

Седов В.Е.

Кандидат географических наук, старший научный сотрудник

# ОЦЕНКА ДОЛИ И ГОДОВОЙ АМПЛИТУДЫ АДДИТИВНЫХ СЕЗОННЫХ КОМПОНЕНТ ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ ПРИЗЕМНОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА 30-ТИ ПУНКТОВ НАБЛЮДЕНИЙ РФ ЗА 120-ЛЕТНИЙ ПЕРИОД

Аннотация

Анализируется годовой цикл приземной температуры воздуха на основе аддитивных сезонных компонент, восстановленных из временных рядов

30-ти пунктов наблюдений РФ за 120 летний период. Рассмотрена доля компонент, годовая амплитуда температуры воздуха и временной ход температуры сезонных компонент в среднем по ЕТР, РФ, Сибири и Дальнего Востока с учетом прогноза.

**Ключевые слова:** Амплитуда, доля, климат, компонента, температура

Sedov V.E.

PhD in Geography, Senior researcher.

## SHARE AND ANNUAL AMPLITUDE OF ADDITIVE SEASONAL COMPONENT SURFACE AIR TEMPERATURE TIME SERIES 30 OBSERVATION POINTS OF RUSSIA 120-YEAR PERIOD

Abstract

Analyses the annual cycle in surface air temperature based on additive seasonal component, recovered from a 30-minute time series observation of Russia for 120 years. Considered the share component, annual amplitude of temperature and temporal temperature average component of the ETR, Russia, Siberia and the far East, taking into account the forecast.

**Keywords:** Amplitude, share, climate, component, temperature.

**В** Российской Федерации (РФ), как и везде на Земном шаре севернее или южнее тропического пояса, основным процессом климатической системы (КС) является, как известно, 12-ти месячный сезонный цикл, обусловленный годовым ходом поступающей инсоляции, зависящий от широты местности. Разные гидрометеорологические элементы, в том числе атмосферная циркуляция, циклоническая деятельность, тепловой и водный обмен с Мировым океаном и др. в годовом цикле имеют свои особенности. А такой элемент, как температура воздуха, считается ключевым для характеристики климата. На сезонный цикл накладываются слабо предсказуемые квазициклические процессы, обусловленные различными естественными и антропогенными факторами, детально рассмотренными во многих работах, например [1,2,3,4, 6,12], гидрометеорологические параметры разных сезонов не такие, как если бы они зависели только от солнечной радиации.

В данной работе годовая сезонная периодичность была восстановлена из исходных временных рядов (ВР) 30-ти станций РФ за 1893-2012 годы, а затем исследовалась на основе двух взаимозависимых переменных: доли (%) и годовой амплитуды температуры воздуха ( $^{\circ}\text{C}$ ).

**Вычисление переменных выполнялось** современным методом сингулярного спектрального анализа (Singular Spectrum Analysis Catepillar SSA, в России называется “Гусеница”) [10,11], по алгоритму которого разработана довольно эффективная программа [13], которой автор пользовался ранее при исследовании климата Москвы. [8].

Можно кратко напомнить, что базовый алгоритм состоит из двух этапов:

1) разложения и 2) восстановления, включающих, в свою очередь, несколько шагов. На первом шаге этапа разложения, называемым «вложение», ВР из  $N$  значений раскладывается в последовательность скользящих векторов (временных рядов) с длиной окна, равной  $L$ , в результате чего образуется

$K = N - L + 1$  векторов вложения, которые становятся столбцами траекторной матрицы  $X$  размером  $L \times K$ . На втором шаге – сингулярного разложения траекторной матрицы происходит транспонирование матрицы  $X$ , а затем перемножение их, которое образует новую матрицу.

$$S = X X^T \quad (1)$$

В матрице  $S$ , с помощью специального алгоритма, находятся собственные числа  $\lambda$ , взятые в неубывающем порядке,

$$(\lambda_1 \geq \lambda_2 \geq \dots \geq \lambda_L \geq 0), \quad (2)$$

ортонормированная система собственных векторов  $U_1, \dots, U_L$  матрицы  $S$  и факторные векторы  $V_1, \dots, V_d$ ,

$$\text{где} \quad V_i = X^T U_i / \sqrt{(\lambda)_i}, \quad (3)$$

$i = 1, 2, \dots, d$ , образуя, собственные тройки, каждая, из которых включает собственный вектор  $U$ , собственное число  $\lambda$  и факторный вектор  $V$ . Количество троек равно  $K$ . Тогда сингулярное разложение матрицы  $X$  может быть записано как

$$X = X_1 + \dots + X_d, \text{ где } X_i = U_i \sqrt{(\lambda)_i} V_i^T. \quad (4)$$

Каждая их матриц  $X_i$  имеет ранг 1, т.е. один собственный вектор, одно собственное число и один факторный вектор (эти три переменные матриц называются условно “тройка”). На этапе разложения производится также вычисление периодограммы в каждом скользящем векторе и последующее их усреднение по “ $K$ ” векторам.

Этап восстановления состоит из двух шагов: шаг 3 – группировка или отбор троек с целью восстановления заданных аддитивных компонент (составляющих) для их самостоятельного исследования и, если нужно, продолжения (прогноза); – 4-й шаг – это диагональное усреднение значений сингулярной матрицы, заканчивающийся восстановлением ряда на основе отобранных троек и вычислением аппроксимирующего ряда.

В результате сингулярного разложения и последующего восстановления, ВР становится математической моделью, с возможностью его разделения на компоненты. Восстановленный ВР управляется линейной рекуррентной формулой, и он может быть продолжен на любое число точек ВР.

Сезонная составляющая, как 12-ти месячная периодичность вычисляется в виде суммы константы и шести гармоник из выражения 5

$$T(n) = c_0 + \sum_{k=1} C_k \cos(2\pi nk/12) + \phi_k + C_6 \cos(\pi n) \quad (5)$$

где  $T(n)$  значение температуры СК в точке ряда  $n$ ,

$\pi$  – число  $\pi$ ,  $C_k$  и  $\phi_k$  – произвольные константы. При условии  $C_k \neq 0$ , для  $k = 0 \dots 5$  ряд имеет размерность 12.

**В качестве исходных данных** были использованы ряды средних месячных значений приземной температуры воздуха (в °С) инструментальных наблюдений 30-ти репрезентативных метеорологических станций РФ за 120 лет. Название станций с их географическими координатами приводится в табл.1. При восстановлении сезонных компонент двумерные матрицы данных автором статьи были транспонированы в одномерные последовательные временные ряды  $T(Y)$ , где  $Y = N \times 12$ .

**Для общей характеристики** сезонных компонент, отметим следующее.

В среднем по Земному Шару доля и амплитуда СК определяются широтным кругом с максимумом на полюсе и минимумом на экваторе [5]. Важными факторами изменчивости доли и амплитуды являются удаленность места наблюдений от океана (моря), центра действия атмосферы. Влияет на изменчивость инерционность КС [10].

Восстановление СК, если она зафиксирована в файле ВР, выполняется для любого значения окна при  $L \geq 12$ . Но для более точного восстановления СК значение  $L$  должно быть кратно 12-ти. Вид СК зависит от величины “ $L$ ”: чем больше значение  $L$ , тем большую сглаженность имеет ряд СК.

В данной работе анализируются средние параметры упомянутых переменных за рассматриваемый период наблюдений, рассчитанные с окнами  $L=N/2$ .

**Значение доли** СК (далее просто доля) определялось на шаге группировки до восстановления компоненты. Как показали расчеты, в зависимости от “ $L$ ” доля СК изменяется незначительно. Например, по станции Москва для

$L = 60, 120, 360, 720$  доля, соответственно, равна 77.21, 77.30, 77.62 и 77.86%. т.е. вычисления статистически надежны.

Полученные, с окном  $L=N/2$ , средние доли СК по 30 пунктам наблюдений РФ, в порядке возрастания их географической долготы, приводятся в табл.1 для трех временных интервалов: -за весь 120-летний период наблюдений (колонка 3.1), -за первое 30-летие ряда 1893-1922 (к. 4.1) и -30-летие за 1983-2012 (к. 5.1). Данные табл.1 показывают, что доли в пунктах наблюдений существенно различаются в довольно широком диапазоне. Можно отметить, что расчетные данные неплохо согласуются с общими закономерностями, отмеченными выше, т.е. наблюдается уменьшение доли от высоких широт к низким широтам и увеличение с запада на восток. Например, на станциях Онега и Сочи, расположенных примерно на одинаковой географической долготе, но на  $20.1^\circ$  с разницей в широте, значение доли на станции Онега на 80% больше, чем в Сочи. Правда, в Сочи более “мористый” климат, за счет чего доля также уменьшилась. Но все равно, это подтверждает правильность расчетов доли с помощью метода “Гусеница”.

Средняя доля по 30 станциям РФ составляет 77, 7%. В 21 пунктах (18 из них ЕТР) доля уменьшается, а в 9 пунктах наоборот, возрастает. В широтном поясе от  $50$  до  $60^\circ$  с. ш. в среднем градиент доли равен  $5.8\%/10^\circ$ . Южнее  $50^\circ$  с.ш. доля СК уменьшается до 15.4% (Сочи). В Западной Сибири доля СК увеличивается до 92,7% (Екатеринбург), достигая максимума на востоке Сибири (в Иркутске.) до 96.8%. Далее на восток доля уменьшается до 82.8% (Владивосток). В субарктических широтах Сибири доля СК также высокая.

Рассчитанные доли в первом и последнем 30-летии показывают, что во временном ходе доля СК под влиянием разных факторов изменяется.

За 120-летний период доля убывает на двадцати одной станции, в среднем, на 4%, в том по ЕТР – 4.7%, Сибири и Дальнего Востока – 2.9%. Но на семи станциях Сибири и Дальнего Востока доля наоборот возрастает на 2.1%. Различие в географической широте в пределах РФ не всегда является определяющим. Например, ст. Махачкала расположена южнее станции Сочи на  $0.48$  ш., но доля СК в Сочи на 19.5% меньше, чем в Махачкале.

**Годовая амплитуда** приземной температуры воздуха является важной характеристикой климата. По годовой амплитуде температуры с помощью разных алгоритмов [7] могут вычисляться индексы “континентальности” климата в пункте наблюдения. Это обстоятельство и учитывалось при выборе переменной для анализа.

СК вычислена, как разность средних месячных значений температуры июля и января. Рассчитанные значения амплитуды (далее амплитуды) приведены в табл.1. Данные показывают, что амплитуда температуры СК, по 30-ти пунктам наблюдений, вносит основной вклад в общий годовой ход параметра. Также как и доля, амплитуда СК вычислялась за весь период наблюдений, и для определения тенденции – за первое и последнее 30-летие.

Сопоставление годовой амплитуды СК с амплитудой фактических данных (колонке 3.3), показывает, что амплитуда СК является определяющей характеристикой. В среднем отношение амплитуды СК к общей амплитуде составляет 99.17%. Но в 12 случаях из 30, амплитуда СК превышает общую амплитуду. Это означает, что амплитуда СК не всегда обусловлена значением доли.

**Таблица 1– Значения доли (%) и амплитуды (°C) сезонных компонент по 30 станциям РФ**

1-Название метеорологической станции, 2.1- географическая широта и 2.2- долгота в градусах; 3.1-доля СК и 3.2- амплитуда всего ряда (1893-2012гг, 3.3- отношение амплитуды СК к амплитуде фактической; 4.1-доля и амплитуда первого 30-летия (1893- 1922 гг); 5.1- доля и 5.2- амплитуда последнего 30-летия (1983-2012 гг; 6.1- разность значений колонок 4.1 и 5.1; 6.2-разность значений колонок 4.2 и 5.2

1	2.1	2.2	3.1	3.2	3.3	4.1	4.2	5.1	5.2	6.1	6.2		
1.Калининград	54.7	20.6	48.2	20.4	100.5	47.2	20.9	41.2	20.0	-6.0	-0.9		
2.С-Петербург	60	30.3	73.4	25.1	89.5	76.6	25.4	64.6	24.4	-12.0	-1		
3.Севастополь	44.7	33.6	24.2	19.3	99.2	24.9	19.7	24.1	18.8	-0.8	0.9		
4.Москва	55.8	37.6	77.9	26.8	97.8	84.1	27.2	68.2	26.0	-15.9	-2		
5.Онега	63.9	38.1	95.4	37.0	100.0	95.7	37.8	94.2	35.9	-1.5	-1.9		
6.Сочи	43.6	39.8	15.4	16.7	94.4	15.2	16.6	16.2	16.7	1.0	0.1		
7.Архангельск	65	40.7	90.5	27.6	96.6	92.0	27.2	90.5	28.8	-1.5	1.6		
8.Заметчно	53.5	42.6	81.5	31.2	103.1	83.5	32.0	74.3	30.0	-9.2	-2		
9.Тотьма	59.9	42.8	89.2	29.0	97.8	91.0	29.2	87.5	28.6	-3.5	-0.6		
10.Волгоград	48.7	4.5	67.4	33.2	102.2	67.9	34.8	67.6	31.2	-0.3	-3.6		
11.Махачкала	42.8	47.6	34.9	24.8	100.4	36.0	25.1	32.7	24.2	-3.3	-0.9		
12.Астрахань	46.3	47.9	56.0	31.6	101.5	56.7	32.4	49.3	30.3	-7.4	-2.1		
13.Казань	55.6	49.3	87.7	32.8	102.2	88.3	33.6	81.4	31.4	-6.9	-2.2		
14.Ориенбург	51.7	55.1	86.5	37.5	104.2	88.5	38.2	81.1	35.8	-7.4	-2.4		
15.Троицко-Печерск	62.7	56.2	92.3	32.6	96.7	92.0	33.0	92.7	32.3	0.7	-0.7		
16.Бисер	58.5	58.9	95.1	32.4	99.4	94.9	32.8	94.2	31.8	-0.7	-1.0		
17.Екатеринбург	56.8	60.6	92.7	32.6	99.6	95.2	33.4	88.2	31.6	-7.0	-1.8		
18.Верхотурье	58.9	60.8	93.8	33.8	99.6	95.3	34.3	92.6	33.2	-2.7	-1.1		
19.Салехард	66.5	66.5	77.4	36.8	97.0	76.4	36.6	79.3	37.4	2.9	0.8		
20.Барнаул	53.3	83.5	94.1	37.8	102.4	95.5	38.5	91.2	36.0	-4.3	-2.5		
21.Туруханск	65.8	87.9	79.1	42.0	98.1	78.0	42.2	81.0	41.8	3.0	-0.4		
22.Енисейск	58.4	92.2	93.3	39.8	99.0	93.1	40.3	94.2	39.0	1.1	-1.3		
23.Иркутск	52.3	104.3	96.8	37.4	99.2	96.4	39.1	95.9	35.4	-0.3	-3.7		
24.Нерчински 3-д	51.3	119.6	94.2	46.2	100.4	94.0	47.7	95.9	44.6	1.9	-3.1		
25.Якутск	62	129.7	80.9	61.1	101.2	79.8	61.6	84.5	60.0	4.7	-1.6		
26.Владивосток	43.1	131.9	82.8	31.7	94.7	80.6	31.7	77.9	29.3	-2.9	-2.4		
27.Верхоянск	67.6	133.4	68.3	64.4	109.3	67.7	65.2	70.7	63.3	3.0	-1.9		
28.Никол-ск на Амуре	53.2	140.7	94.6	39.4	99.2	94.0	39.4	95.1	38.8	1.7	-0.6		
29.Алек-ск Саха-ий	50.9	142.2	96.2	32.9	95.3	95.8	32.9	92.2	31.8	-3.6	-1.1		
30.Корсаково	46.6	142.9	87.0	25.6	92.8	87.9	25.6	82.7	24.9	-5.2	-0.7		

Например, на станциях Калининград и Махачкала величина доли небольшая, а амплитуда СК превышает амплитуду фактических данных. Вероятно, это объясняется наличием во временных рядах больших положительных и отрицательных аномалий.

На ЕТР амплитуды изменяются от 16.7 °C (Сочи) до 33.2 °C (Волгоград). На станциях Сибири и Дальнего Востока, за исключением Корсаково, амплитуды превышают 30 °C с максимумом 64.7 °C в Верхоянске.

По временному ходу амплитуды даже без расчета индекса, можно судить о тенденции степени континентальности в пункте наблюдения. В нашем случае в 27-ми пунктов наблюдений амплитуды убывают от первого

30-летия к последнему 30-летию от -0.2 до -3.7 °C. Это означает, в этих регионах степень “континентальности” за рассматриваемый период в среднем уменьшилась. Исключение составляют лишь три пункта наблюдения (пункты 6,7,19), где годовая амплитуда температуры СК увеличивается и, следовательно, в этих регионах уровень климатической континентальности возрос.

**Для общей характеристики временного хода температуры СК на рис.1**

приводятся временные ряды за июль и январь в среднем по ЕТР, РФ, Сибири и Дальнего Востока с учетом прогноза на 120 лет. Чтобы исключить высокочастотные климатические квазициклы, ряды рассчитаны для L= 120.

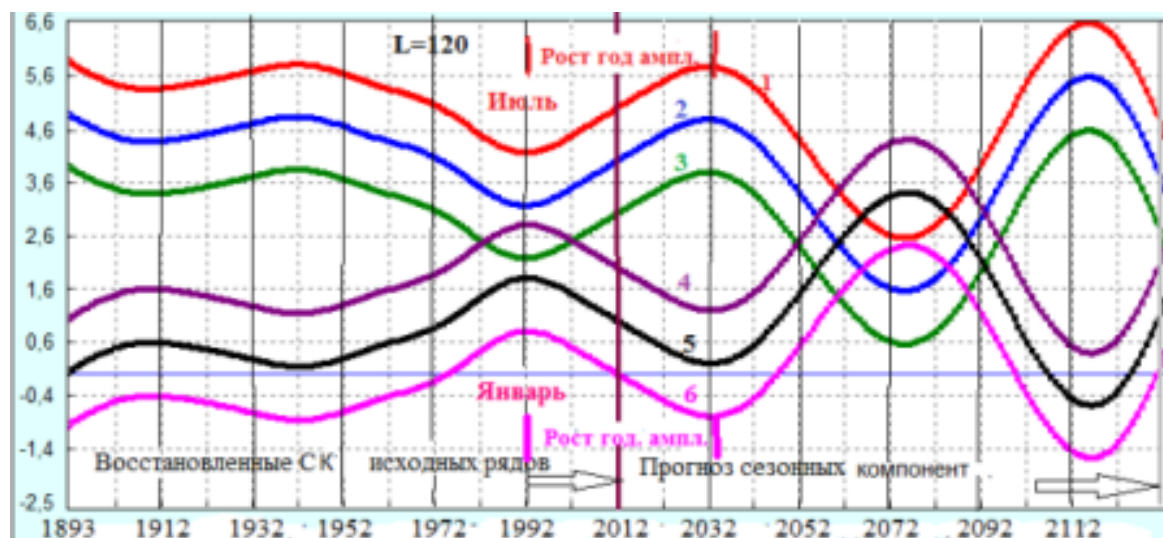


Рис. 1 – Временные ряды СК за июль и январь  
По ЕТР (1 и 4), РФ (2 и 5), Сибири и Дальнего востока (3 и 6)

В среднем за период 1940-1992 гг., как видно на рис. 1, температура сезонных компонент в июле падает, в январе растет т.е. годовая амплитуда СК уменьшается и, следовательно, степень “континентальности”, в этом случае, убывает. В среднем за период 1940-1992 гг., как видно на рис. 1, температура сезонных компонент в июле падает, в январе растет т.е. годовая амплитуда СК уменьшается и, следовательно, степень “континентальности”, в этом случае, убывает.

Далее, в отличие от среднего значения, годовая амплитуда температуры сезонной компоненты увеличивается, т.е. степень “континентальности” стала возрастать. Этот процесс согласно прогнозу будет продолжаться примерно до 2032 года.

**В заключение** отметим, восстановление сезонной компоненты в гидрометеорологических временных рядах, в особенности приземной температуры воздуха, как ключевого элемента, весьма важно для дополнительной характеристики климата, в том числе для определения тенденции степени “континентальности” климата региона или даже “геоклимата”.

Сезонная компонента годового климатического цикла под влиянием естественных и антропогенных факторов, так же, как и климатический процесс в целом, подвержена различной степени изменчивости, а наибольшую долю в эту изменчивость вносят естественные (внутренние и внешние) факторы. Вклад радиационных факторов в сезонном цикле, в зависимости от региона существенно различается. Наибольшая доля инсоляции в сезонном цикле наблюдается в центральной части Сибирского региона. Судя по прогнозу, настоящий период в РФ увеличивается годовая амплитуда температуры СК. А это свидетельствует о возрастании степени “континентальности” и этот процесс может продолжаться примерно до 2030 года.

#### Литература

1. Будыко М.И. Причины естественной изменчивости климата. –В книге Достижения в области гидрометеорологии и контроля природной среды. Л. Гидрометеоиздат, 1987. С 201-229.
2. Груза Г.В., Ранькова Э.Я. Оценка предстоящих изменений климата на Территории Российской Федерации. Метеорология и гидрология, 2009, № 11 с.15-29.
3. Гусакова М.А., Л.Н. Карлин. Оценка вклада парниковых газов, водяного пара и облачности в изменении глобальной приповерхностной температуры. Метеорология и Гидрология, -2013, № 3
4. Зверев И.И., С.К.Гулёв. Сезонность и нестационарность изменчивости Европейского климата в двадцатом веке. Доклады Академии Наук, 2007, том 416, № 5, с.1-4
5. Кислов А.В. Климат в прошлом, настоящем и будущем. –М.: Наука/Интерпериодика. 2010. -352 с.
6. Монин А.С. Д.М. Сонечкин. Колебания климата. –М. Наука. 2005.-192с
7. Российский Гидрометеорологический Энциклопедический словарь/Под ред. А.И. Бедрицкого. –СПб., Москва, Летний сад, 2008.-Т1 А-И.-336с.
8. Седов В.Е. О климатических колебаниях и тенденции климата современной Москвы. Метеорология и Гидрология. -2012, № 8.
9. Шерстюков Б.Г. Региональные и зональные закономерности изменений современного климата. –Обнинск: ГУ ВНИИГМИ-МЦД. 208. -246 с.
10. Elsner J., Tsonis A. Singular Spectrum Analysis. A New Tool in Time Series Analysis. New York: Plenum Press, 1996. 163 p
11. Golyandina N., Nekrutkin V., Zhigljavsky A. Analysis of Time Series Structure: SSA and Related Techniques. Boca Raton: Chapman & Hall/CRC. 2001. 305 p.
12. Oliver J.E., Hildreth J.J. Climatology. An atmospheric science. Prentice Hall. New Jersey. 2002. -410 p.
13. www.gistatgoup.com/gus/

#### References

1. Budyko M.I. Prichiny estestvennoj izmenchivosti klimata. –V knige Dostizhenija v oblasti gidrometeorologii i kontrolja prirodnoj sredy. L. Gidrometeoizdat, 1987. S 201-229.
2. Gruza G.V., Ran'kova Je.Ja. Ocenka predstojashhih izmenenij klimata na



- Territorii Rossijskoj Federacii. Meteorologija i gidrologija, 2009, № 11 s.15-29.
3. Gusakova M.A., L.N. Karlin. Ocenka vklada parnikovyh gazov, vodjanogo para i oblachnosti v izmenenii global'noj pripoverhnostnoj temperatury. Meteorologija i Gidrologija, -2013, № 3
  4. Zverev I.I., S.K.Gul'jov. Sezonnost' i nestacionarnost' izmenchivosti Evropejskogo klimata v dvadcatom veke. Doklady Akademii Nauk, 2007, tom 416, № 5, s.1-4
  5. Kislov A.V. Klimat v proshlom, nastojashhem i budushhem. -M.: Nauka/Interperiodika. 2010. -352 s.
  6. Monin A.S. D.M. Sonechkin. Kolebanija klimata. -M. Nauka. 2005.-192s
  7. Rossijskij Gidrometeorologicheskij Jenciklopedicheskij slovar'/Pod red. A.I. Bedrickogo. -SPb., Moskva, Letnij sad, 2008.-T1 A-I.-336s.
  8. Sedov V.E. O klimaticeskikh kolebanijah i tendencii klimata sovremennoj Moskvy. Meteorologija i Gidrologija. - 2012, № 8.
  9. Sherstjukov B.G. Regional'nye i zonal'nye zakonomernosti izmenenij sovremennogo klimata. -Obninsk: GU VNIIGMI-MCD. 208. -246 s.
  10. Elsner J., Tsonis A. Singular Spectrum Analysis. A New Tool in Time Series Analysis. New York: Plenum Press, 1996. 163 p
  11. Golyandina N., Nekrutkin V., Zhigljavsky A. Analysis of Time Series Structure: SSA and Related Techniques. Boca Raton: Chapman & Hall/CRC. 2001. 305 p.
  12. Oliver J.E.,Hidore J.J. Climatology. An atmomospheric science. Prentice Hall. New Jersey.2002.-410 p.
  13. www.gistatgoup.com/gus/

**Соколова Д.В.<sup>1</sup>, Кузьмин В.А.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Аспирант кафедры гидрогеологии и геодезии; <sup>2</sup>доктор технических наук, заведующий кафедрой геодезии и гидрогеологии, Российский государственный гидрометеорологический университет

# **ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ «MLCM2» ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ДОЖДЕВЫХ ПАВОДКОВ НА МАЛЫХ И СРЕДНИХ ВОДОСБОРАХ**

**Аннотация**

*В статье рассматривается разработанное в РГТМУ программное обеспечение, предназначенное для моделирования и прогнозирования стока на основе гидрологической модели MLCM2 (от англ. «Multi-Layer Conceptual Model, version 2» многослойная концептуальная модель, вторая версия). Программное обеспечение «MLCM2» отличается высокой эффективностью моделирования и прогнозирования дождевых паводков на малых водосборах, обладающих различной степенью гидрометеорологической изученности.*

**Ключевые слова:** прогнозирование, малый водосбор, дождевой паводок.

**Sokolova D.V.<sup>1</sup>, Kuzmin V.A.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Postgraduate student of the department of hydrogeology and geodesy; <sup>2</sup>PhD in Engineering, Head of the Department of Geodesy and hydrogeology, Russian State Hydrometeorological University

# **THE SOFTWARE «MLCM2» FOR FORECASTING RAIN FLOODS ON SMALL AND MEDIUM-SIZED WATERSHEDS**

**Abstract**

*In this paper, recently developed in RSHU new software based on the Multi-Layer Conceptual Model (MLCM2), which can be applied for the streamflow modelling and forecasting, is presented. This software is found very efficient in the flashfloods modelling and forecasting in small gauged, poorly gauged and ungauged catchments.*

**Keywords:** forecasting, small watershed, flash flood.

## **Введение**

Своевременное и безошибочное прогнозирование наводнений, вызываемых дождевыми паводками, является одной из наиболее актуальных задач, стоящих перед международным гидрологическим сообществом. В условиях изменяющегося климата использование существующих традиционных методов для расчёта и прогнозирования речного стока становится малоэффективным. Это происходит так же из-за переменной антропогенной нагрузки на речные водосборы и низкой плотности сети станций гидрометеорологического мониторинга.

Особую сложность представляет моделирование и прогнозирование дождевых паводков при сравнительно невысокой пространственно-временной дискретности наземных гидрометеорологических наблюдений. Для достижения этой цели в РГТМУ в рамках НИР «Автоматизированное прогнозирование опасных гидрологических процессов и явлений на малоизученных и неизученных водосборах Российской Федерации» была разработана современная технология прогнозирования дождевых паводков на неизученных и малоизученных (в метеорологическом и гидрологическом отношении) водосборах, основанная на использовании гидрологической модели MLCM2 [1].

## **Концептуальная гидрологическая модель MLCM2**

Гидрологическая модель MLCM2 – многослойная концептуальная модель, вторая версия) является моделью типа «осадки – сток» с гибкой структурой и высоким уровнем концептуализации. С технической точки зрения, при выполнении калибровки модели ее можно легко свести как к сравнительно простым моделям водосбора или руслового стока, так и к более сложным гидрогеологическим моделям, учитывающим гидравлические свойства почвогрунтов рассматриваемого водосбора.