

УДК 551.588

ТЕРРИТОРИАЛЬНАЯ ДЕКОМПОЗИЦИЯ РИТМИКИ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ПОЛЕЙ ЕВРАЗИИ

© 2013 Ю.Б. Кирста, Н.Ю. Курепина, О.В. Ловцкая

Институт водных и экологических проблем СО РАН, г. Барнаул

Поступила в редакцию 07.05.2013

Предложен метод регионализации климата, обеспечивающий декомпозицию континентальных метеорологических полей приземных температур воздуха и осадков. Метод учитывает региональное резонансное воздействие океанических течений, многолетней ритмики развития растительности и антропогенной деятельности на межгодовую динамику метеорологических характеристик. Данное воздействие оценивается через критерий резонанса, который характеризует совокупное влияние на атмосферные процессы всех внешних по отношению к ним ритмических факторов. С привлечением значений этого критерия осуществлена декомпозиция полей температур и осадков Евразии. Указаны возможные причины полученных региональных особенностей климата.

Ключевые слова: климат, метеорологические поля, декомпозиция, температура, осадки, Евразия

Анализ и прогноз региональных проявлений глобальных климатических изменений представляют собой фундаментальную проблему современной климатологии. Ее важным аспектом являются вариации климата, вызванные вынуждающими внешними, в том числе антропогенными воздействиями на атмосферу периодического и квазипериодического характера. В данном исследовании предполагается, что ритмическое влияние на региональные атмосферные процессы определяется преимущественно 3 меняющимися факторами земной поверхности. К первому относится воздействие океанических течений, например, Гольфстрима. Как известно, теплообмен между океаном и атмосферой обуславливает долгопериодные колебания температуры и влажности воздуха из-за большой теплоемкости вовлеченных в такое взаимодействие океанических водных масс [1]. Второй фактор представляет собой ритмическое развитие естественных растительных сообществ, многолетние сукцессионные смены, которые влияют на отражательную способность растительного покрова, а значит, и альbedo подстилающей поверхности Земли. Это ведет к долгопериодным изменениям теплового баланса атмосферы, равно как температуры приземного слоя воздуха и осадков [2, 3]. Отметим, что именно растения в качестве

«биологического насоса» обеспечивают проникновение влаги океанов вглубь континентов [4]. К третьему фактору следует отнести промышленную и сельскохозяйственную деятельность человека. В результате развития промышленности возрастает выброс парниковых газов, ведущих к постоянному сдвигу теплового баланса атмосферы с сопутствующими долгопериодными изменениями метеорологических характеристик. К регулярным вариациям альbedo земной поверхности и теплового баланса атмосферы ведут многолетние севообороты сельскохозяйственных полей, осуществляемые для поддержания плодородия почв. В целом же воздействие на атмосферу регулярно меняющихся условий подстилающей поверхности можно охарактеризовать как вынужденные колебания и параметрический резонанс динамических систем, хорошо известный в физике.

Можно ожидать, что влияние рассмотренных факторов подстилающей поверхности будет охватывать приземную толщу атмосферы на больших территориях. Первые попытки оценить подобное единообразие / синхронность метеорологических полей относятся еще к середине прошлого столетия [5, 6]. Проведенный нами анализ показал наличие искомой синхронности, причем оказалось, что традиционное описание многолетних изменений температур воздуха и осадков через ежегодное изменение их месячных значений на определенную величину не является адекватным. Все изменения температур и осадков целесообразно представлять в процентах от их среднемноголетних месячных значений [2, 7, 8]. При этом многолетняя динамика этих метеорологических характеристик оказывается

Кирста Юрий Богданович, доктор биологических наук, главный научный сотрудник. E-mail: kirsta@iwep.ru

Курепина Надежда Юрьевна, кандидат географических наук, научный сотрудник, E-mail: kurepina@iwep.ru

Ловцкая Ольга Вольфовна, старший научный сотрудник. E-mail: lov@iwep.ru

единообразной во времени на больших пространствах и слабо зависит от орографической и климатической неоднородности территории.

Исходные данные и методы исследования. Для декомпозиции континентальных метеорологических полей целесообразно использовать данные климатического реанализа, который искажает результаты первичных наблюдений при их интерполяции. Учитывая это, для проводимых оценок межгодовой динамики температур воздуха и осадков была взята база климатических данных FAOCLIM-2, которая опубликована агрометеорологической группой FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations, [9]). Дополнительная проверка базы FAOCLIM-2 по температурам показала их достаточную достоверность – проверяемые значения совпали с имеющимися в отечественной климатической базе Всероссийского научно-исследовательского института гидрометеорологической информации (Мировой центр данных, <http://www.meteo.ru/climate/temp.php>). Получено хорошее совпадение и с массивами климатических характеристик, предоставляемыми NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration, National Climatic Data Center <http://www.ncdc.noaa.gov/ghcnm/v3.php>). Худшие результаты дала проверка по осадкам из-за накопления случайных ошибок в их годовых суммах. В базе данных FAOCLIM-2 для каждой из 28106 метеостанций мира указаны ее координаты, высота над уровнем моря, страна и среднемесячные климатические данные за длительные периоды наблюдений. Данные доступны в формате Microsoft Access, что позволяет использовать их без дополнительных преобразований. Выбираемые для исследований метеостанции Евразии должны были удовлетворять определенным условиям, что в итоге привело к заметной неравномерности их распределения по площади континента и обусловленной этим погрешности проводимых оценок.

Были приняты следующие требования по выбору метеостанций Евразии из FAOCLIM-2, данные которых затем использовались в расчетах:

- длина ряда наблюдений должна составлять не менее 33 лет, отвечающих природно-антропогенному циклу климатических изменений [2];
- в рядах данных должны отсутствовать пропуски отдельных лет.

Полученные итоговые файлы с годовыми температурами и осадками составили несколько десятков тысяч записей. Для их математической обработки использовался пакет прикладных программ для решения задач технических вычислений MATLAB. Для визуализации уровней

синхронизма метеорологических полей и оценки влияния на них физико-географических и антропогенных факторов исследуемой территории применялась лицензионная ГИС-платформа ESRI ArcGIS Desktop 10.0 конфигурации ArcEditor с дополнительными модулями Spatial Analyst и 3D Analyst.

Территориальная декомпозиция ритмики метеорологических полей. Для оценки синхронизма метеорологических полей необходим критерий, который бы адекватно отражал интегральный эффект вынуждающих мультирезонансных природно-антропогенных воздействий на атмосферные процессы. Для учета длительного характера изменений последних такой критерий резонанса должен представлять собой определенную статистическую характеристику многолетней региональной динамики климатических факторов. При статистических оценках в большинстве случаев прямо или косвенно используется среднее значение переменных. Среднее значение для температур и осадков нестабильно и меняется в зависимости от выбора периода осреднения. Для решения этой проблемы нами предлагается учитывать непосредственно периоды последовательного возрастания или убывания значений метеорологического фактора. Такие периоды, очевидно, уже не зависят от указанных средних.

Ранее нами был предложен показатель резонанса, рассматривающий отдельные серии относительных изменений климатических характеристик с последовательно возрастающими или убывающими значениями [2, 3]. При этом каждому году в таких сериях присваивался собственный порядковый номер 1, 2, 3, 4, ..., названный тенденцией. Показатель резонанса рассчитывался по тенденциям как нормированная информация Шеннона. Выяснилось, что он имеет высокую чувствительность к характеру многолетней динамики метеорологических факторов, и его целесообразно использовать лишь при уточнении уже полученной в общих чертах декомпозиции метеорологических полей.

Для основной декомпозиции метеорологических полей целесообразнее взять менее чувствительный критерий резонанса. Для его расчета используются до 10 периодов, выделяемых в рядах данных [2, 10]:

- с нулевой продолжительностью, которые отвечают году начала 33-летних фаз вековых климатических циклов;
- двухлетние, отвечающие последовательному нарастанию/убыванию годовых климатических характеристик и охватывающие два подряд идущих года с тенденциями 1 и 2 соответственно;

- трехлетние, охватывающие три подряд идущих года с тенденциями 1, 2, 3;
- при наличии лет с тенденциями 4, 5, ..., 10 для конкретных метеостанций следует также учитывать четырех-, пяти-, ..., десятилетние периоды.

Расчет критерия резонанса (K) ведется по двум элементам: (а) средней продолжительности периодов нарастания/убывания климатической характеристики и (б) 33-летней продолжительности фазы векового цикла. При этом используется выражение для нормированной информации Шеннона:

$$K = - \frac{\sum_{k=1}^l p_k \times \ln p_k}{\ln l}, \quad (1)$$

где l – число элементов; p_k – долевой вклад элемента k в сумме элементов (в сумме двух указанных продолжительностей), $\sum_{k=1}^l p_k = 1$.

Для расчета критерия K в (1) была разработана специальная программа в среде MATLAB. С ее помощью из базы данных FAOCLIM-2 по континенту Евразия выбирались метеостанции с длиной рядов наблюдений не менее 33-х лет, соответствующим образом исключались пропуски в наблюдениях и затем отдельно для среднегодовых температур и годовых осадков по каждой метеостанции определялись искомые значения K . Выше уже указывалось, что для снижения погрешности оценок K у пространственно распределенных атмосферных процессов и последующей декомпозиции ритмики метеорологических полей целесообразно использовать непосредственно данные наблюдений без их дополнительной обработки и сведения к регулярной пространственной сетке. Для этого же выбирались и достаточно длинные ряды непрерывных наблюдений, поскольку при коротких рядах невозможно оценить с достаточной точностью значения входящих в выражение (1) элементов, а значит, и сам критерий K .

На рис. 1 и 2 представлены карты декомпозиции ритмики метеорологических полей, полученные средствами ArcGIS для температур и осадков Евразии. При их картографическом моделировании использовался метод обратно взвешенных расстояний, параметры которого подбирались эмпирическим путем. С целью уменьшения влияния на результаты неравномерности расположения метеостанций по площади континента, а также возможных ошибок базы метеорологических данных выполнялось осреднение значений критерия резонанса K по 12 близлежащим метеостанциям в каждой точке континента. Из представленных карт декомпозиции

полей видно, что практически вся площадь континента занята значениями K , находящимися в диапазоне 0,29-0,31 со средним значением порядка 0,3. Последнее теоретически обусловлено совместным воздействием на атмосферу человека и растительности, определяющим появление вековых климатических циклов [2]. Отметим, что оно также близко к значению K , получаемому при нормальном распределении вероятностей для значений годовых климатических характеристик, хотя их реальное распределение часто отличается от нормального.

На рис. 1, который представляет декомпозицию температурного поля Евразии, легко прослеживаются районы влияния на атмосферу теплых океанических течений, омывающих Западную Европу (Гольфстрим) и Юго-Восточную Азию (течения тропического пояса). Длительные колебания температуры их водных масс формируют подобные долгопериодные изменения температуры воздуха, поступающего с океана на континенты [1], что выражается в возрастании значений критерия резонанса K . Декомпозиция ритмики поля осадков (рис. 2) отличается от декомпозиции температур. В Западной Европе по-прежнему проявляется влияние Гольфстрима, и зоны сельскохозяйственной деятельности имеют увеличенные значения критерия K . В центральной части континента также присутствуют зоны с увеличенной степенью резонанса, определяемой, видимо, теми же причинами, которые привели к современному высыханию Аральского моря. В Юго-Восточной Азии следует отметить значительно меньшее влияния течений тропического пояса, что может быть связано с относительно слабой зависимостью осадков от насыщенности воздуха влагой в этом регионе. В целом для среднегодовых температур воздуха и годовых осадков (рис. 1, 2) отмечается слабая связь многолетней ритмики их метеорологических полей с природно-климатическими зонами, что имело место и для горных территорий [8].

Выводы:

1. Предложен критерий, характеризующий совокупное воздействие многолетней ритмики факторов среды на региональную динамику метеорологических полей.

2. С помощью предложенного критерия резонанса разработан метод территориальной декомпозиции континентальных метеорологических полей, позволяющий оценить уровень синхронизма в ритмике последних.

3. На примере континента Евразия выполнена декомпозиция полей приземных температур воздуха и осадков. Она имеет достаточно сложный характер с прослеживанием влияния океанических течений, человеческой деятельности и других факторов среды.

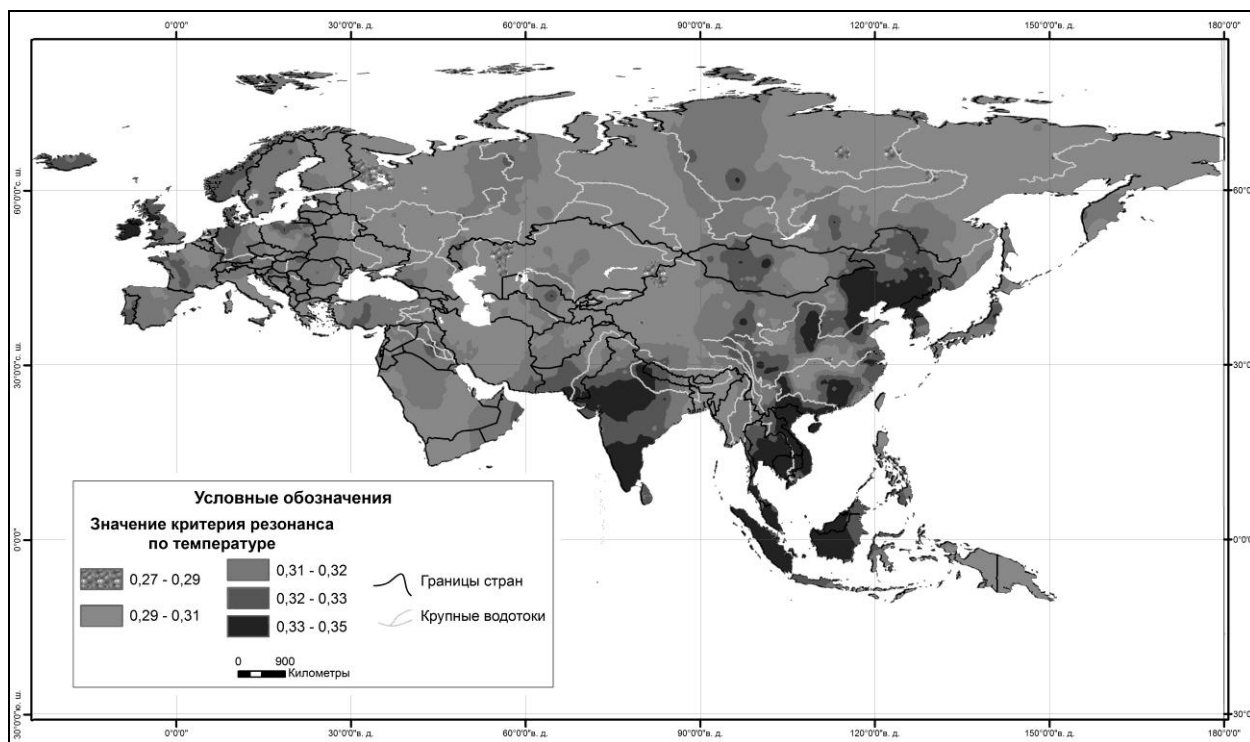


Рис. 1. Декомпозиция ритмики температурного поля Евразии

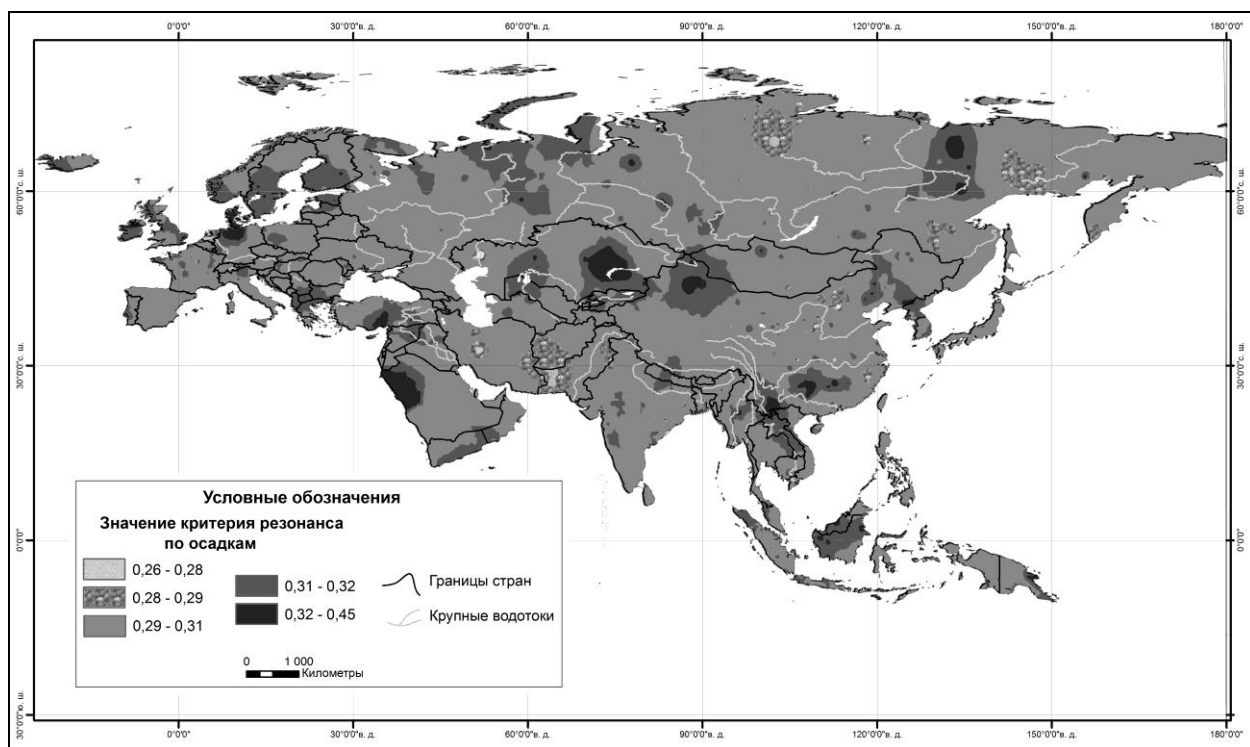


Рис. 2. Декомпозиция ритмики поля осадков Евразии

Работа выполнена в рамках междисциплинарного интеграционного проекта №70 фундаментальных исследований СО РАН на 2012-2014 гг.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Шерстюков, Б.Г. Роль океана в колебаниях климата атмосферы / Б.Г. Шерстюков, Р.С. Салугашвили // Мат-лы конф. «Использование
2. Кирста, Ю.Б. Информационно-физический закон построения эволюционных систем. Системно-аналитическое моделирование экосистем / Ю.Б. средств и ресурсов Единой государственной системы информации об обстановке в Мировом океане для информационного обеспечения морской деятельности в Российской Федерации» (ЕСИМО-2012) 24-28 сентября 2012 года. – Обнинск: ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД», 2012. С. 322-332.

- Кирста, Б.Ю. Кирста.* – Барнаул: Изд-во Алт. гос. ун-та, 2009. 270 с.
3. *Кирста, Ю.Б.* О резонансном воздействии экологических и антропогенных систем на региональную динамику метеорологических полей / *Ю.Б. Кирста, О.В. Ловцкая, Н.Ю. Курепина* // Контроль окружающей среды и климата «КОСК-2012»: Материалы симпозиума. VIII Всероссийский симпозиум (с привлечением иностранных ученых), Томск, 1-3 октября 2012 г. – Томск: Аграф-Пресс, 2012. С. 115-116.
 4. *Makarieva, A.M.* Biotic pump of atmospheric moisture as driver of the hydrological cycle on land / *A.M. Makarieva, V.G. Gorshkov* // *Hydrol. Earth Syst. Sci.* 2007. Vol. 11. P. 1013-1033.
 5. *Дроздов, О.А.* Теория интерполяции в стохастическом поле метеорологических элементов и ее применение к вопросам метеорологических карт и рационализации сети / *О.А. Дроздов, А.А. Шепелевский* // Труды НИУ ГУГМС. 1946. Сер. I, вып. 13. С. 65-115.
 6. *Гандин, Л.С.* Статистические методы интерпретации метеоданных / *Л.С. Гандин, Р.Л. Каган.* – Л.: Гидрометеиздат, 1976. 360 с.
 7. *Kirsta, Yu.B.* System-analytical modeling – Part II: Wheat biotime run and yield formation. Agroclimatic potential, Le Chatelier principle, changes in agroclimatic potential and climate in Russia and the U.S. // *Ecol. Modelling.* 2006. Vol. 191. P. 331-345.
 8. *Кирста, Ю.Б.* Пространственное обобщение климатических характеристик для горных территорий // *Мир науки, культуры, образования.* 2011. № 3 (28). С. 330-337.
 9. FAOCLIM: Agroclimatic database and software – Rome, Italy: FAO, 2002, faoclim.software.informer.com (электронный ресурс).
 10. *Kirsta, Yu.B.* Information-hierarchical organization of natural systems II: Futures of Man-Biosphere Interactions and Climate Control / *Yu.B. Kirsta, V.Yu. Kirsta* // *World Futures.* 2010. Vol. 66 (8), P. 537-556.

TERRITORIAL DECOMPOSITION OF RHYTHMICS OF EURASIA METEOROLOGICAL FIELDS

© 2013 Yu.B. Kirsta, N.Yu. Kurepina, O.V. Lovtskaya

Institute for Water and Ecological Problems SB RAS, Barnaul

The method for climate regionalization that provides decomposing continental meteorological fields of surface air temperature and precipitation is proposed. The method takes into account the regional resonant effect of ocean currents, long-term rhythms of vegetation and human activities on the dynamics of inter-annual meteorological characteristics. This impact is assessed through the resonance criterion that characterizes the cumulative effect on atmospheric processes of all external to them rhythmic factors. Decomposition of temperature and precipitation fields of Eurasia was made with the involvement of the criterion values. Probable reasons for obtaining the regional climate characteristics are specified.

Key words: *climate, meteorological fields, decomposition, temperature, precipitation, Eurasia*

Yuriy Kirsta, Doctor of Biology, Main Research Fellow.

E-mail: kirsta@iwep.ru

Nadezhda Kurepina, Candidate of Geography, Research Fellow. E-mail: kurepina@iwep.ru

Olga Lovtskaya, Senior Research Fellow. E-mail: lov@iwep.ru