительные значения функции (+) находятся слева от направления движения). Циклон и гребень вместе являются стационарной волной Россби. В циклоне располагаются фронтальные разделы, вдоль которых проходят струйные течения, выраженные

сгущением изолиний функции тока, направление которых для холодного и теплого фронтов центростремительное относительно центра циклона. Скорость течений определяется по градиенту к линиям тока. Направление движения в области фронтов отличается от классического центробежного и объясняется тем, что циклон блокирован с востока мощным гребнем и регенерирует за счет привлечения периферийного заноса бароклинической неустойчивости.

На рис.1 и 2 поле функции тока изображено на поверхности АТ-925. В данной статье не приведено поле функции тока для процессов, препятствующих установлению солитонных структур на рис.1, так как оно дано и подробно проанализировано в [1].

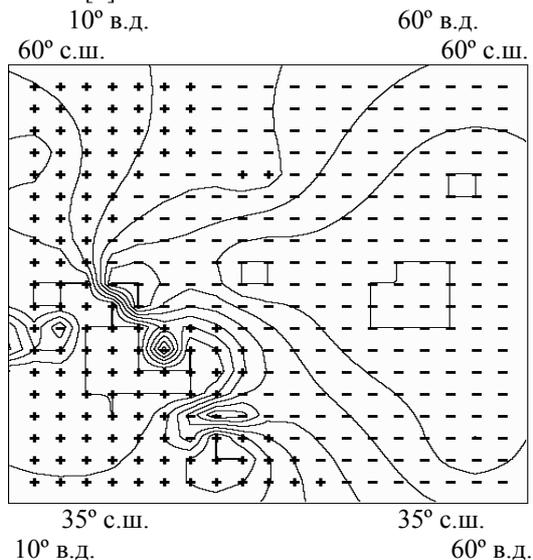


Рис.1. Поле функции тока при наличии солитона Россби в типовой ситуации блокирования циклонических траекторий над территорией Украины.

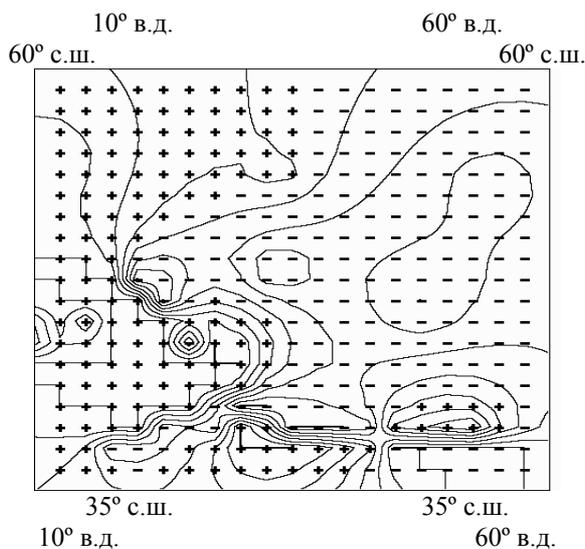


Рис. 2. Структура солитона Россби над Украиной при гипотетической активности сейсмического пояса в районах Закавказья, Иранского нагорья и Балкано – Альпийского горного пояса.

Ввод гипотетической активности сейсмического пояса (рис. 2–3), расположенного вдоль всего Южного района с 35° с.ш. по 47° с.ш., укрепляет структуру солитона Россби по сравнению с его структурой, представленной в [1].

Результаты численного эксперимента расчёта отклонений от структуры солитона Россби (рис.3) показывают, что полученные отклонения имеют пятнистый характер, который, по-видимому, можно объяснить ландшафтными особенностями конкретных территорий. Эти отклонения находятся в пределах мезомасштабных процессов и являются существенно меньшими, чем приведенные в [1] для аналогичного эксперимента.

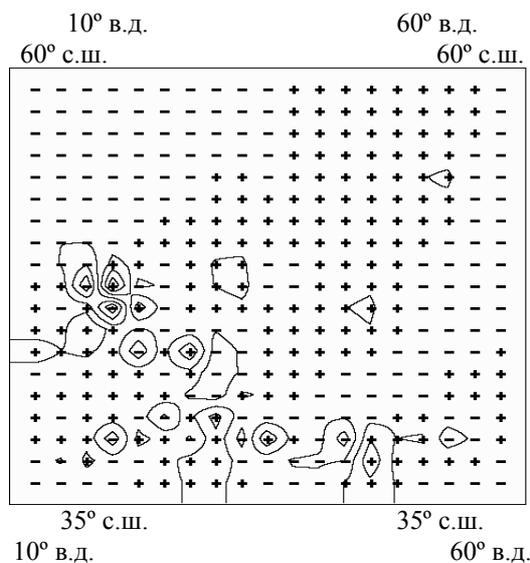


Рис.3. Отклонения от структуры солитона Россби в ситуации (рис.2).

Выводы

1. Тектонические процессы могут оказывать влияние на формирование блокирования.
2. Ввод в физическую модель для макромасштабных процессов потенциала двойного слоя позволяет уточнить физику взаимодействия атмосферы с подстилающей поверхностью.
3. В географических условиях Украины процессы взаимодействия трёх сред могут играть важную роль в формировании погодных условий.
4. Выдвинутая в [3] гипотеза об отклике атмосферных процессов на готовящееся землетрясение не противоречит результатам данного численного эксперимента.

Источники и литература

1. Ефимов В.А., Ивус Г.П. О физике антициклогенеза современной климатической эпохи. // Тр. УкрНИГМИ. – 2002. – Вып. 250. – С. 78 – 91.
2. Ефимов В.А., Конкин В.В. Аналитическое представление струй штормового ветра и его применение в морских прогнозах. // Метеорология, климатология и гидрология. – 1998. – Вып. 35. – С. 20 – 26.
3. Мартазинова В.Ф., Чайка Д.Ю. Влияние геофизических факторов на атмосферные процессы // Тр. УкрНИГМИ. – 2002. – Вып. 250. – С. 115 – 123.
4. Полонский А.Б. Роль океана в современном изменении климата // Морской гидрофизический журнал. – 2000. – №6. – С. 32–58.
5. Тertyшников А.В. О морфологии возмущений атмосферы сейсмоактивных регионов перед сильными землетрясениями // Геоинформатика. – 1999. – № 4. – С. 22 – 24.
6. Филандер С.Д., Расмуссен Е.М. Южная осцилляция и Эль – Ниньо // Динамика климата. – Л.: Гидрометеоиздат, 1988. – С. 205 – 221.
7. Benney D.J. Long non-linear waves in fluid flows // J. Math. and Phys. 1966. Vol. 45. – P. 52–63.
8. Long R.R. Solitary waves in the westerlies // J. Atm. Sci. 1964. Vol. 21. – P. 197–200.