

УДК 551.509.616

**РЕСУРСЫ КОНВЕКТИВНОЙ ОБЛАЧНОСТИ СЕВЕРНОГО  
КАЗАХСТАНА ЗА ВЕГЕТАЦИОННОЙ ПЕРИОД ПО ДАННЫМ  
МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ РАДАРОВ**

Канд. геогр. наук А.В.Чередниченко

*Оценены ресурсы конвективной облачности Северного Казахстана за вегетационный период на основе регулярных наблюдений метеорологических радаров. Показано, что эти дополнительные ресурсы сопоставимы с количеством выпадающих осадков и представляют интерес применительно к проблеме искусственного увеличения осадков.*

Средние урожаи сельскохозяйственных культур на той или иной территории в большой мере зависят от климатических средних годовых и сезонных сумм осадков. Однако урожай конкретного года зависит не от этих средних величин, а от конкретной ситуации и последовательности выпадения осадков в данном году, особенно в период вегетации. Этим и объясняются колебания средних величин урожайности в годы со сравнительно близкими годовыми и даже сезонными суммами осадков. Так, 120...150 мм осадков, выпавших в период посев – восковая спелость, могут обеспечить урожай до 30 ц/га [7, 8].

Оценим облачные ресурсы в Северном Казахстане в период вегетации с тем, чтобы выяснить, возможно ли обеспечить необходимое количество осадков в это время? Их распределение по фазам развития растений – задача последующего этапа исследований.

В качестве основы взяты данные метеорологических радаров Костаная, Павлодара, Астаны и Караганды за трехлетний период (с 1980-1982 гг.) – наиболее полных и надежных наблюдений с мая по июль включительно. Особенности пространственного распределения повторяемости облачности в зоне наблюдений радаров в перечисленных точках рассмотрены нами в [11, 12, 14]. Такие данные уже сами по себе являются качественной характеристикой как величины, так и пространственной изменчивости облачных ресурсов, поскольку повторяемость облачности, особенно конвективной, является важнейшим параметром, определяющим ресурс. Кроме того, в указанных выше исследованиях, приведены данные о верх-

ней границе, т.е. о мощности облаков, а это еще одна важнейшая характеристика, определяющая ресурс. Расчеты водозапаса облаков выполнены по методу, изложенному в [3], суть которого следующая.

Водозапасы конвективных облаков за отдельно взятый срок ( $\overline{W}_c$ ) вычислялись по формуле:

$$\overline{W}_c = \overline{N}_c \cdot \overline{H}_c \cdot \overline{q}_c \cdot \frac{(\overline{S}_c \cdot \overline{N}_c)}{900}, \quad (1)$$

где  $\overline{N}_c$  – средняя за срок повторяемость (число случаев) конвективных облаков в радиусе 100 км от МРЛ (32 квадрата);  $\overline{H}_c$  – средняя мощность облаков в данный срок;  $\overline{q}_c$  – средняя водность облака, как функция мощности по [1, 10];  $\overline{S}$  – средняя площадь основания облака;  $\frac{\overline{S}_c \cdot \overline{N}_c}{900}$  – коэффициент приведения площади основания облаков, наблюдаемых в квадрате 30×30 км, к площади квадрата.

Суммарные за месяц влагозапасы ( $\overline{W}$ ) вычислялись как

$$\overline{W} = \sum_{i=1}^n \overline{W}_c - \overline{R}, \quad (2)$$

где  $\overline{R}$  – среднее количество осадков за месяц, вычисленное по данным метеорологических станций, расположенных в радиусе 100 км;  $n$  – число сроков наблюдений, в данном случае 8, для которых велись расчеты  $\overline{W}_c$ .

Необходимые для расчетов данные о количестве месячных осадков по станциям региона взяты за соответствующие годы и месяцы из [5]. В табл. 1 приведена средняя повторяемость конвективных облаков по станциям региона за вегетационный период, в радиусе 100 км от МРЛ, в табл. 2 – средняя мощность этих облаков, а в табл. 3 отношение  $\frac{\overline{S}_c \cdot \overline{N}_c}{900}$ .

Данные, содержащиеся в этих таблицах, являются основой для расчетов водозапаса. Сами величины водозапаса, рассчитанные по (1) и (2), по месяцам вегетационного периода приведены в табл. 4.

По данным табл. 1 можно видеть, что в апреле повторяемость конвективных облаков на всех станциях невелика (около 10 случаев за месяц) и такая облачность имеет место в основном в послеобеденное время. В мае на всех станциях повторяемость конвективных облаков возрастает по сравнению с апрелем в три и более раз, и составляет уже тридцать и более

случаев за месяц. При этом облачность такого типа отмечается уже во все сроки наблюдений с максимумом во вторую половину дня и минимумом в утренние часы.

Таблица 1

Средняя повторяемость конвективных облаков в вегетационный период по станциям Северного Казахстана в радиусе 100 км от МРЛ

Месяц	Срок								Всего
	00	03	06	09	12	15	18	21	
Костанай									
Апрель	0	0	0	0	2	5	2	0	9
Май	2	3	3	4	5	7	5	3	32
Июнь	4	5	6	7	7	8	6	5	47
Июль	4	5	6	9	9	9	7	6	54
Всего	10	13	15	20	23	29	20	14	142
Павлодар									
Апрель	0	0	0	0	2	4	3	0	8
Май	1	1	1	2	4	8	7	4	28
Июнь	2	3	5	6	7	7	6	5	41
Июль	3	3	4	6	9	7	8	5	45
Всего	6	7	10	14	22	26	24	14	122
Целиноград (Астана)									
Апрель	0	0	1	1	2	4	3	2	13
Май	2	2	3	4	7	9	6	4	37
Июнь	3	4	5	6	8	7	6	5	44
Июль	3	4	6	8	9	9	7	6	52
Всего	8	10	14	18	24	25	19	15	146
Караганда									
Апрель	0	0	0	1	2	3	3	1	9
Май	1	2	3	4	7	7	5	3	32
Июнь	4	4	4	6	7	8	6	5	44
Июль	3	3	4	6	7	9	6	5	52
Всего	8	9	11	17	23	27	20	14	135

От мая к июню повторяемость конвективной облачности возрастает примерно на 30 %, а ее повторяемость в ночные и утренние часы – в два раза. Дневной максимум стал более растянутым на 5...6 сроков. От июня к июлю рост повторяемости составляет всего около 10 %, а повторяемость конвективной облачности в ночные и утренние часы стала обычным явлением. В сроки 00 и 03 ч. мск. прослеживается минимум повторяемости: 3...4 случая за срок при повторяемости в максимуме суточного хода 8...9 случаев за срок.

Мощность облачности в апреле в среднем составляла 4,2...4,4 км, увеличиваясь в максимуме во вторую половину дня до 5,0 км или даже не-

сколько выше и уменьшаясь до 4,1 км в утренние часы. Несколько больше, примерно на 500 м, мощность облачности в районе Караганды (табл. 2).

Таблица 2

Средняя мощность конвективных облаков в вегетационный период по станциям Северного Казахстана в радиусе 100 км от МРЛ

Месяц	Срок							Среднее	
	00	03	06	09	12	15	18		21
Костанай									
Апрель	–	–	–	–	4,1	4,2	5,0	–	33,9
Май	5,0	4,5	4,7	4,5	4,7	4,9	5,7	6,1	5,0
Июнь	5,3	5,3	5,7	6,2	6,0	7,2	7,2	7,0	6,2
Июль	6,0	7,2	7,8	6,7	7,8	8,2	8,9	8,6	7,6
Павлодар									
Апрель	–	–	–	–	4,3	4,2	4,7	–	4,4
Май	5,0	4,5	4,6	4,5	4,6	5,0	5,6	5,9	5,0
Июнь	5,3	5,2	5,8	5,6	6,9	7,6	7,2	7,2	6,4
Июль	6,3	6,8	7,3	7,1	8,2	8,6	8,2	8,1	7,6
Целиноград (Астана)									
Апрель	–	–	4,0	4,3	4,9	4,3	4,9	4,2	4,3
Май	5,1	5,1	5,2	5,6	5,4	5,7	5,8	5,7	5,5
Июнь	5,4	5,5	5,7	5,6	6,5	7,3	7,5	7,1	6,3
Июль	5,8	7,0	7,5	7,3	7,6	7,9	7,4	7,2	7,5
Караганда									
Апрель	–	–	–	5,0	5,1	5,2	5,0	4,7	5,1
Май	5,0	5,1	5,1	5,8	5,6	6,8	6,3	6,1	5,7
Июнь	5,4	6,3	6,7	7,0	7,2	7,6	7,3	7,3	6,8
Июль	5,8	6,7	7,1	7,5	7,7	7,9	7,5	7,5	7,2

В мае мощность облаков возрастает в среднем до 5,0 км, а в Астане и Караганде до 5,5...5,7 км. При этом ни в один срок она не была менее 4,5 км, а в Астане и Караганде – менее 5,0 км.

От мая к июню мощность облаков увеличилась на 1,0...1,5 км и составила в Костане и Павлодаре 6,2 и 6,4 км, а в Астане и Караганде 6,3 и 6,8 км соответственно. При этом в дневные сроки она составила 7,0...7,2 км, а в ночные и утренние, т.е. в минимуме не менее чем 5,2...5,3 км.

Для июля средние мощности превысили 7,0 км на всех станциях. При этом в Караганде, где в предыдущие месяцы они росли быстро, средняя мощность оказалась наименьшей – 7,2 км. Самой большой средняя мощность конвективных облаков оказалась в Костане и Павлодаре –

7,6 км. В течение суток мощность конвективных облаков колебалась от 6,0 до 8,2...8,6 км.

Вычисленные нами величины площадей оснований  $S$  облаков по срокам и месяцам в данной работе не приводятся, чтобы избежать перегрузки табличными данными. Вместо этого рассмотрим отношение  $\frac{\bar{S} \cdot \bar{N}}{900}$ , которое используется в расчетах водозапаса. Величины  $\frac{\bar{S} \cdot \bar{N}}{900}$ , приведенные в табл. 3, являются функцией не только средней площади основания облаков. Поэтому эти величины интересны как некоторый интегральный множитель в (1), от которого напрямую зависят водозпасы.

Таблица 3

Величины отношений  $\frac{\bar{S} \cdot \bar{N}}{900}$

Месяц	Срок								Среднее
	00	03	06	09	12	15	18	21	
Костанай									
Апрель	–	–	–	–	0,24	0,55	0,24	–	0,34
Май	0,18	0,39	0,27	0,56	0,55	0,77	0,50	0,30	0,44
Июнь	0,36	0,60	0,48	0,60	0,77	0,80	0,42	0,35	0,54
Июль	0,16	0,25	0,30	0,32	0,45	0,54	0,63	0,54	0,32
Сумма	0,70	1,24	1,05	1,48	2,01	2,66	1,79	1,19	1,64
Среднее	0,23	0,41	0,35	0,49	0,50	0,66	0,45	0,40	0,41
Павлодар									
Апрель	–	–	–	–	0,24	0,44	0,48	–	0,39
Май	0,12	0,11	0,13	0,24	0,48	0,88	0,84	0,44	0,40
Июнь	0,18	0,27	0,50	0,54	0,84	0,77	0,66	0,50	0,53
Июль	0,18	0,18	0,20	0,30	0,54	0,49	0,64	0,40	0,37
Сумма	0,48	0,56	0,83	1,08	2,10	2,58	2,62	1,34	1,69
Среднее	0,16	0,19	0,28	0,36	0,52	0,64	0,65	0,45	0,42
Целиноград (Астана)									
Апрель	–	–	0,11	0,11	0,22	0,40	0,30	0,22	0,23
Май	0,18	0,24	0,33	0,48	0,77	0,90	0,60	0,40	0,49
Июнь	0,24	0,44	0,50	0,66	0,88	0,77	0,60	0,50	0,57
Июль	0,15	0,20	0,30	0,40	0,54	0,54	0,49	0,48	0,39
Сумма	0,57	0,88	1,24	1,65	2,41	2,61	1,99	1,60	1,68
Среднее	0,19	0,29	0,31	0,41	0,60	0,65	0,50	0,40	0,42
Караганда									
Апрель	–	–	–	0,11	0,20	0,30	0,30	0,10	0,20
Май	0,09	0,20	0,33	0,36	0,56	0,56	0,40	0,27	0,35
Июнь	0,28	0,28	0,24	0,36	0,49	0,64	0,48	0,40	0,40
Июль	0,15	0,15	0,24	0,36	0,42	0,49	0,48	0,40	0,34
Сумма	0,52	0,63	0,81	1,19	1,67	1,99	1,66	1,17	1,28
Среднее	0,17	0,21	0,27	0,30	0,42	0,50	0,41	0,29	0,32

Максимум этого отношения имеет место во второй половине дня, т.е. тогда же когда и повторяемость облачности.

Множитель, характеризующий площадь основания, несколько сглаживает ход этого коэффициента.

От мая к июню площади оснований облаков уменьшаются, (а их мощность при этом постоянно возрастает), что, несмотря на рост повторяемости  $\bar{N}$ , приводит к заметному уменьшению отношения от мая, а особенно июня к июлю.

В суточном ходе рассматриваемый коэффициент имеет выраженный максимум во второй половине дня, близкий к 0,65, только в Павлодаре он равен 0,50. Минимум имеет место в ночные и утренние часы и составляет 0,16...0,20.

Анализ табл. 1-3 уже позволяет ориентироваться как в ожидаемом суточном ходе водозапаса в каждом месяце, так и в его изменении от месяца к месяцу. Рассмотрим, однако, их конкретные величины за рассматриваемый период, рассчитанные по (1) и (2). Количество осадков по станциям региона [6], приведено в таблице 4.

Таблица 4

Распределение количества осадков по станциям региона

Станция	Месяц					Год
	апрель	май	июнь	июль	август	
Костанай	20	29	40	51	37	310
Целиноград, ГМО	20	31	41	52	41	326
Павлодар	15	25	34	39	35	278
Караганда, ГМО	23	32	42	44	30	315
Кокчетав	17	32	45	63	44	310
Петропавловск	19	32	53	60	52	351
Сумма	114	171	267	369	229	-
Среднее	19,0	28,5	44,5	61,5	38,0	-

Кроме станций, где имеются МРЛ, в эту таблицу включены и данные по Кокчетаву и Петропавловску для того, чтобы общие закономерности распределения осадков над Северным Казахстаном были яснее.

В табл. 4 можно видеть, что в апреле по территории всего Северного Казахстана выпадает 15...20 мм осадков. В мае это количество увеличивается в полтора раза в среднем до 30 мм, а в июне еще увеличивается на 10...20 мм. Максимум осадков на всех станциях имеет место в июле. По сравнению с июнем количество осадков возрастает на 7...15 мм.

Примечательной особенностью пространственного распределения осадков над Северным Казахстаном является то, что в зимние месяцы и за холодный период в целом они колеблются от станции к станции в пределах 10 %. В апреле пространственная изменчивость осадков близка к зимней. К лету, с повышением температуры создаются благоприятные условия для развития конвективной облачности, в образовании которой большую роль играет орография. Даже небольшие возвышенности оказывают большое влияние на усиление конвекции [5, 6], для Северного Казахстана как это показано автором в [11, 12, 14]. Естественно поэтому, что в июне и июле пространственная изменчивость количества осадков, как продукта конвекции, наибольшая.

Из табл. 5 следует, что в апреле средние водозапасы по станциям около 27 мм. При этом наибольшими, около 30 мм, они оказались в Павлодаре и Кустанае, а наименьшими в Караганде, около 22 мм. Если из этих величин вычесть осадки, выпавшие за месяц (табл. 5), то водозапасы по станциям Караганда будут около нуля, а по другим около 15...20 мм. Современные методы воздействия на облака с целью вызывания дополнительного количества осадков таковы, что гарантировано можно получить только 15...20 % от водозапасов, т.е. 3...4 мм в нашем случае (табл. 5). Другими словами в апреле в Северном Казахстане конвективная облачность пока не может служить источником для увеличения количества осадков.

Таблица 5

Суммарные водозапасы конвективных облаков и выпавших осадков в Северном Казахстане в месяцы вегетационного периода по срокам (мм/мес)

Станция	Срок								Всего
	00	03	06	09	12	15	18	21	
апрель									
Костанай	–	–	–	1,2	3,0	17,3	3,6	–	28,9
Павлодар	–	–	–	2,5	3,1	11,1	10,1	1,5	30,7
Астана	–	–	0,7	0,7	3,4	10,3	6,6	2,9	26,0
Караганда	–	–	–	1,0	3,0	7,0	8,5	1,0	22,5
Сумма	–	–	–	5,4	12,5	45,7	28,8	6,8	107,5
Среднее	–	–	–	1,4	3,1	11,4	7,2	1,7	26,9
май									
Костанай	2,7	7,9	5,7	15,7	19,4	39,6	21,3	8,2	119,9
Павлодар	–	0,7	0,9	3,2	13,2	52,8	49,3	15,5	136,5
Астана	2,8	3,7	7,8	16,1	43,6	76,1	31,3	13,7	195,1
Караганда	0,7	3,8	7,6	16,7	32,9	40,0	41,7	7,4	139,8
Сумма	7,1	16,1	22,0	51,1	109,1	208,5	143,6	44,8	602,3
Среднее	1,8	4,0	4,5	12,8	27,3	52,1	35,9	11,2	150,6

Станция	Срок								Всего
	00	03	06	09	12	15	18	21	
	июнь								
Костанай	11,4	23,9	24,6	33,8	48,5	69,1	27,2	18,3	256,8
Павлодар	2,9	4,2	21,7	27,2	60,9	61,4	42,7	27,0	248,0
Астана	5,8	14,5	20,6	33,2	68,6	59,0	40,5	26,6	268,8
Караганда	9,0	10,6	9,6	22,7	37,0	58,4	36,7	21,9	205,9
Сумма	29,1	53,2	97,8	98,9	215,0	286,5	178,6	105,5	979,5
Среднее	7,3	13,3	24,4	24,7	53,8	71,6	44,6	26,3	244,9
	июль								
Костанай	5,8	13,5	21,1	25,7	47,4	59,8	58,9	48,8	281,0
Павлодар	5,1	5,5	8,8	19,2	59,8	44,2	39,4	24,3	206,3
Астана	3,9	8,4	20,2	39,4	55,4	57,6	38,0	32,4	255,2
Караганда	3,9	4,5	10,2	24,3	39,6	67,1	32,4	22,5	204,5
Сумма	18,7	31,9	60,3	84,3	202,2	228,7	168,0	128,0	947,0
Среднее	4,7	8,0	15,1	21,1	50,5	57,2	42,0	32,0	230,5

В мае средние водозапасы по региону уже составляют около 150 мм, а за вычетом осадков, ( $\approx 29$  мм), – 121 мм. Доступные водозапасы, т.е. 20 % от этой суммы составляют уже 20...24 мм, т.е. величину, соизмеримую с выпадающими осадками.

В июне средние водозапасы после вычета выпавших осадков составляют уже около 206 мм, т.е. по сравнению с маем они увеличиваются на 80 мм. Доступные водозапасы соответственно составляют около 40 мм, т.е. величину, сравнимую с выпавшими в этом месяце осадками.

В июле водозапасы составили около 190 мм, т.е. несколько меньше, чем в июне. Доступные при воздействии водозапасы составляют около 35 мм при количестве осадков 62 мм. Таким образом, оказалось, что в июле водозапасы составляют в среднем только половину от нормы осадков, но они представляют значительную сумму. Если же брать норму осадков только по четырем станциям, где есть МРЛ и по которым считались водозапасы, то доступные водозапасы составят уже 70 % от нормы. Именно это соотношение и следует принимать в расчет.

В табл. 6 приведены суммарные средние и доступные месячные водозапасы по четырем станциям. Данные, содержащиеся в этой таблице, можно считать базовыми для принятия принципиальных решений о целесообразности организации активных воздействий в регионе. Данные за апрель в подсчеты средних водозапасов за вегетационный период не включены, как незначительные, хотя в табл. 6 помещены.

В табл. 7 приведены сводные данные о суммарных и доступных водозапасах по станциям за светлую часть суток в июле, т.е. за время, наиболее благоприятное для активных воздействий. Можно видеть что в период с 9 по 18 ч местного времени в Костаное наблюдается 55, в Павло-

даре 65, а в Астане и Караганде 68...69 процентов от суточных водозапасов конвективной облачности. Если добавить еще один срок 21 ч, что в июле допустимо, то доля водозапасов увеличится в Костанайе на 20 %, а на других станциях на 12...15 %.

Таблица 6

Суммарные (числитель) и доступные (знаменатель) водозапасы конвективных облаков Северного Казахстана за вегетационный период, мм

Станция	Месяц				Сумма за вегетационный период
	апрель	май	июнь	июль	
Костанай	$\frac{8,5}{2}$	$\frac{90,9}{18}$	$\frac{216,8}{43}$	$\frac{230,0}{46}$	$\frac{537,7}{107}$
Павлодар	$\frac{15,7}{3}$	$\frac{111,5}{22}$	$\frac{214,0}{43}$	$\frac{167,3}{33}$	$\frac{492,8}{98}$
Астана	$\frac{6,7}{2}$	$\frac{164,1}{33}$	$\frac{227,8}{45}$	$\frac{203,2}{40}$	$\frac{595,1}{118}$
Караганда	0 %	$\frac{118,8}{23}$	$\frac{163,9}{32}$	$\frac{164,5}{33}$	$\frac{447,2}{89}$
Сумма	30,9	485,3	822,5	765,0	2072,8
Средние и доступные водозапасы	$\frac{7,7}{2}$	$\frac{121,3}{24}$	$\frac{205,6}{41}$	$\frac{191,2}{38}$	$\frac{518,2}{102}$

Таблица 7

Суммарные (числитель) и доступные (знаменатель) водозапасы конвективной облачности Северного Казахстана за светлую часть суток в июле, мм

Станция	Срок				Сумма	% к общей сумме
	06	09	12	15		
Костанай	$\frac{21,1}{4}$	$\frac{25,7}{5}$	$\frac{47,4}{9}$	$\frac{59,8}{12}$	$\frac{154,0}{30}$	54,8
Павлодар	$\frac{8,8}{2}$	$\frac{19,2}{4}$	$\frac{59,8}{12}$	$\frac{44,2}{9}$	132,0	64,0
Астана	$\frac{20,2}{4}$	$\frac{39,4}{8}$	$\frac{55,4}{11}$	$\frac{57,6}{11}$	172,6	67,6
Караганда	$\frac{10,2}{2}$	$\frac{24,3}{5}$	$\frac{39,6}{8}$	$\frac{67,1}{13}$	141,2	69,0
Сумма	60,3	108,6	202,2	228,7	599,8	64,0
Среднее	15,0	27,2	50,6	57,2	150,0	

Данные за апрель в подсчеты средних водозапасах за вегетационной сезон не включены. Эти данные могут быть полезны уже непосредственно на этапе планирования воздействий. Данные о водозапасах в светлую часть суток для других месяцев можно извлечь из табл. 5, рассмотренной ранее.

Представляет безусловный интерес сравнение полученных нами данных о величинах влагозапасов в вегетационный период с исследованиями других авторов. К сожалению, данных о водозапасах, полученных другими авторами с помощью метеорологических радаров, пока нет. Однако есть данные о повторяемости конвективных облаков для Северного Казахстана за семилетний период 1951...1958 гг. за май – август, полученные Н.Ф. Гельмгольцем [3]. К сожалению, данные рассчитаны по наблюдениям в 01, 07, 13 и 19 ч средне солнечного времени. В подсчет включены случаи облачности только за сроки светлого времени 7, 13 и 19 ч.

Согласно [3] днем с ресурсом считался такой день, в котором хотя бы в одном из сроков светлого времени суток отмечалась конвективная облачность. При этом допускалось, что каждый из сроков отражает состояние облачности на протяжении  $\pm 3$  ч. Автор отмечает, что могут иметь место случаи, когда наблюдается конвективная облачность в течение нескольких сроков подряд. Все равно это считалось за один день с облачностью. Результаты подсчет ресурсов в [3] приведены только для срединных месяцев сезонов. Сказанное выше затрудняет процесс сравнения, хотя и не исключает его.

Гельмгольц Н.Ф. рассчитывал облачный ресурс, а не водозпасы и этот ресурс может служить аналогом повторяемости конвективных облаков в нашей работе. Мы считали за случай наличие облачности за каждый срок. Полагая, что облачность, имевшая место в предыдущей срок, или дала осадки или рассеялась. Это согласуется с теорией, согласно которой конвективное облако живет не более 1,5...2,0 ч, другое дело, что условия для его образования, особенно в зоне фронта, могут сохраняться долго [9, 15]. Следовательно, суммарная повторяемость по срокам должна быть выше, чем число дней с облачностью по [3]. Для июля Гельмгольц дает 8...23 дня с мощной кучевой и кучево-дождевой облачностью, среди которых 4...14 дней без осадков. Следовательно, в среднем 50 % дней с кучево-дождевой облачностью не дают осадков, хотя могли бы, т.е. являются ресурсными.

Выполненная нами оценка водозапасах показывает, что по всем станциям с мая по июль доступные влагозапасы примерно соответствуют среднему количеству выпавших осадков в радиусе 100 км или близки к этой величине.

Гельмгольц в той же работе приводит карту средней повторяемости числа ресурсных дней над Северным Казахстаном за теплое полугодие, на которой максимум расположен несколько севернее Астаны и ориентирован с запада северо-запада на восток юго-восток. К северо-востоку и к северу, а также к югу повторяемость ресурсных дней быстро уменьшается. Для рассмотренных нами месяцев наибольшие водозапасы имеют место тоже в Астане, хотя и в Костаное они велики (табл. 6). В то же время и в Павлодаре средние водозапасы лишь на 10 %, а в Караганде – на 20 % ниже, чем в районе Костаная.

Тщательный анализ данных облачности, выполненный нами как по данным радаров, так и по данным метеостанций, показал, что количество осадков неплохо коррелирует с водозапасами (данные табл. 5 и 6). Поэтому низкие ресурсы конвективной облачности над Кокчетавом и особенно над Петропавловском, полученные в [3], представляются нам заниженными, в Кокчетаве – в 1,5...3,0 раза.

В данной работе для конвективной облачности мощностью более 3,5 км водность принята равной  $1,5 \text{ г/м}^3$  согласно [1, 4]. В результате выполненных исследований получено следующее:

- по четырем станциям Северного Казахстана, где имеются метеорологические радары, по методике, изложенной в [7], оценены водозапасы конвективной облачности за вегетационный период с апреля по июль;
- в апреле водозапасы конвективной облачности составляют несколько миллиметров и как ресурс для вызывания дополнительных осадков не представляют интереса. Осадки в этом месяце, хотя и небольшие, выпадают из облаков других типов;
- в мае водозапасы заметно возрастают и доступные водозапасы сравнимы с количеством осадков в этом месяце;
- в июне водозапасы, кроме станции Караганда, в два раза превышают майские. В этом месяце получены наибольшие водозапасы по всем станциям кроме Костаная;
- в июле в Костаное водозапасы немного превысили июньские, а на других станциях они уменьшались, в Караганде остались без изменений;
- в течение мая – июля водозапасы растут вместе с ростом количества осадков. Доступные водозапасы по всем станциям близки к количеству осадков;
- в суточном ходе максимум водозапасов, около 70 % имеет место во второй половине дня.

Главным выводом данной работы мы считаем то, что полученные нами величины влагозапасов конвективной облачности для Северного Казахстана достаточно велики. На сегодняшнем уровне развития активных воздействий, доступные водозапасы соизмеримы с количеством выпадающих осадков. Это делает целесообразным рассмотрение возможности организации активных воздействий в регионе, с целью смягчения последствий изменения климата, а также в годы с недостаточным количеством осадков.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Васищева М.К., Щукин Г.Г. Экспериментальные исследования водности облаков. / Статистические модели атмосферы. – Обнинск, 1977. – 94 с.
2. Войт Ф.Я. Мазин И.П. Водность кучевых облаков. // Изв. АН СССР, Физика атмосферы и океана. – 1972. – Т. 8, № 11. – С. 1166 – 1176.
3. Гельмгольц Н.Ф. Облачные ресурсы Северного Казахстана применительно к проблеме искусственного вызывания осадков. // Труды КазНИГМИ. – 1966. – Вып. 25. – С. 18 – 26.
4. Дубровина Л.С. Характеристика облачного покрова над территорией СССР по данным самолетного зондирования. // Труды НИИАК. – 1968. – Вып. 27. – С. 3 – 21.
5. Метеорологический ежемесячник. Ч. 2, Вып. 18, 1982, № 4-8 Периодическое издание Казахского УГМС.
6. Научно-прикладной справочник по климату СССР, серия 3. Многолетние данные. Части 1-6. Вып. 187, Казахская ССР. Кн. 3. – Л.: Гидрометеиздат, 1990. – 680с.
7. Половина И.П. Воздействия на внутримассовые облака слоистых форм. – Л.: Гидрометеиздат, 1971. – 215 с.
8. Прихотько Г.Ф. Искусственные осадки из конвективных облаков. Л.: Гидрометеиздат. – 1968. – 173 с.
9. Руководство по производству наблюдений и применению информации с неавтоматизированных радиолокаторов МРЛ-1, МРЛ-2, МРЛ-5. / СПб.: Гидрометеиздат, 1993. – 358 с.
10. Скацкий В.И. Некоторые результаты экспериментального исследования водности кучевых облаков. // Изд. АН СССР, серия Физика атмосферы и оптика, 1965. – т. 1, №8. – С. 833 – 844.
11. Чередниченко А.В. Аэросиноптического условия образования гроз в Северном Казахстане. // Гидрометеорология и экология. – 2008. – № 4. – С. 71 – 86.
12. Чередниченко А.В. Динамика распределения облачности и осадков над Северным Казахстаном по данным метеорологических радаров. // Гидрометеорология и экология. – 2008. – № 2-3. – С. 15 – 26.

13. Чередниченко А.В. Характеристика радиоэха облачности атмосферных фронтов, осадков и опасных явлений Северным Казахстаном. // Гидрометеорология и экология. – 2008. – № 2-3. – С. 54 – 63.
14. Шметер С.М. Физика конвективных облаков. – Л.: Гидрометеоздат, 1972. – 231 с.

Казахский научно-исследовательский институт экологии и климата, г. Алматы  
Казахский национальный университет им. аль-Фараби, г. Алматы

**МЕТЕОРОЛОГИЯЛЫҚ РАДАРЛАР МӘЛІМЕТТЕРІ БОЙЫНША  
ВЕГЕТАЦИЯ КЕЗЕҢІНДЕГІ СОЛТҮСТІК ҚАЗАҚСТАНДАҒЫ  
КОНВЕКТИВТІ БҰЛТТЫЛЫҚ ҚОРЫ**

Геогр. ғылымд. канд. А.В.Чередниченко

*Солтүстік Қазақстандағы конвективті бұлттылықтың вегетация кезеңіндегі қоры метеорологиялық радарлардың үнемі бақылаулары негізінде бағаланды. Бұл қорлардың едәуір мол және жауын-шашынды жасанды көбейту мәселесін шешудегі маңызы бар екендігі көрсетілді.*