

УДК 551.509.312+551.501.42

К ВОПРОСУ ОБОБЩЕНИЯ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ

С.В. Морозова, Е.А. Полянская, Г.А. Пужлякова, Л.М. Фетисова

Саратовский государственный университет,
кафедра метеорологии и климатологии

E-mail: kafmeteo@sgu.ru

В работе предлагается новый способ обобщения гидрометеорологической информации – на основе ранжирования матрицы евклидова расстояния выделение эталонного поля как наиболее информативного для данной совокупности. Определены эталонные поля давления в каждом месяце при экстремальных погодных условиях – резких перепадах средней суточной температуры воздуха и сильных осадках. Правильность объективного выделения эталонных полей подтверждена синоптическим анализом, что говорит о перспективности данного способа обобщения гидрометеорологической информации.

To the generalization of the hydrometeorological information

**S.V. Morozova, E.A. Polyanskaya, G.A. Puzhlyakova,
L.M. Fetisova**

The work suggests a new method of the generalization of the hydrometeorological information on the base of the matrix ranging of Euclidean space that is the singling out the standard field as mostly informative for the given totality. The authors have determined the standard pressure fields in each month in extreme weather condition, such as sudden changes of day night air temperature and heavy precipitation. The correctness of the objective singling out of the standard fields has been proved by the synoptic analysis that shows the perspective of the given method of the hydrometeorological information generalization.

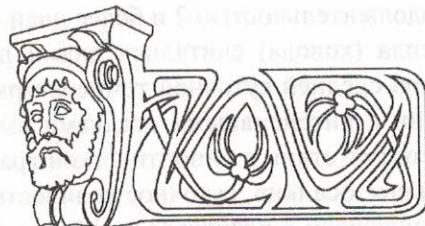
Обычно при обобщении гидрометеорологической информации, представленной не числовыми значениями, а полями распределения какого-либо метеорологического параметра (например, поле давления, поле температуры) применяют простое осреднение. В таком случае среднее поле рассчитывается по формуле

$$\bar{P}_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n P_{ij}, \quad (1)$$

где \bar{P}_i – среднее поле давления; P_{ij} – j-е поле давления; n – число полей, участвующих в осреднении.

Основной недостаток этой операции заключается в том, что при осреднении сглаживается и теряется значительная часть информации и получается искусственно созданное поле, никогда не наблюдаемое в природе и не подлежащее глубокому синоптическому анализу, который бывает необходим.

При составлении синоптических схем долгосрочных, а также и краткосрочных прогнозов пользоваться осредненными полями зачастую



затруднительно. Используя для прогноза тот или иной интервал осреднения (пентаду, декаду, месяц и т.д.), получаем прогноз аномалий температуры, осадков на соответствующий осреднению период, что не всегда удобно потребителю.

В данном исследовании авторами вместо среднего поля при математическом описании совокупности гидрометеорологических полей выделяется «эталонное» поле – конкретное гидрометеорологическое поле, обладающее наибольшей схожестью с остальными полями в данном множестве.

Эталонное поле подбирается по формуле евклидова расстояния (2), характеризующей степень сходства между объектами [1-3], которое в n-мерном пространстве определяется формулой

$$d(A, B) = \sqrt{\sum_{l=1}^n (a(l) - b(l))^2}, \quad (2)$$

где d – расстояние между гидрометеорологическими полями; $a(l)$ и $b(l)$ – значения метеовеличин в l-м узле регулярной сетки сравниваемых полей.

В этом случае принятая мера сходства характеризует наикратчайшее расстояние между гидрометеорологическими полями. За этalon принимается то поле, расстояние от которого до всех остальных полей наименьшее. Таким образом, эталоном является одно из фактических полей выборки, которое ближе по расстоянию ко всем остальным полям, и, следовательно, наилучшим образом описывает все поля, входящие в нее.

С применением такого подхода авторами выделены эталоны полей давления у поверхности земли, формирующие экстремальные погодные условия – резкие перепады средней суточной температуры воздуха и интенсивные осадки – на территории Саратовской области.

Резкие перепады средней суточной температуры воздуха определялись с помощью волн тепла и холода. Под волной тепла (холода) понималось повышение (понижение) средней су-



точной температуры воздуха не менее чем на 5°C продолжительностью 2 и более дней. Пики волн тепла (холода) считались днями резких перепадов средней суточной температуры воздуха. Дни с интенсивными осадками выбирались в соответствии с синоптической градацией «сильные осадки», суточное количество которых заключено в интервале от 14,5 до 49 мм [4]. Согласно датам, соответствующим дням резких перепадов средней суточной температуры воздуха и дням с интенсивными осадками, создавались выборки полей давления из архива, представленного ежедневными данными о давлении воздуха на уровне моря с 1986 по 2002 гг. на территории, ограниченной параллелями 40° и 70° с.ш. и меридианами 30° з.д. и 70° в.д., снятыми в узлах регулярной сетки с шагом по широте и долготе 5°. Причем для лучшего представления процесса потепления (похолодания) для каждой волны выбиралось по два поля – в день пика волны и в день, предшествующий ему. Для интенсивных осадков выбиралось одно поле, соответствующее дню их выпадения.

Выборка полей давления для каждого случая резких потеплений, похолоданий, интенсивных осадков, которые для каждого месяца представлялись в следующем виде:

$X = X(z) = (X(1), X(2), \dots, X(k))$, $1 < z < k$, где k – число выбранных полей; $X(k)$ – конкретное поле из архива, представленное в виде матрицы

$$X(k) = \begin{vmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_{m1} & x_{m2} & \dots & x_{mn} \end{vmatrix},$$

где x_{mn} – значение давления в узле регулярной сетки, m – число параллелей, n – число меридианов,

$$m = \overline{1,7}; \quad n = \overline{1,21}.$$

Для определения эталонных полей применен подход, основанный на статистической оценке минимальных расстояний между барических полями по формуле

$$C(i, p) = \frac{1}{q} \sqrt{\sum_{j=1}^q (x(i, j) - x(p, j))^2}, \quad (3)$$

$$i, p = 1, k;$$

$$q = 147,$$

Таблица 1

Матрица параметров близости (удаленности) барических полей волн тепла марта

Дата	Значения параметра $C(i, p)$								$\Sigma C(i, p)$	$S(i)$
	0,00	0,75	2,00	1,90	1,34	1,22	1,35	1,84		
06.03.86	0,00	0,75	2,00	1,90	1,34	1,22	1,35	1,84	10,4	1,30
07.03.86	0,75	0,00	1,55	1,47	0,96	1,16	1,05	1,30	8,2	1,03
03.03.87	2,00	1,55	0,00	0,56	1,90	2,11	0,84	0,74	9,7	1,21
04.03.87	1,90	1,47	0,56	0,00	1,82	2,03	0,73	0,74	9,3	1,16
20.03.90	1,34	0,96	1,90	1,82	0,00	0,80	1,55	1,57	9,9	1,25
21.03.90	1,22	1,16	2,11	2,03	0,80	0,00	1,79	1,88	11,0	1,37
24.03.91	1,35	1,05	0,84	0,73	1,55	1,79	0,00	0,60	7,9	0,99
25.03.91	1,84	1,30	0,74	0,74	1,57	1,88	0,60	0,00	8,7	1,08

Таблица 2

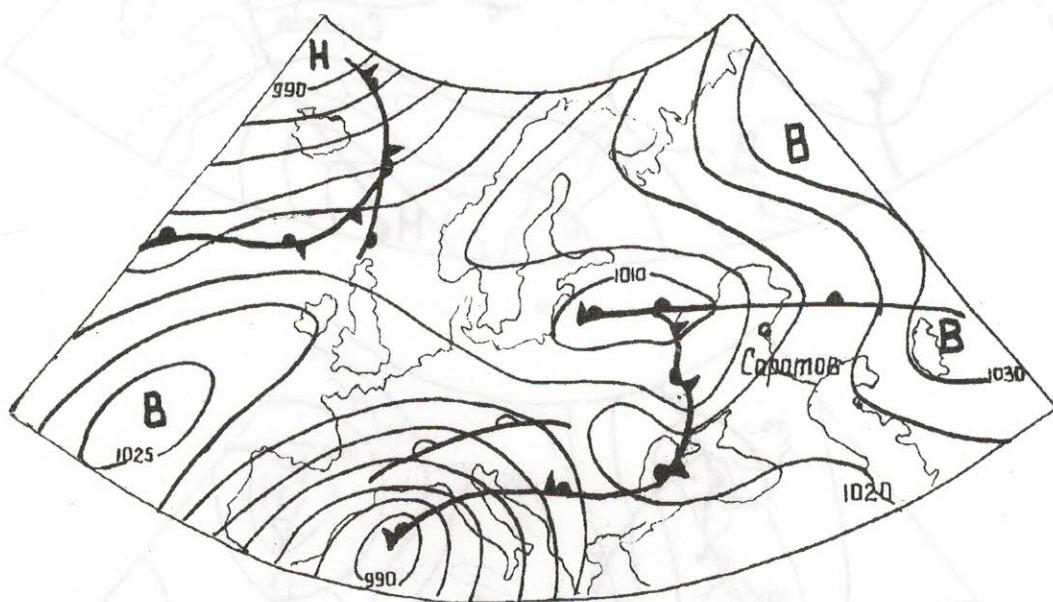
Матрица параметров близости (удаленности) барических полей интенсивных волн холода апреля

Дата	Значения параметра $C(i, p)$													$\Sigma C(i, p)$	$S(i)$	
	0,0	0,39	1,37	1,46	1,35	1,67	0,88	1,10	1,04	1,37	1,55	1,90	1,17	0,89		
04.05.86	0,0	0,39	1,37	1,46	1,35	1,67	0,88	1,10	1,04	1,37	1,55	1,90	1,17	0,89	16,1	1,15
08.04.86	0,39	0,0	1,40	1,48	1,36	1,65	0,92	1,14	1,10	1,44	1,62	1,97	1,24	0,94	16,7	1,19
18.04.86	1,37	1,40	0,0	0,80	1,00	1,10	0,99	0,95	0,68	0,88	0,96	0,99	0,90	0,83	12,9	0,92
19.04.86	1,46	1,48	0,80	0,0	1,04	1,21	1,10	1,12	0,94	0,86	1,20	1,13	0,95	0,96	14,3	1,02
15.04.88	1,35	1,36	1,00	1,04	0,0	0,82	0,92	0,98	1,04	0,97	1,09	1,28	0,79	0,80	13,4	0,96
16.04.88	1,67	1,65	1,10	1,21	0,82	0,0	1,15	1,06	1,20	0,90	1,29	1,38	1,15	1,17	15,8	1,25
28.04.88	0,88	0,92	0,99	1,10	0,92	1,15	0,0	0,52	0,77	0,99	1,19	1,45	0,75	0,64	12,2	0,87
29.04.88	1,10	1,14	0,95	1,12	0,98	1,06	0,52	0,0	0,72	0,87	1,24	1,48	0,80	0,75	12,7	0,91
06.04.89	1,04	1,10	0,68	0,94	1,04	1,20	0,77	0,72	0,0	0,79	1,26	1,42	0,87	0,71	12,5	0,90
07.04.89	1,37	1,44	0,88	0,86	0,97	0,90	0,99	0,87	0,79	0,0	1,32	1,37	0,99	0,97	13,7	0,98
09.04.90	1,55	1,62	0,96	1,20	1,09	1,29	1,19	1,24	1,26	1,32	0,0	0,66	0,95	1,11	15,4	1,10
10.04.90	1,90	1,97	0,99	1,13	1,28	1,38	1,45	1,48	1,42	1,37	0,66	0,0	1,19	1,32	17,5	1,25
24.04.91	1,17	1,24	0,90	0,95	0,79	1,15	0,75	0,80	0,87	0,99	0,95	1,19	0,0	0,57	12,3	0,88
25.04.91	0,89	0,94	0,83	0,96	0,80	1,17	0,64	0,75	0,71	0,97	1,11	1,32	0,57	0,0	11,7	0,83

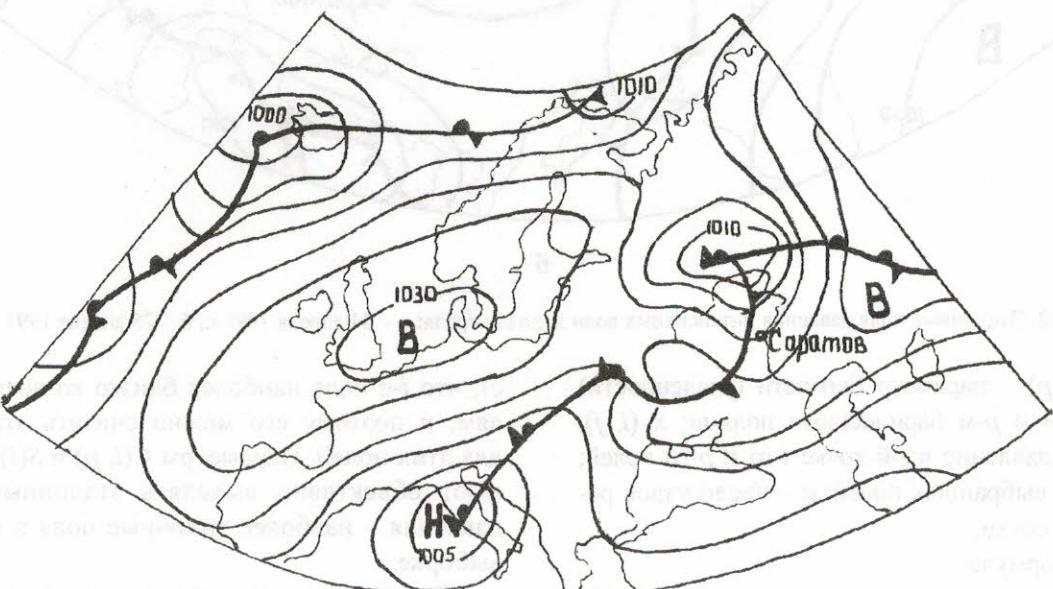
Таблица 3

Значения параметра близости (удаленности) интенсивных осадков

Дата	Значения параметра $C(i, p)$										Σ	Средн.
	0,0	1,24	0,9	0,97	0,97	0,0	1,24	0,9	0,97	0,97		
22.09.92	0,0	1,24	0,9	0,97	0,97	0,0	1,24	0,9	0,97	0,97	8,16	0,82
3.09.93	0,9	0,89	1,24	0,0	0,9	0,89	0,85	1,24	0,0	0,85	7,75	0,77
29.09.93	0,9	0,9	0,0	0,6	0,59	0,9	0,9	0,0	0,6	0,59	5,98	0,6
8.09.94	0,97	0,89	0,6	0,0	0,75	0,97	0,89	0,6	0,0	0,75	6,41	0,64
16.09.95	0,97	0,85	0,59	0,75	0,0	0,97	0,85	0,59	0,75	0,0	6,31	0,63



а



б

Рис. 1. Эталонные поля давления интенсивных волн тепла марта: а – 24 марта 1991 г., б – 25 марта 1991 г.

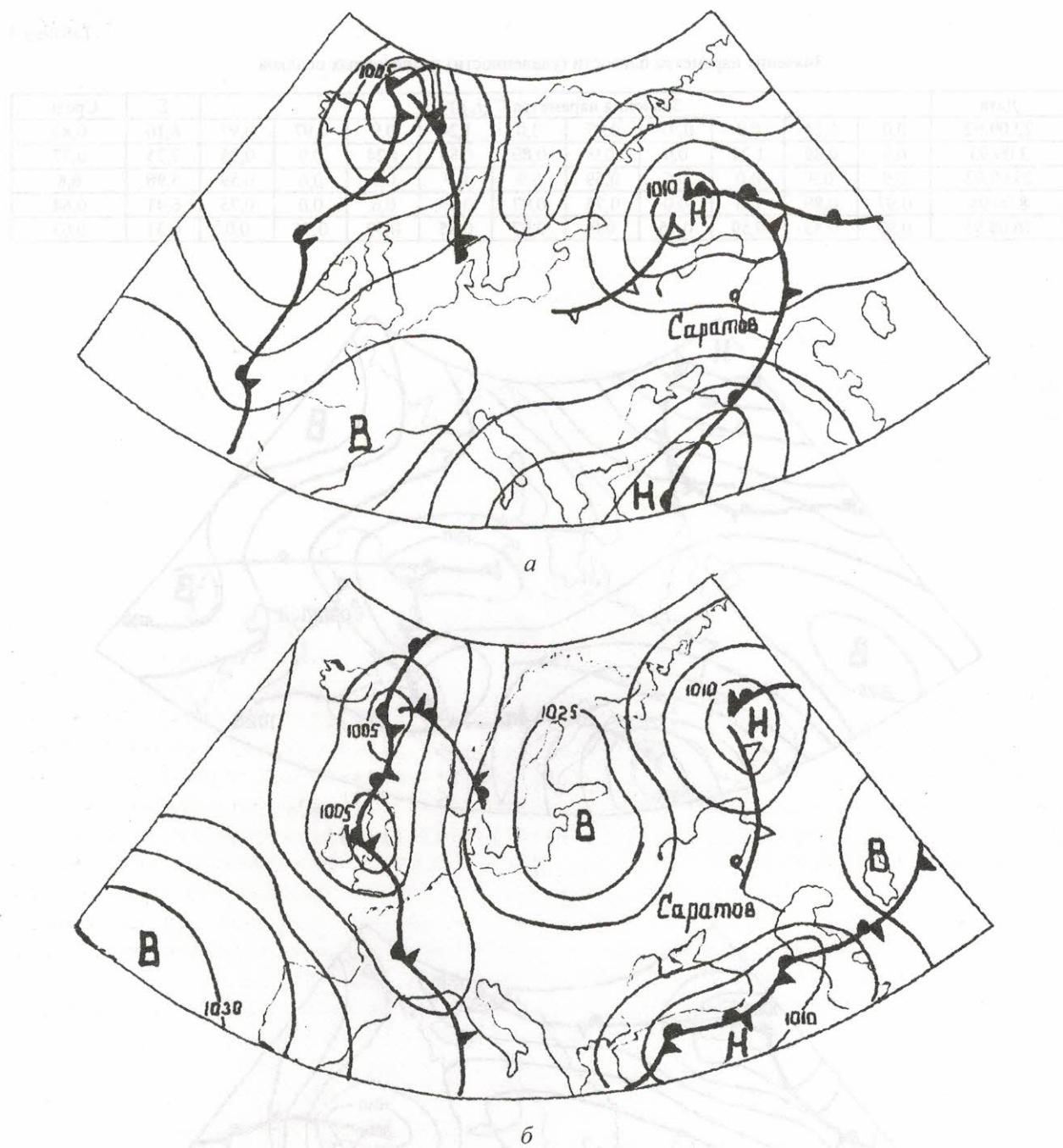


Рис. 2. Эталонные поля давления интенсивных волн холода апреля: *a* – 24 апреля 1991 г., *б* – 25 апреля 1991 г.

где $C(i, p)$ – параметр близости (удаленности) между i -м и p -м барических полями; $x(i, j)$, $x(p, j)$ – давление в j -й точке i -го и p -го полей; k – число выбранных полей; q – число узлов регулярной сетки.

По формуле

$$S(i) = \frac{1}{k} \sum_{p=1}^k C(j, p) \quad (4)$$

определялось подобие i -го поля со всеми остальными. Наименьшее значение $S(i)$ указыва-

ет, что i -е поле наиболее близко ко всем p -полям, и поэтому его можно считать эталоном для этих полей. Параметры $C(i, p)$ и $S(i)$ позволяют объективно выделять эталонные поля давления – наиболее типичные поля в каждой выборке.

В результате расчетов получены матрицы параметров близости (удаленности) для волн тепла, волн холода и интенсивности осадков для каждого месяца. Члены главной диагонали матрицы равны нулю, так как указывают на совпаде-

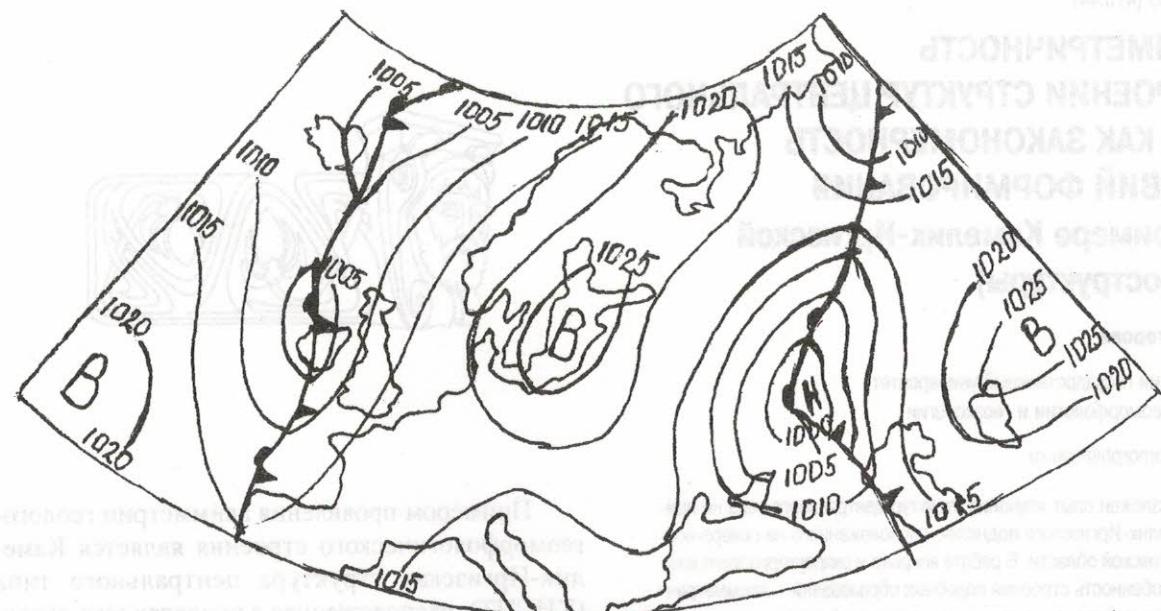


Рис. 3. Эталонное поле давления интенсивных осадков

ние полей. Члены первой строки указывают на близость (удаленность) первого поля к остальным, члены второй строки – на близость (удаленность) второго поля к остальным и т.д. В случае волн тепла (холода) все нечетные строки матриц соответствуют полям за день до пика волны, все четные – дням с пиком волны. В качестве примера можно привести выборку волн тепла марта (табл. 1) и волн холода апреля (табл. 2).

Исходя из табл. 1 и 2 и в соответствии с указанными критериями (наименьшие значения $C(i, p)$ и $S(i)$) следует, что эталонными полями давления волн тепла марта стали барические поля 24 и 25 марта 1991 г., эталонными полями давления волн холода апреля – барические поля 24 и 25 апреля 1991 г. В качестве эталонного поля интенсивных осадков выбрано приземное барическое поле 29 сентября 1993 г. (табл. 3).

Таким образом, в каждом месяце для случаев резкого потепления, похолодания и выпадения интенсивных осадков получены эталонные

поля давления, которые были подвергнуты тщательному синоптическому анализу. В результате анализа выявлено, что резкие потепления во все месяцы чаще всего определяются теплыми секторами обширных полярно-фронтовых депрессий. В качестве примера на рис. 1 представлено эталонное поле давления волн тепла в марте.

Интенсивные похолодания определяются вторжением холодного воздуха в тылу циклонов или же распространением уже оформленных арктических антициклонов. Примером может служить эталонное поле давления резких похолоданий в апреле (рис. 2).

Интенсивные осадки определяются стационарированием области низкого давления над Поволжьем (рис. 3).

Таким образом, синоптический анализ подтверждает правильность объективного выделения эталонов, что свидетельствует о надежности данного способа обобщения гидрометеорологической информации.

Библиографический список

1. Николаев Ю.В. Классификация гидрометеорологических процессов с помощью ЭВМ. Л., 1976. 36 с.
2. Дуда Р., Харт П. Распознавание образов и анализ сцен. М., 1976. 511 с.
3. Ту Дж., Гонсалес Р. Принципы распознавания образов. М., 1978. 411 с.
4. Наставление по краткосрочным прогнозам погоды общего назначения. СПб., 2002.