

## ФІЗИЧНА ГЕОГРАФІЯ ТА ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ

УДК 551.513

**Е. П. Школьный**, доктор техн. наук, проф.

**Э. Н. Серга**, канд. геогр. наук, докторант

**А. И. Сущенко**, ассистент

Одесский государственный экологический университет

ул. Львовская 15, Одесса, 65016, Украина

249\_Andre@mail.ru

### ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ЯВЛЕНИЯ ЭЛЬ-НИНЬО-ЛА-НИНЬА НА ФОРМИРОВАНИЕ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ПОЛЕЙ В ЮЖНОМ ПОЛУШАРИИ

Предложен метод оценки телеконекций между полями приповерхностной температуры и атмосферного давления в области образования Эль-Ниньо-Ла-Нинья в средних и высоких широтах Южного полушария, основанный на построении уравнений множественной линейной регрессии. Проведен ряд экспериментов для некоторых периодов явлений Эль-Ниньо и Ла-Нинья. Показано, что фактические поля аномалий атмосферного давления имеют хорошее сходство с полями, полученными при реализации моделей.

**Ключевые слова:** аномалии, атмосферное давление, приземная температура, волны Россби, уравнение регрессии.

#### ВВЕДЕНИЕ

В последнее десятилетие большое внимание уделяется явлению Эль-Ниньо-Ла-Нинья и его влиянию на состояние климатической системы планеты. В ряде работ [1, 2, 5] указывается, что это явление является океаническим феноменом и определяется процессами апвеллинга и даунвеллинга в приэкваториальной зоне Тихого океана, обусловленными океаническими волнами Россби. Отражаясь при своем перемещении на запад от австралийского континента, они меандрируя через некоторое время меняют направление движения на обратное, обуславливая приток теплой воды в приэкваториальной зоне Тихого океана. Кроме того, как показано в работах Тернера, Хоскинса, Кароли [11, 21] и других исследователей, волны Россби из приэкваториальных широт перемещаются в северо-восточном и юго-восточном направлениях. С этими волнами связаны течения теплой воды в указанных направлениях оказывающее влияние на интенсивность Тихоокеанского-Северо-Американского колебания в высоких и средних широтах Северного Тихого океана и интенсифицируя циклоническую деятельность в морях Росса, Беллинсгаузена и Уэддела. В работах [1-3] показано, что явление Эль-Ниньо совместно с аналогичными процессами в Карибском

бассейне представляют собой некоторую «дипольную» структуру, определяющую межсезонную изменчивость аномалий температуры и, следовательно, формирование циркуляционных процессов в атмосфере средних и высоких широт обоих полушарий. Попытки установить факт наличия отклика климатической системы на события Эль-Ниньо-Ла-Нинья, а также определения характера этого влияния содержатся в большом количестве научных работ [11-18]. Несмотря на это, природа этого явления остается пока еще не до конца изучена и остается в определенной степени загадочной до настоящего времени.

Изучение механизмов влияния Эль-Ниньо на формирование атмосферных процессов ведется как статистическими методами, так и методами численного моделирования. В большинстве случаев статистические методы состоят в поисках и попытках теоретического обоснования телеконекций между характеристиками, связанными с явлением Эль-Ниньо, например известным параметром Эль-Ниньо-Южное колебание (ЭНЮК), с характеристиками полей температуры, давления, осадков, скорости ветра, структурой полей льда [11-19] в различных регионах Южного океана. Корреляционные связи, используемые в большинстве случаев являются порой противоречивыми и страдают некоторой неопределенностью.

Основной целью данной работы является попытка оценить в какой мере явления Эль-Ниньо-Ла-Нинья оказывают влияние на формирование структуры полей приземного атмосферного давления в средних и высоких широтах Южного Атлантического океана и прилегающих землях Антарктиды, включая Антарктический полуостров, где как известно, расположена украинская антарктическая станция «Академик В. И. Вернадский».

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В качестве постулата при организации исследования была принята схема Петерсона и Уайта [17], представляющая процесс распространения из приэкваториальной зоны внутригодовых аномалий температуры поверхности океана, обусловленных океаническими волнами Россби. Эта схема представлена на рис. 1.

Указанный регион включает Южный Тихий океан, большую часть Южно-Американского континента, средние и высокие широты Южного Атлантического океана. Для указанного региона были использованы данные массива ЭРА-40 за 1958-2002 годы среднемесячных значений приземной температуры воздуха и атмосферного давления на уровне моря в сетке  $2,5 \times 2,5^\circ$ . Предполагалось, что за счет процессов взаимодействия между океаном и атмосферой аномалии теплой воды, последовательно распространяясь в юго-восточном направлении, будут оказывать влияние на формирование структуры полей приземной температуры и давления.

Анализ полей средних значений и средних квадратических отклонений в указанном западном секторе южного полушария [8], а так же данных клас-

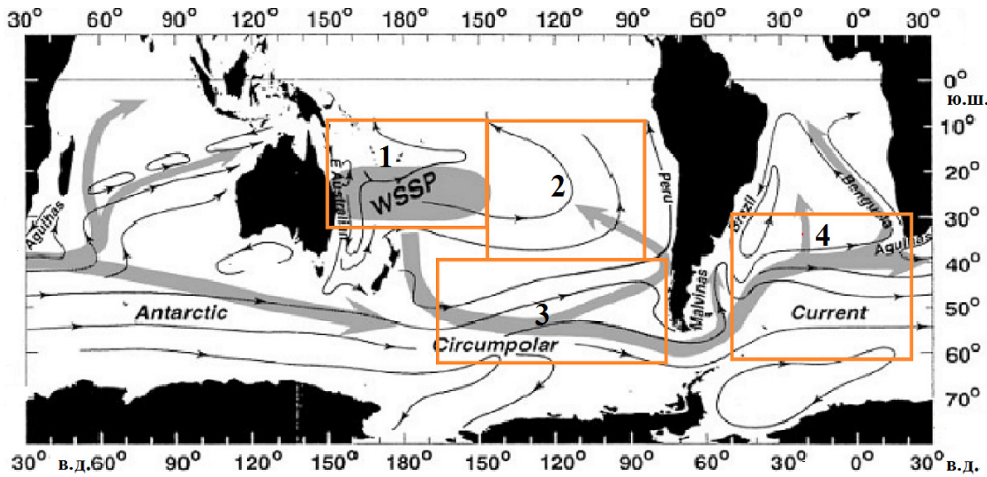


Рис. 1. Схема общего распространения межгодовых аномалий температуры поверхности океана от источника, расположенного вблизи субтропической зоны западной части южного Тихого океана (затемненный овал). Сплошные линии соответствуют средней геострофической циркуляции на поверхности океана [9].

теризации, проведённой с помощью «Универсального итерационного метода кластеризации данных» [6] дал основание разбить этот сектор на указанных на схеме четыре региона, на которые последовательно распространяются аномалии температуры поверхности океана. Был проведен компонентный анализ этих полей. Оказалось, что более 70% суммарной дисперсии полей температуры и давления исчерпывают первые два собственных значения [8]. Следовательно, основные крупномасштабные особенности указанных метеорологических полей описывают первые две главные компоненты. Указанное ортогональное преобразование рассматриваемых полей, если их представить в виде центрированных значений

$$\Delta X = \left\{ \Delta x_{ij} \right\}_{n \times m} \quad (1)$$

где  $n$  – количество точек,  $m$  – количество полей, то их разложение в базисе собственных векторов имеет вид.

$$W^T \Delta X = Z \quad (2),$$

где  $(^T)$  – операция транспонирования,  $Z = \{z_{ij}\}_{n \times m}$  – матрица ортогональных компонент, у которой первые две строки представляют собой временные ряды соответственно первой  $z_{1j}$  и второй  $z_{2j}$  главных компонент  $j = \overline{1, m}$ .

Был проведен статистический анализ главных компонент полей температуры воздуха и полей атмосферного давления, в том числе выявление периодич-

ностей, скрытых в их временных рядах. Эти результаты содержатся в работе [8]. Для определения телеконекций между полями приземных температур и атмосферного давления в регионах № 1 и № 2, где на структуру этих полей оказывает большое влияние аномалии температур поверхности океана, обусловленных непосредственным влиянием явлений Эль-Ниньо и Ла-Нинья, с полями в средних и высоких широтах Южного полушария, которые в регионах № 3 и № 4 в определенной степени являются откликом на процессы формирования метеорологических полей в приэкваториальной зоне, был применен алгоритм взаимного спектрального анализа между главными компонентами рассматриваемых полей. Подробное описание результатов спектрального анализа приводится в работах [8, 19]. Показано, что между главными компонентами полей температуры и давления наблюдаются корреляционные связи на 10-ти, 5-6-летних, годовых и полугодовых временных интервалах. Последние и послужили в качестве характеристик на входе построенной модели. (В дальнейшем будем их условно называть «предикторами», а отклики «предиктантами». Кавычки означают, что модель не является прогностической а носит имитационный характер).

### **РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ**

Как отмечалось выше, на развитие атмосферных процессов в рассматриваемых регионах акватории Южного океана большое влияние оказывают механизмы обмена теплом, водяным паром, количества движения. Если принять за основу направление переноса теплой воды течениями волн Россби, изображенной на рис. 1, то нетрудно оценить временные интервалы указанных взаимодействий, зная скорости поверхностных течений. Как указывается в работах [1, 2] волны Россби в тропическом поясе Южного Тихого океана перемещаются со скоростями от нескольких см/с до 2,5 м/с. При переходе в более высокие широты скорости их перемещения уменьшаются. Если принять среднюю скорость перемещения волн и, следовательно, переноса теплой воды из регионов № 1 и № 2 в регион № 3 – 0,2 м/с [1, 2, 4], то за 1 год частицы воды перемещаются на расстояние около 6000 км, а за полгода из региона № 3 в регион № 4 – около 3000 км. Поскольку температура приповерхностного воздуха и атмосферное давление определяются в большой мере процессами взаимодействия атмосферы и подстилающей поверхности, приведенные оценки дают основания полагать, что влияние Эль-Ниньо и Ла-Нинья должно проявляться в регионе № 4, то есть в средних и высоких широтах Южного Атлантического океана, при учете статистических связей между полями атмосферного давления в четвертом регионе с полями температуры воздуха и атмосферного давления в первом и втором регионах в наибольшей мере именно через 1 год и между отмеченными физическими полями в 3-ем и 4-ом регионах через в 0,5 года, после максимума проявления этих явлений.

Попытка определения влияний явлений Эль-Ниньо и Ла-Ниньо на структуру полей атмосферного давления у региона № 4 осуществлялась путем применения регрессионного анализа. Уравнение линейной множественной регрессии строилось с помощью известного последовательного отбора статистически значимых влияющих факторов из системы потенциальных «предикторов». Поскольку, как указывалось выше, более 70% суммарной дисперсии исходных полей исчерпывают первые два собственные значения, уравнения регрессии строились для главных компонент полей  $\tilde{Z}_{1p}^{(4)}$  и  $\tilde{Z}_{2p}^{(4)}$  давления в четвертом регионе. Влияющими факторами («предикторами») считались первые  $Z_1$  и вторые  $Z_2$  главные компоненты полей атмосферного давления и приповерхностной температуры воздуха в 1,2 и 3 регионах. Таким образом, множество потенциальных «предикторов» во всех случаях включало 12 указанных главных компонент. Просеивание их с помощью пошаговой регрессии осуществлялось на основе множественного коэффициента корреляции ( $R$ ) и критерия Стьюдента ( $t$ ). При  $R=0,95$  и  $t=1,9$  для первого «предиктанта»  $\tilde{Z}_{1p}^{(4)}$  уравнение множественной регрессии имеет вид:

$$\begin{aligned} \tilde{Z}_{1p}^{(4)} = & -0,449 Z_{2p}^{(3)} - 1,014 Z_{1t}^{(2)} + 0,907 Z_{1p}^{(2)} - 0,305 Z_{2p}^{(2)} - 0,331 Z_{2t}^{(2)} + 0,057 Z_{2p}^{(1)} - \\ & - 0,233 Z_{1p}^{(1)} - 0,413 Z_{1p}^{(3)} + 0,346 Z_{2t}^{(1)} \end{aligned} \quad (3)$$

а для второй главной компоненты  $\tilde{Z}_{2p}^{(4)}$  в четвертом регионе

$$\begin{aligned} \tilde{Z}_{2p}^{(4)} = & 0,869 Z_{2p}^{(2)} - 0,249 Z_{2t}^{(3)} + 0,240 Z_{1t}^{(2)} - 0,243 Z_{2p}^{(1)} - 0,851 Z_{1p}^{(1)} - 0,207 Z_{1t}^{(1)} + \\ & + 0,378 Z_{1p}^{(2)} + 0,445 Z_{2p}^{(3)} - 0,440 Z_{2t}^{(1)} \end{aligned} \quad (4)$$

Объём рядов при расчете коэффициентов регрессии составлял для каждого влияющего фактора 480 значений (в уравнениях регрессии в скобках на месте показателя степени обозначается принадлежность фактора к региону, а внизу – номер главной компоненты полей температуры  $T$  и давления  $p$ ).

В работе [12] приводится перечень сроков Эль-Ниньо и Ла-Нинья, которые наблюдались в 20 веке, начиная с 1969 года. Численные эксперименты на моделях (2) и (3) проводились с учетом этих данных. Было рассмотрено Эль-Ниньо, которое происходило в период с 1991 по 1995 г. и Ла-Нинья с 1970 по 1972 гг. Так как реперными годами, как указывалось выше, были последние года наблюдения этих явлений, то значения «предикторов» были взяты: для теплого явления – март 1995 г., для холодного – январь 1972 г. в регионах № 1 и № 2, в октябре 1995 г. для Эль-Ниньо и в июне 1992 г. для Ла-Нинья в регионе № 3 соответственно. Расчеты по уравнению регрессии показали, что для Эль-Ниньо  $\tilde{Z}_{1p}^{(4)}=133,5$ ;  $\tilde{Z}_{2p}^{(4)}=-5,9$ , а для Ла-Нинья  $\tilde{Z}_{1p}^{(4)}=-51,6$ ;  $\tilde{Z}_{2p}^{(4)}=32,4$ .

Привлекает внимание тот факт, что главные компоненты, рассчитанные по модели для теплого и холодного явлений имеют противоположные знаки. Эти значения «предиктантов» дали возможность осуществить обратное преобразование вектора главных компонент в базисе собственных векторов. Для этого, с учетом того факта, что дисперсии первых двух главных компонент рассматриваемых метеорологических полей описывают более 70% суммарной их дисперсии, создавали вектор главных компонент в виде:

$$\vec{Z}_p = \begin{pmatrix} z_{1p}^{(4)} \\ z_{2p}^{(4)} \\ 0 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ 0 \end{pmatrix} \quad (5)$$

Путем обратного преобразования

$$\Delta p_{np} = W \vec{Z}_p \quad (6)$$

получим «прогнозное» поле центрированных значений атмосферного давления в регионе № 4 при указанных явлениях. Эти поля представлены на рис. 2, 3.

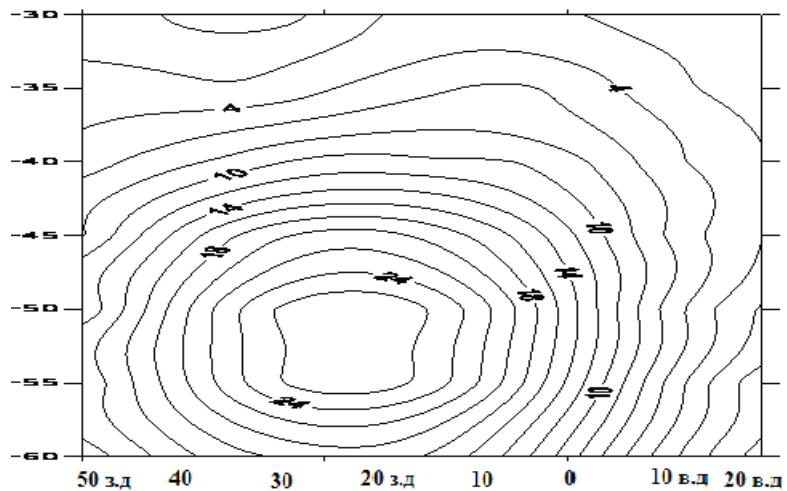


Рис.2. Прогностическое поле аномалий приземного атмосферного давления в регионе № 4 (Эль-Ниньо 1991-1995 гг.)

Для того, чтобы прийти к заключению о влиянии Эль-Ниньо и Ла-Нинья на формирование среднемесячных полей давления были построены векторы  $Z_{p, \text{факт}}$ , у которых в качестве первых главных компонент выступали фактические их значения, относящиеся к указанным выше срокам. Путем преобразования (6) получены соответствующие фактические поля центрированных среднемесячных значений атмосферного давления в регионе № 4. Они представлены на рис. 3.

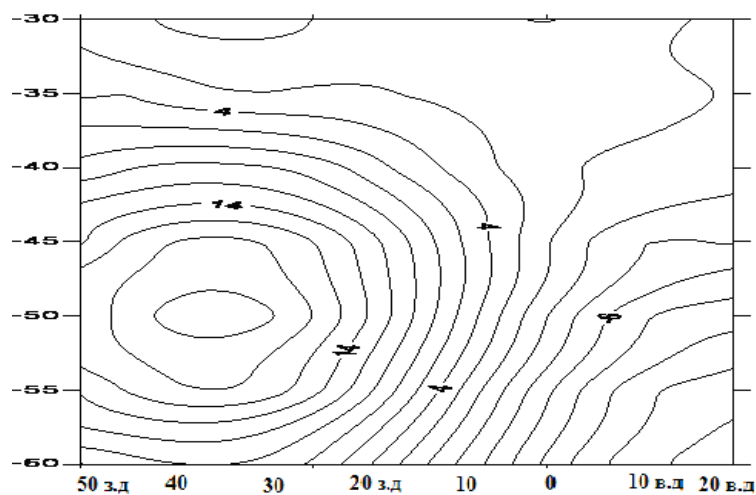


Рис.3. Фактическое поле аномалий приземного атмосферного давления в регионе № 4 (Эль-Ниньо 1991-1995 гг.)

Сравнение фактических полей аномалий атмосферного давления с полями, полученными при реализации моделей (2) и (3), позволяет сделать вывод об их хорошем сходстве. Во-первых, при Эль-Ниньо 1991-1995 г. фактическое поле аномалий давления имеет почти подобную структуру с «прогнозным». Это относится к положению экстремума и его значения. Во-вторых, при Эль-Ниньо почти весь регион, как у фактических, так и у модельных аномалий покрыт положительными значениями.

Как в том, так и в другом случае поля аномалий давления характеризуются большими горизонтальными градиентами. При явлении Ла-Нинья, наоборот, происходит падение давления по сравнению со среднемесячным (рис. 4, 5).

Еще два численных эксперимента были проведены для Эль-Ниньо, которое происходило в течение 1976-1978 гг. и Ла-Нинья 1995-1996 лет. Соответствующие расчеты при Эль-Ниньо проводились для реперного временного интервала – январь 1977 г. для «предикторов» первого и второго регионов и июля этого же года для региона № 3.

Соответствующие модельные значения равняются  $\tilde{Z}_{1p}^{(4)}=11,9$  и  $\tilde{Z}_{2p}^{(4)}=63,2$ . Обратное преобразование вектора  $\tilde{Z}_p$  в этом случае с помощью соответствующую

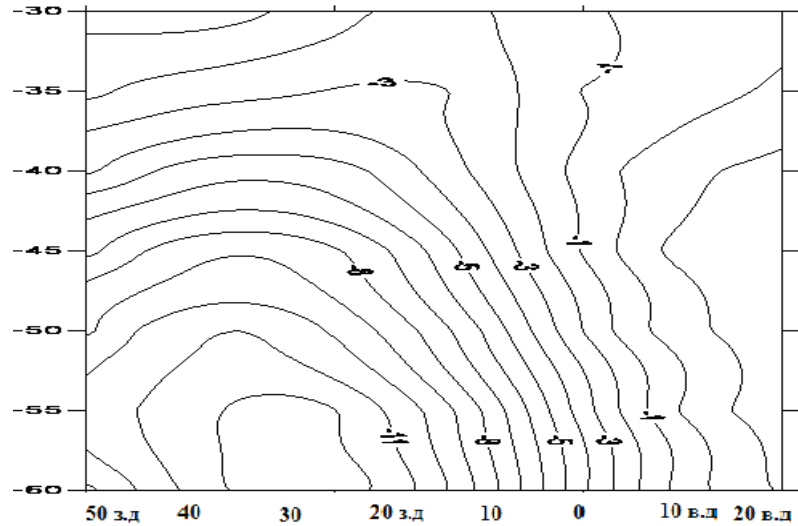


Рис. 4. Прогностическое поле аномалий приземного атмосферного давления в регионе № 4 (Ла-Нинья 1970-1972 гг.)

щей матрицы собственных векторов привело к «прогнозному» полю  $\Delta p_{np}$ , которое относится до января в 1998 г. Таким же образом на основе фактических значений  $Z_{1p}^{(4)}$  и  $Z_{2p}^{(4)}$  построено фактическое поле аномалий атмосферного давления  $\Delta p_{\phi}$  для четвертого региона в январе. Сравнение этих полей показывает, что «прогнозное» и фактическое поля аномалий атмосферного давления хорошо согласовываются.

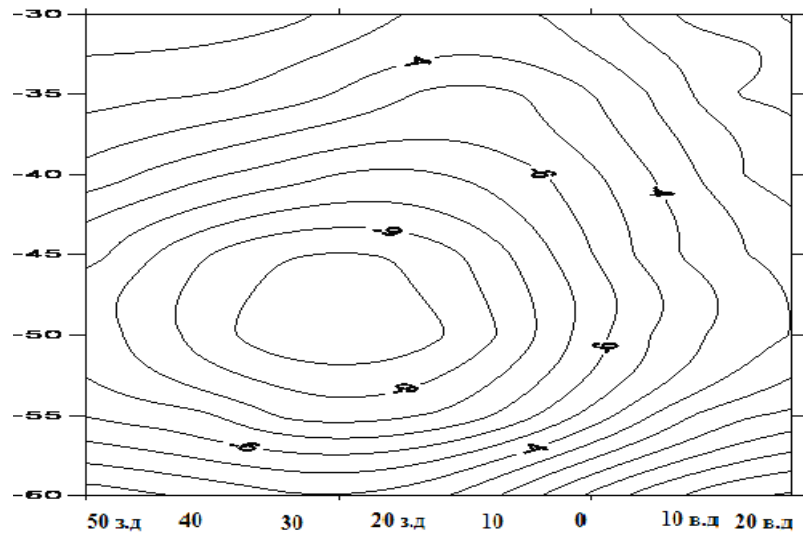


Рис. 5. Фактическое поле аномалий приземного атмосферного давления в регионе № 4 (Ла-Нинья 1970-1972 гг.)



Во-первых, как и при Эль-Ниньо 1976-1979 гг. большая часть региона покрыта положительными значениями аномалий давления. Во-вторых, совпадают положения основных экстремумов в «прогностическом» и фактическом полях и значения аномалий в области экстремумов. В-третьих, общая конфигурация изобар в «прогножном» поле аномалий мало чем отличается от конфигурации их в фактическом поле.

Если сделать сравнение полей аномалий давления Эль-Ниньо 1976-1978 гг. и 1991-1995 гг., то видно, что им свойственна общая закономерность: преобладание в регионе положительных аномалий. Это можно объяснить ослаблением циклонической деятельности. Различия в деталях структуры полей в этих двух явлениях обусловлены разными атмосферными процессами, которые протекали в эти периоды в высоких и средних широтах Южного-Атлантического океана и примыкающих землях Антарктиды и Южно-Американского континента.

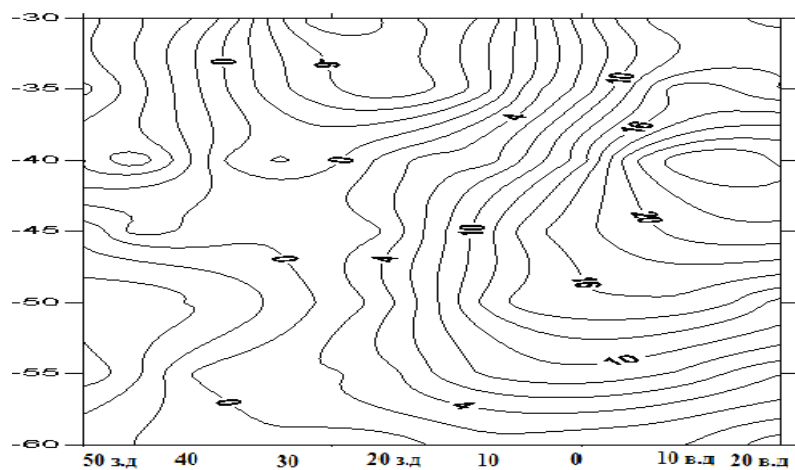


Рис.6. Прогностическое поле аномалий приземного атмосферного давления в регионе № 4 (Эль-Ниньо 1976-1978 гг.)

Значения «предикторов» при Ла-Нинья 1995-1996 гг., которые относятся к первому, второму и третьему регионам для марта 1996 г. отбирались указанным выше способом. Значения откликов по моделям составляют:  $\tilde{Z}_{1p}^{(4)} = -62,1$ ;  $\tilde{Z}_{2p}^{(4)} = 5,1$ .

Как и в предыдущих случаях, обратное преобразование осуществлено на основе соответствующей матрицы собственных векторов. Оно дало «прогнозное» поле аномалий давления, которое приводится в рис. 8, 9. Поле аномалий давления, которые рассчитывались на основе фактических величин первых двух главных компонент представлены на рис. 9.

Сравнение этих полей свидетельствует о почти полном сходстве как структуры «прогнозного» и фактического полей, так и положения облас-

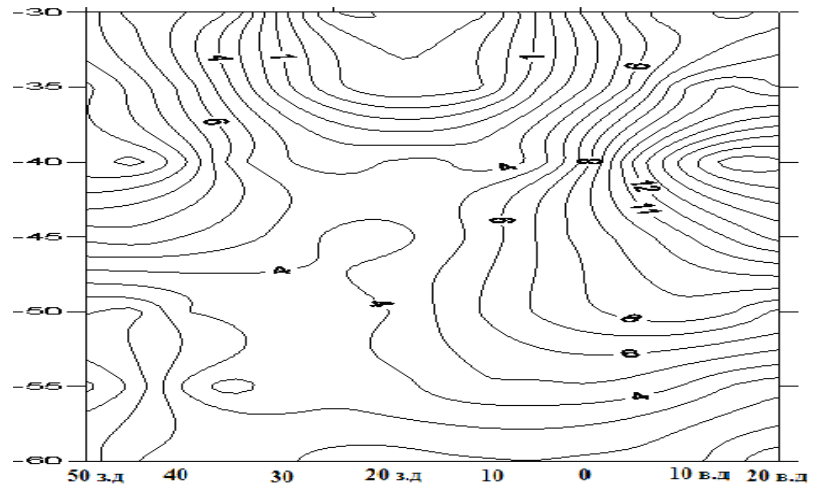


Рис.7. Фактическое поле аномалий приземного атмосферного давления в регионе № 4 (Эль-Ниньо 1976-1978 гг.)

тей наибольшего падения атмосферного давления после явления Ла-Нинья, которые приходится на море Уедела. Такой же результат получен и в численном эксперименте для Ла-Нинья 1970-1972 года.

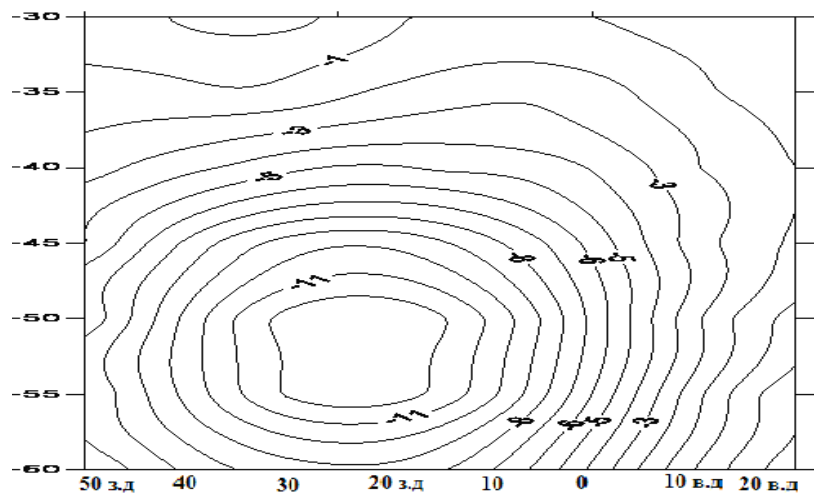


Рис. 8. Прогностическое поле аномалий приземного атмосферного давления в регионе № 4 (Ла-Нинья 1995-1996 гг.)

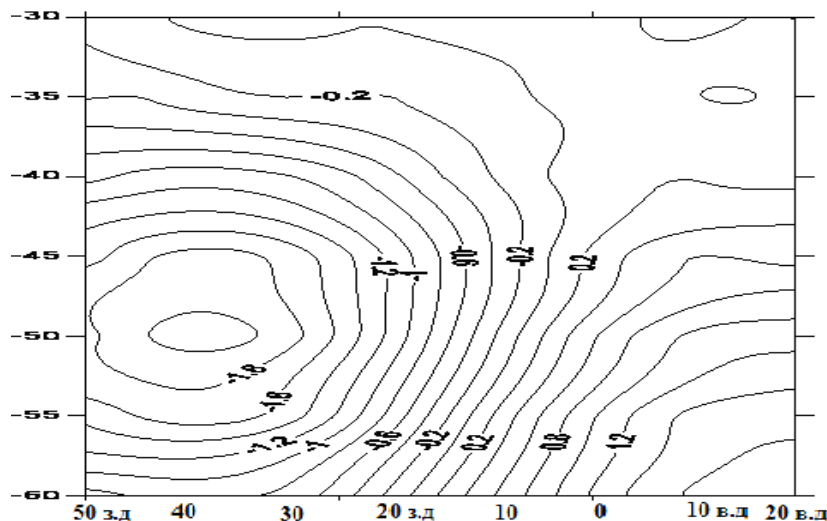


Рис. 9. Фактическое поле аномалий приземного атмосферного давления в регионе № 4 (Ла-Нинья 1995-1996 гг.)

## ВЫВОДЫ

Результаты проведенных исследований, изложенные выше, дают основание сделать взвод о безусловном влиянии теплой и холодной фаз явления Эль-Ниньо, на формирование структуры полей атмосферного давления в средних и высоких широтах Южного Атлантического океана и примыкающих участках суши. При этом реализация теплой его фазы приводит к формированию положительных по отношению к средним многолетним значениям аномалий полей давления. Наоборот, с реализацией холодной фазы явления связаны поля отрицательных аномалий давления. По-видимому, формирование таких полей можно объяснить изменением интенсивности циклонической деятельности под влиянием фаз явления Эль-Ниньо в западном секторе Южного полушария.

Есть основания полагать, что предлагаемый метод оценки телеконекций между полями приземной температур и атмосферного давления в области образования Эль-Ниньо-Ла-Ниньо и в средних и высоких широтах Южного полушария может быть взят за основу при разработке методики долгосрочного прогноза изменения общей структуры метеорологических полей под влиянием рассмотренных явлений.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бондаренко А. Л. Закономерности формирования явления Эль-Ниньо – Ла-Нинья / А. Л. Бондаренко, В. В. Жмур // Физические проблемы экологии (экологическая физика). М.: МАКС ПРЕСС. Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова. Физический факультет, 2005. – № 13. – С. 35-44.

2. *Бондаренко А. Л.* О природе и возможности прогнозирования явления Эль-Ниньо-Ла-Нинья / А. Л. Бондаренко, В. В. Жмур // *Метеорология и гидрология*, – 2004. – № 11. – С.39-52.
3. *Бондаренко А. Л.* О переносе масс воды морскими и океаническими длиннопериодическими волнами / А. Л. Бондаренко, В. В. Жмур, Ю. Г. Филиппов, В. А. Шевцов // *Морской гидрофизический журнал* // Севастополь. – 2004. – № 5 – С.24-34.
4. *Бышев В. И.* О глобальном характере явления Эль-Ниньо в климатической системе Земли / В. И. Бышев, В. Г. Нейман, Ю. А. Романов, И. В. Серых // *Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса*. – 2011. – № 4, – С. 200-208.
5. *Гущина Д. Ю.* Модификация Эль-Ниньо в условиях меняющегося климата: мониторинг, причины, удаленный отклик: автореф. дис. ... д-р. геогр. наук: 25.00.30. – М.СПб., 2014, С.14-44.
6. *Серга Э. Н.* Универсальный итерационный метод кластеризации данных / Э. Н. Серга // *Украинский гидрометеорологический журнал*. – 2013. – № 12. – С.112-123.
7. *Служба данных ECMWF ERA-40* URL: <http://www.ecmwf.int/products/data> (дата обращения: 12.03.2014).
8. *Школьний Є. П.* Особливості телеконекцій приземної температури між тропічними й високими широтами в західному секторі південної півкулі. / Є. П. Школьний, Є. А. Галич, А. І. Сущенко // *Український гидрометеорологічний журнал*. – 2013. – № 12. – С.124-130
9. *Chang C.* Large-scale variability of atmospheric deep convection in relation to sea surface temperatures in the tropics / C. Chang // *Journal of Climate*. – 1993. – № 6. – p. 1898-1913.
10. *Haranzogo S. A.* A search for ENSO teleconnections in the west Antarctic Peninsula climate in Austral winter / S. A. Haranzogo // *International Journal of Climatology*. – 2000. – № 20 – p. 663-679.
11. *Hoskins B. J.* The study linear response of a spherical atmosphere to thermal and orographic forcing / B. J. Hoskins D. J. Karoly // *Journal of the Atmospheric Sciences*. – 1981. – № 38. – p. 1179-1196.
12. *Houseago R.* Climate anomaly wave train patterns linking southern low and high latitudes during South Pacific warm and cold events / R. Houseago, G. R. McGregor, J. C. King, S. A Haranzogo // *International Journal of Climatology*. – 1998. – № 18. – pp. 1181-1193.
13. *Karoly D. J.* Southern Hemisphere circulation features associated with El Nino-southern oscillation events / D. J. Karoly // *Journal of Climate*. – 1989. – № 2. – pp. 1239-1252..
14. *Krishnamurti T. N.* On the sea level pressure of the southern oscillation. *Archiv fur Meteorologic* / T. N. Krishnamurti, S. H. Chu, W. Iglesias // *Geophysik und Bioklimatologie*. – 1986. – № 34. – pp. 385-425.
15. *McPhaden M. J.* El-Nino and its relationship to changing conditions in the tropical Pacific Ocean / M. J. McPhaden, T. Lee and D. McClurg // *Geophysical Research Letters*. – 2011. – № 38, L15709, doi:10.1029/2011GL048275.
16. *Mo K. C.* Teleconnections in the Southern Hemisphere / K. C. Mo, G. H. White // *Monthly Weather Review*. – 1985. – № 113. – p. 22-37.
17. *Peterson R. G.* Slow oceanic teleconnections linking the Antarctic circumpolar wave with tropical El Nino-southern oscillation / R. G. Peterson, W. B. White // *Journal of Geophysical Research*. – 1998. – № 103. – p. 24573-24583.
18. *Saravanan R.* Interaction between Tropical Atlantic variability and El Nino-Southern oscillation / R. Saravanan, Chang Ping // *Journal of climate*. – 2000. – № 13, pp. 2177-2194..
19. *Sushchenko A.* Features teleconnection sea level pressure between tropical and high latitudes in the western sector of southern hemisphere // *Applied Sciences and technologies in the United States and Europe: common challenges and scientific findings: Papers of the 3<sup>rd</sup> International scientific conference 2013* p.13-19
20. *Trenberth K. E.* The definition of the El Nino / K. E. Trenberth // *Bulletin of the American Meteorological Society*. – 1997. – № 78. – p. 2771-2777.
21. *Turner J.* Summer-season mesoscale cyclones in the Bellingshausen-Weddell region of the Antarctic and links with the synoptic-scale environment / J. Turner, J. P. Thomas // *International Journal of Climatology*. – 1994. – № 14. – p. 871-894.

## REFERENCES

1. Bondarenko, A.L., Zhmur, V.V. (2004), «On the nature and forecasting possibility of El Niño–La Niña phenomenon» [«О природе і можливості прогнозування явлення El-Nino-La-Nina»], *Meteorology and Hydrology*, No. 11, pp. 39-52.
2. Bondarenko, A.L., Zhmur, V.V. (2005), «Regularities of El Niño–La Niña phenomenon formation» [»Законності формування явлення El-Nino – La-Ninya»], *Physical Problems in Ecology (Ecological Physics)*, No. 13, pp. 35-44.

3. Bondarenko, A.L., Zhmur, V.V., Filippov, Yu.G., Shchev'ev, V.A. (2004), «On the transport of water masses by long-period waves in seas and oceans» [«O perenose mass vody morskimi i okeanicheskimi dlinnoperiodichnymi volnami»], *Marine Hydrophysical Journal*. No. 5. pp. 24-34.
4. Byshev, V.I., Neiman, V.G., Romanov, Yu.A., Serych, I.V. (2011), «On global nature of El Niño phenomenon in the Earth climate system» [«O globalnom kharaktere yavleniya El-Nino v klimaticheskoy sisteme Zemli»], *Modern problems of Earth remote sensing from the space*, No. 4. pp. 200-208.
5. Chang, C. (1993), «Large-scale variability of atmospheric deep convection in relation to sea surface temperatures in the tropics», *Journal of Climate* No 6, pp. 1898-1913.
6. Gushchina, D.Y. (2014), «*The El Niño modification under climate change: monitoring, reasons, and remote response*»: Author's thesis [Modifikatsiya El-Nino v usloviyakh menyayushchegosya klimata: monitoring, prichiny, udalenny otklik: avtoref. dis. ... dok. geogr. nauk], Moscow, pp. 14-44.
7. Haranzogo, S.A. (2000), «A search for ENSO teleconnections in the west Antarctic Peninsula climate in Austral winter», *International Journal of Climatology* No 20, pp. 663-679.
8. Hoskins, B.J., Karoly, D.J. (1981), «The study linear response of a spherical atmosphere to thermal and orographic forcing», *Journal of the Atmospheric Sciences* No 38, pp. 1179-1196.
9. Housego, R., McGregor, G.R., King, J.C., Haranzogo, S.A. (1998), «Climate anomaly wave train patterns linking southern low and high latitudes during South Pacific warm and cold events», *International Journal of Climatology* No. 18, pp. 1181-1193.
10. Karoly, D.J. (1989), «Southern Hemisphere circulation features associated with El Nino-southern oscillation events», *Journal of Climate* No 2, pp. 1239-1252.
11. Krishnamurti, T.N., Chu, S.H., Iglesias, W. (1986), «On the sea level pressure of the southern oscillation.», *Archiv fur Meteorologic, Geophysik und Bioklimatologic*, serie A 34:385-425
12. McPhaden, M.J., T. Lee and D. McClurg. (2011), «El-Nino and its relationship to changing conditions in the tropical Pacific Ocean», *Geophysical Research Letters*, vol. 38, L15709, doi:10.1029/2011GL048275.
13. Mo, K.C., White, G.H. (1985), «Teleconnections in the Southern Hemisphere», *Monthly Weather Review* 113, pp. 22-37.
14. Peterson, R.G., White, W.B. (1998), «Slow oceanic teleconnections linking the Antarctic circumpolar wave with tropical El Nino-southern oscillation», *Journal of Geophysical Research*, No 103, pp. 24573-24583.
15. Saravanan, R., Chang, P. (2000), «Interaction between Tropical Atlantic variability and El Nino–Southern oscillation», *Journal of climate*, vol 13, pp. 2177-2194.
16. Serga, E.N. (2013), «Universal iterative method of data clusterization» [«Universalnyy iteratsionnyy metod klasterizatsii dannykh»], *Ukrainian hydrometeorological journal*, No. 12, pp. 112-123.
17. Shkolniy, Ye.P., Galich, Ye.A., Sushchenko, A.I. (2013), «Features of surface temperature teleconnection between tropical and high latitudes in western sector of the Southern Hemisphere» [«Osoblivosti telekonektsiy prizemnoy temperaturi mizh tropichnimi y visokimi shirotami v zakhidnomu sektori pivdennoy pivkuli»], *Ukrainian hydrometeorological journal*, No. 12. pp. 124-130.
18. ECMWF Data Service ERA-40, available at: <http://www.ecmwf.int/products/data> [accessed 12 March 2014]
19. Sushchenko, A. (2013), Features teleconnection sea level pressure between tropical and high latitudes in the western sector of southern hemisphere //«*Applied Sciences and technologies in the United States and Europe: common challenges and scientific findings*»:Papers of the 3<sup>rd</sup> International scientific conference pp.13-19,
20. Trenberth, K.E. (1997), «The definition of the El Nino», *Bulletin of the American Meteorological Society* No. 78, pp 2771-2777.
21. Turner, J., Thomas, J.P. (1994), «Summer-season mesoscale cyclones in the Bellingshausen-Weddell region of the Antarctic and links with the synoptic-scale environment», *International Journal of Climatology* No.14, pp. 871-894.

Надійшла 20.07.2014

**Є. П. Школьний**, доктор техн. наук, проф.

**Е. Н. Серга**, канд. геогр. наук, докторант

**А. І. Сущенко**, асистент

Одеський державний екологічний університет

вул. Львівська 15, Одеса 65016, Україна

249\_Andre@mail.ru

## **ОЦІНКА ВПЛИВУ ЯВИЩА ЕЛЬ-НІНЬО-ЛА-НІНЬА НА ФОРМУВАННЯ МЕТЕОРОЛОГІЧНИХ ПОЛІВ У ПІВДЕННІЙ ПІВКУЛІ**

### **Резюме**

Запропоновано метод оцінки телеконекцій між полями приповерхневої температури та атмосферного тиску у регіоні виникнення Ель-Ніньо-Ла-Нінья в середніх і високих широтах Південної півкулі, заснований на побудові рівнянь множинної лінійної регресії. Проведено ряд експериментів для деяких періодів явищ Ель-Ніньо і Ла-Нінья. Показано, що фактичні поля аномалій атмосферного тиску мають хорошу схожість з полями, отриманими при реалізації моделей.

**Ключові слова:** аномалії, атмосферний тиск, приземна температура, хвилі Россби, рівняння регресії.

**Ye.P. Shkolniy**, Dr. Sci. Techn, Prof

**E. N. Serga**, PhD Geogr.

**A. I. Sushchenko**, Lecturer

Odessa State Environmental University

Lvivska str. 15, Odessa 65016, Ukraine

## **ESTIMATION OF EL NIÑO–LA NIÑA IMPACT ON FORMATION OF METEOROLOGICAL FIELDS IN SOUTHERN HEMISPHERE**

### **Abstract**

The paper aims to try estimating how the El Niño–La Niña phenomenon impacts on a formation of surface atmospheric pressure fields in middle and high latitudes of the Southern Atlantic Ocean (fourth region) and adjacent Antarctic lands including Antarctic Peninsula with the Ukrainian Antarctic Site «Akademic V. I. Vernadskii».

The proposed model for teleconnections estimation is based on the regression analysis method. To originate the linear multiple regression equations we applied sequential selection of statistically significant impact factors from the system of prospective 'predictors' by using multiple correlation coefficient and Student's t-test.

According to the results of component analysis the first two eigenvalues exhaust more than 70% total dispersion of initial, and the regression equations were therefore originated for the respective principal components of surface pressure fields in the fourth region. The first and second principal components of surface pressure and temperature fields in the 1-st, 2-nd, and 3-rd regions spreading to the most part of Southern Pacific Ocean were considered as the impact factors ('predictors'). Therefore, the set of prospective 'predictors' in all cases

involved the 12 above-mentioned principal components. Their sifting by using stepwise regression was carried out by multiple correlation coefficients.

It is shown that real fields of atmospheric pressure anomalies coincide well with the model fields.

The results of the study allow to conclude that the El Niño–La Niña phenomenon impacts strictly the pattern of atmospheric pressure fields in middle and high latitudes of the Southern Atlantic Ocean and adjacent lands. Particularly, the El Niño results in the positive anomalies (versus the long-term annual values) of the pressure fields; on the contrary, the La Niña causes the negative anomalies. Apparently, these patterns can be described by changes of cyclonic activity owing to the El Niño–La Niña alteration in the western sector of the Southern Hemisphere.

**Keywords:** anomalies, atmospheric pressure, surface temperature, Rossby waves, regression equation