ИЗВЕСТИЯ РАН. СЕРИЯ ГЕОГРАФИЧЕСКАЯ, 2014, № 1, с. 56–64

РЕГИОНАЛЬНЫЕ ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ

УДК 546.214(477.75)

ВЗАИМОСВЯЗЬ МЕЖДУ ЦИРКУЛЯЦИЕЙ АТМОСФЕРЫ И КОНЦЕНТРАЦИЕЙ ПРИЗЕМНОГО ОЗОНА НА ТЕРРИТОРИИ КАРАДАГСКОГО ПРИРОДНОГО ЗАПОВЕДНИКА НАН УКРАИНЫ[1]

© 2014 г. Р.В. Горбунов[*, **], Н.К. Кононова[***], В.А. Лапченко[*], Т.Ю. Беседина[**]

[*]*Карадагский природный заповедник НАН Украины*
[**]*Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского*
[***]*Институт географии РАН*

Поступила в редакцию 05.10.2011 г.

Изложены результаты исследования роли макроциркуляционных процессов Северного полушария в типизации Б.Л. Дзердзеевского в формировании концентраций приземного озона на территории Карадагского природного заповедника НАН Украины. Выявлены типы элементарных циркуляционных механизмов, при которых на рассматриваемой территории происходит увеличение концентрации приземного озона, а также причины такого увеличения.

Введение. По международной классификации приземный озон входит в первую шестерку веществ, подлежащих постоянному контролю (вместе с NO, NO_2, CO, SO_2 и аэрозолем) [2]. Физические и химические процессы образования озона имеют сложную природу. Он образуется в результате фотохимических процессов в атмосфере в основном выше 25 км, а в более низкие слои поступает благодаря турбулентному перемешиванию. При поглощении квантов солнечной энергии в ультрафиолетовой области происходит как образование, так и разрушение озона. Он также синтезируется в приземном воздухе в результате фотохимических реакций из углеводородов и окислов азота естественного и антропогенного происхождения [8].

Материалы и методы. Исходя из того, что формирование концентраций приземного озона (КПО) находится в прямой зависимости от погодных условий, которые, в свою очередь, являются функцией синоптической ситуации, мы предприняли попытку выявить взаимосвязь между концентрациями приземного озона и господствующими типами элементарных циркуляционных механизмов. С этой целью был проанализирован ряд значений КПО с 2007 по 2010 г., которые измерялись на Станции фонового экологического мониторинга Карадагского природного заповедника НАН Украины. К сожалению, за более ранние годы систематических данных измерений КПО нет.

Для описания синоптических условий в работе использована типизация циркуляции атмосферы Северного полушария, разработанная под руководством Б.Л. Дзердзеевского [3, 5]. В этой типизации выделены четыре группы циркуляции, 13 типов, 41 подтип элементарных циркуляционных механизмов (ЭЦМ) (табл. 1).

Календарь последовательной смены ЭЦМ за указанный период был взят с сайта www.atmospheric-circulation.ru [6]. Анализу подвергался период с апреля по август, для которого характерны наиболее сильные колебания КПО [7]. В ходе исследования нами были рассчитаны средние значения КПО по каждому из типов ЭЦМ для каждого месяца. Далее анализировались синоптические ситуаци при максимальных значениях КПО, которые превышали среднемесячные значения КПО. Отдельно рассматривались случаи с наличием жидких осадков.

Полученные результаты. Среднее значение КПО за рассматриваемый период составило 59.9 мкг/м^3. Средние и максимальные значения КПО по месяцам при каждом типе ЭЦМ представлены в табл. 2–6.

Как видно из таблиц, максимальные среднемесячные значения КПО по отдельным типам за

[1] Работа выполнена при финансовой поддержке проекта № 11-05-00573

Таблица 1. Характеристика групп циркуляции атмосферы Северного полушария в типизации Б.Л. Дзердзеевского

Группа циркуляции	Типы ЭЦМ, входящие в группу	Атмосферное давление в Арктике	Количество блокирующих процессов	Количество выходов южных циклонов
Зональная	1 и 2	Высокое	0	2–3
Нарушения зональности	3–7	»	1	2–3
Меридиональная северная	8–12	»	2–4	2–4
Меридиональная южная	13	Низкое	0	3–4

Таблица 2. Среднее и максимальное значение КПО при различных ЭЦМ в апреле (мкг/м^3)

ЭЦМ	Продолжительность ЭЦМ в апреле (дни)				Среднее число дней	Среднее значение КПО			Превышение средних значений КПО при ЭЦМ			Экстремально высокие значения КПО	
	2007	2008	2009	2010		ЭЦМ	ЭЦМ без осадков	ЭЦМ с осадками	над среднемесячным	над среднемесячным в дни без осадков	над среднемесячным в дни с осадками	дата	значение
2а	0	1	0	1	0.5	36.8	36.8	–	–	–	–	–	-
2б	0	0	0	1	0.25	64.8	64.8	–	18.8	18.1	–	–	-
3	2	0	0	0	0.5	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д
4а	0	0	0	4	1	47.6	47.6	–	1.6	0.9	–	–	-
6	1	0	0	0	0.25	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д
8бз	0	0	0	2	0.5	40.6	40.6	–	–	–	–	–	-
8бл	0	0	0	2	0.5	60.4	60.4	–	14.4	13.7	–	–	-
8гз	0	0	0	1	0.25	27.3	–	27.3	–	–	–	–	-
9а*	2	0	0	6	2	50.7	50.7	–	4.7	4.0	–	–	-
9б	0	3	0	0	0.75	64.4	52.9	70.2	18.4	6.2	29.3	01.04.2008	71.0
												02.04.2008	69.5
10а	0	0	6	2	2	52.7	56.0	29.1	6.7	9.3	–		
12а*	6	12	11	0	7.25	42.6	44.7	28.3	–	–	–	04.04.2009	65.7
												06.04.2009	69.5
												07.04.2009	62.3
												10.04.2009	67.9
												14.04.2009	64.4
12бл	3	5	0	2	2.5	37.4	37.2	39.5	–	–	–	05.04.2007	52.8
												07.04.2007	50.8
12вз	0	3	0	0	0.75	35.4	36.7	32.7	–	–	–	–	–
12вл	2	0	0	0	0.5	49.0	48.0	50.0	3.0	1.3	9.1	–	–
12г	0	2	0	0	0.5	16.6	16.6	–	–	–	–	–	–
13з	0	0	6	4	2.5	46.6	49.4	21.9	0.6	2.7	–	11.04.2009	66.2
												12.04.2009	72.4
												13.04.2009	71.2
13л	14	4	7	5	7.5	49.4	49.4	49.2	3.4	2.7	8.3	19.04.2007	60.5
												27.04.2009	67.8
												28.04.2009	74.5
												29.04.2009	66.7

Примечание:

* В дни с ЭЦМ 9а и 12а в 2007 г. нет данных по КПО. Среднемесячное значение КПО – 46.0 мкг/м^3. Среднемесячное значение КПО в дни без осадков – 45.7 мкг/м^3. Среднемесячное значение КПО в дни с осадками – 40.9 мкг/м^3

Таблица 3. Среднее и максимальное значение КПО при различных ЭЦМ в мае (мкг/м^3)

ЭЦМ	Продолжительность ЭЦМ в мае (дни)				Среднее число дней	Среднее значение КПО			Превышение средних значений КПО при ЭЦМ			Экстремально высокие значения КПО	
	2007	2008	2009	2010		при ЭЦМ	при ЭЦМ без осадков	при ЭЦМ с осадками	над среднемесячным	над среднемесячным в дни без осадков	над среднемесячным в дни с осадками	дата	значение
2а	3	0	0	0	0.75	48.9	48.9	–	0.2	–	–	17.05.2007	65.9
3	6	7	0	4	4.25	52.5	54.4	46.3	3.8	4.9	–	27.05.2007	65.5
												28.05.2007	65.1
												29.05.2007	66.8
												30.05.2007	68.0
												25.05.2010	68.8
4б	0	0	0	1	0.25	59.0	59.0	–	10.3	9.5	–	31.05.2010	59.0
4в	0	0	2	0	0.5	42.6	42.6	–	–	–	–	–	–
6	2	0	0	0	0.5	35.1	35.1	–	–	–	–	–	–
7ал	5	0	0	0	1.25	57.2	57.2	–	8.5	7.7	–	24.05.2007	64.1
												25.05.2007	64.2
												26.05.2007	70.9
8гл	0	0	2	0	0.5	38.9	38.9	–	–	–	–	–	–
9а	4	3	3	7	4.25	49.9	49.9	–	1.2	0.4	–	26.05.2010	63.0
												27.05.2010	84.9
												28.05.2010	59.8
10б	0	0	2	0	0.5	52.0	59.0	45.0	3.3	9.5	1.9	01.05.2009	59.0
12а	4	10	1	15	7.5	45.3	46.5	35.3	–	–	–	23.05.2007	64.8
12бл	5	4	0	2	2.75	47.5	48.5	38.0	–	–	–	16.05.2007	65.4
												14.05.2010	70.7
												15.05.2010	59.0
12вл	0	3	14	2	4.75	48.2	50.6	39.1	–	1.1	–	30.05.2009	69.3
												31.05.2009	70.6
13л	2	4	7	0	3.25	51.1	51.3	50.7	2.4	1.8	7.6	22.05.2008	31.7
												27.05.2009	59.2
												29.05.2009	64.7

Примечание:

Среднемесячное значение КПО – 48.7 мкг/м^3. Среднемесячное значение КПО в дни без осадков – 49.5 мкг/м^3. Среднемесячное значение КПО в дни с осадками – 43.1 мкг/м^3.

рассматриваемый период характерны для августа (95.1 мкг/м^3 – ЭЦМ 4*а*), хотя среднемесячные КПО за этот месяц не являются максимальными для данного периода. Максимальные среднемесячные значения КПО за весь период характерны для июля (72.7 мкг/м^3).

При некоторых ЭЦМ максимальные суточные значения КПО неоднократно превышают их среднемесячные значения. В каждом месяце такое явление наблюдается при ЭЦМ 12*а* и 13*л*. За 4 года при ЭЦМ 12*а* в апреле отмечено пять случаев, в мае – один, в июне – два, в июле – три и в августе – четыре. При ЭЦМ 13*л* в апреле и июле наблюдалось по четыре случая, в мае – три, в июне – один и августе – пять. С мая по август максимальные суточные значения отмечались при ЭЦМ 9*а*: три случая в мае, по четыре в июне и августе и семь в июле. Всего, как видно из приведенных таблиц, экстремально высокие значения КПО часто наблюдались при ЭЦМ 2*а*, 2*б*, 3, 4*б*, 7*ал*, 8*бл*, 9*а*, 9*б*, 10*б*, 12*а*, 12*бл* и 13*л*. Динамические схемы всех названных ЭЦМ представлены на рис. 1.

Рассмотрение динамических схем позволяет разделить данные типы ЭЦМ на две группы по различиям генезиса повышенных значений КПО.

Таблица 4. Среднее и максимальное значение КПО при различных ЭЦМ в июне (мкг/м^3)

ЭЦМ	Продолжительность ЭЦМ в июне (дни)				Среднее число дней	Среднее значение КПО			Превышение средних значений КПО при ЭЦМ			Экстремально высокие значения КПО	
	2007	2008	2009	2010		ЭЦМ	ЭЦМ без осадков	ЭЦМ с осадками	над среднемесячным	над среднемесячным в дни без осадков	над среднемесячным в дни с осадками	дата	значение
2а	0	1	0	0	0.25	83.8	83.8	–	20.5	20.2	–	26.06.2008	83.8
3	5	4	0	0	2.25	63.6	63.6	–	0.3	0.0	–	21.06.2008	87.3
4б	2	2	0	1	1.25	52.8	52.8	–	–	–	–	–	–
6	0	0	0	2	0.5	54.0	50.5	57.5	–	–	–	–	–
7ал	8	0	0	2	2.5	64.2	64.2	–	0.9	0.6	–	26.06.2007	83.8
9а	13	5	2	5	6.25	66.3	65.0	73.4	3.0	1.4	12.2	18.06.2007	94.2
												21.06.2007	87.3
												16.06.2010	119.1
												17.06.2010	98.9
10б	8	0	0	2	2.25	54.1	57.8	28.7	–	–	–	–	–
12а	0	0	15	12	6.75	64.8	65.0	61.9	1.5	1.4	0.7	15.06.2007	91.3
												24.06.2009	85.4
12бл	0	0	6	0	1.5	60.8	62.8	50.5	–	–	–	–	–
12вл	0	0	5	0	1.25	62.0	62.0	–	–	–	–	–	–
13л	0	13	0	8	5.25	64.2	65.3	60.5	0.9	1.7	–	18.06.2008	94.2

Примечание:

Среднемесячное значение КПО – 63.3 мкг/м^3. Среднемесячное значение КПО в дни без осадков – 63.6 мкг/м^3. Среднемесячное значение КПО в дни с осадками – 61.2 мкг/м^3.

1. Типы ЭЦМ, характеризующиеся выходом южных циклонов на изучаемую территорию (2*б*, 8*бл*, 9*б*, 12*а*, 12*бл*, 13*л*);

2. Типы ЭЦМ, характеризующиеся наличием области повышенного давления над изучаемой территорией (2*а*, 3, 4*б*, 7*ал*, 9*а*, 10*б*).

При ЭЦМ первой группы изучаемая территория находится на периферии циклона. Как указывает Б.Д. Белан [2], повышение КПО в циклоническую погоду может быть обусловлено нахождением над рассматриваемой территорией передней части циклона, для которой характерны максимальные значения КПО. Это заключение он делает на основе анализа работы В.Г. Аршиновой с соавторами [1], в которой анализируется изменение содержания озона в зоне фронтов. Для подтверждения этого факта нами были рассмотрены карты погоды за 2010 г. за те дни, при которых наблюдались повышенные значения КПО при циклонических типах погоды [10, 11]. Рассмотрение карт погоды позволило подтвердить выдвинутое Б.Д. Беланом [2] объяснение повышенных значений КПО.

При второй группе типов циркуляции увеличение КПО обусловлено тем, что в условиях антициклонической погоды все примеси, источники которых на поверхности, прижимаются к земле. Кроме того, при антициклонической погоде велика вероятность вертикального переноса озона из стратосферы в тропосферу [2, 4].

Анализ многолетних колебаний суммарной продолжительности ЭЦМ с циклонической и антициклонической циркуляцией над рассматриваемой территорией за апрель – август 1899–2010 гг. показал, что продолжительность ЭЦМ с выходом южных циклонов в настоящее время наибольшая за весь период (60–105 дней за сезон), но намечается тенденция ее уменьшения, что видно по 10-летней скользящей средней (рис. 2). Продолжительность же ЭЦМ с антициклонической циркуляцией с 1994 г. растет (рис. 3), хотя существенно уступает суммарной продолжительности ЭЦМ с выходом южных циклонов (20–60 дней за сезон). В связи с этим можно предположить, что в ближайшее десятилетие интенсивность приземного загрязнения будет постепенно

Таблица 5. Среднее и максимальное значение КПО при различных ЭЦМ в июле (мкг/м^3)

ЭЦМ	Продолжительность ЭЦМ в июле (дни)				Среднее число дней	Среднее значение КПО			Превышение средних значений КПО при ЭЦМ			Экстремально высокие значения КПО	
	2007	2008	2009	2010		ЭЦМ	ЭЦМ без осадков	ЭЦМ с осадками	над среднемесячным	над среднемесячным в дни без осадков	над среднемесячным в дни с осадками	дата	Значение
2а	2	0	1	0	0.75	77.2	77.2	–	5.7	4.2	–	25.07.2007	100.9
2б	0	0	2	0	0.5	81.0	81.0	–	9.5	8.0	–	09.07.2009	89.6
3	4	3	3	0	2.5	67.6	68.7	62.9	–	–	1.2	11.07.2007	97.3
												12.07.2007	85.0
4б	0	6	0	0	1.5	72.3	72.3	–	0.8	–	–	20.07.2008	80.5
												21.07.2008	82.4
												22.07.2008	103.2
6	0	0	0	2	0.5	94.6	94.6	–	23.1	21.6	–	21.07.2010	99.8
												22.07.2010	89.4
8а	0	2	3	0	1.75	54.2	56.0	43.8	–	–	–	–	–
8бл	3	0	3	0	1.5	79.3	79.3	–	7.8	6.3	–	19.07.2007	81.4
												21.07.2007	98.1
												23.07.2009	83.9
8вл	0	0	0	4	1	71.0	73.7	63.0	–	0.7	1.3	–	–
8гл	2	0	0	0	0.5	58.8	58.8	–	–	–	–	–	–
9а	11	6	3	2	5.5	75.1	78.0	56.5	3.6	5.0	–	03.07.2007	97.5
												04.07.2007	118.3
												09.07.2007	81.6
												22.07.2007	110.6
												23.07.2007	97.5
												24.07.2007	90.6
												19.07.2010	89.5
10б	0	8	2	0	2.5	65.7	67.0	60.3	–	–	–	10.07.2009	83.9
												11.07.2009	82.6
12а	2	0	4	3	2.25	74.5	76.2	60.8	3.0	3.2	–	28.07.2008	98.3
												24.07.2009	86.3
												25.07.2010	85.8
12бл	7	0	5	1	3.25	71.1	73.1	60.0	–	0.1	–	29.07.2007	106.2
												30.07.2007	106.8
												31.07.2007	100.3
13л	0	6	3	19	7	71.7	72.2	69.2	0.2	–	7.5	12.07.2009	95.2
												18.07.2010	85.1
												30.07.2010	85.3
												31.07.2010	121.2

Примечание:

Среднемесячное значение КПО – 71.5 мкг/м^3. Среднемесячное значение КПО в дни без осадков – 73.0 мкг/м^3. Среднемесячное значение КПО в дни с осадками – 61.7 мкг/м^3.

нарастать, поскольку, как уже отмечалось, в антициклонах господствуют нисходящие движения воздуха, и вредные примеси прижимаются к земле.

Отдельно следует рассмотреть ситуации изменения КПО в дни с жидкими осадками. При высокой влажности увеличивается содержание влажных аэрозолей, на которых озон разрушается

Таблица 6. Среднее и максимальное значение КПО при различных ЭЦМ в августе (мкг/м^3)

ЭЦМ	Продолжительность ЭЦМ в августе (дни)				Среднее число дней	Среднее значение КПО			Превышение средних значений КПО при ЭЦМ			Экстремально высокие значения КПО	
	2007	2008	2009	2010		ЭЦМ	ЭЦМ без осадков	ЭЦМ с осадками	над среднемесячным	над среднемесячным в дни без осадков	над среднемесячным в дни с осадками	дата	Значение
2а	0	3	3	0	1.5	65.9	65.9	–	–	–	–	–	–
2б	1	0	0	0	0.25	86.0	86.0	–	13.4	12.9	–	21.08.2007	86.0
4а	0	0	0	3	0.75	95.1	95.1	–	22.5	22.0	–	07.08.2010	100.6
6	0	7	0	0	1.75	64.9	64.9	–	–	–	–	13.08.2008	87.9
8а	0	0	1	0	0.25	53.0	53.0	–	–	–	–	–	–
8гз	0	0	2	0	0.5	63.9	63.9	–	–	–	–	–	–
8гл	0	5	4	0	2.25	61.9	64.3	53.4	–	–	–	–	–
9а	2	4	0	9	3.75	77.5	76.9	86.3	4.9	3.8	24.9	10.08.2010	99.7
												18.08.2010	124.3
												19.08.2010	111.8
												20.08.2010	86.3
9б	0	0	0	1	0.25	87.8	87.8	–	15.2	14.7	–	27.08.2010	87.8
10б	3	1	2	0	1.5	65.0	65.0	–	–	–	–	–	–
12а	6	4	4	5	4.75	70.5	70.5	–	–	–	–	24.08.2010	93.7
												25.08.2010	97.9
												28.08.2010	103.3
												29.08.2010	88.8
12бл	10	0	8	6	6	79.2	81.3	56.9	6.6	8.2	–	01.08.2007	90.3
												05.08.2010	115.3
												06.08.2010	104.9
												13.08.2010	97.8
												14.08.2010	108.8
												15.08.2010	103.9
												16.08.2010	116.7
13з	0	0	3	0	0.75	68.6	68.6	–	–	–	–	–	–
13л	9	7	4	7	6.75	71.9	71.9	–	–	–	–	22.08.2007	89.5
												15.08.2008	88.7
												01.08.2009	96.4
												02.08.2009	90.0
												17.08.2009	106.2

Примечание:

Среднемесячное значение КПО – 72.6 мкг/м^3. Среднемесячное значение КПО в дни без осадков – 73.1 мкг/м^3. Среднемесячное значение КПО в дни с осадками – 61.4 мкг/м^3.

особенно быстро, но при выпадении жидких осадков не всегда наблюдается высокая абсолютная влажность. Так, можно выделить четыре варианта изменения значений КПО:

1) увеличение значений КПО при выпадении слабого дождя; 2) снижение значений КПО при выпадении слабого дождя; 3) увеличение значений КПО при выпадении сильного дождя; 4) снижение значений КПО при выпадении сильного дождя.

В результате можно говорить о том, что количество жидких осадков практически не оказывает воздействия на значение КПО. Гораздо большее значение имеет характеристика самих капель дождя и химические свойства дождевой воды [7]. Так, вторая ситуация связана с механизмом “вымывания” озона при повышенном содержании влаги в атмосфере. Характерное время вымывания озона уменьшается с уменьшением размера

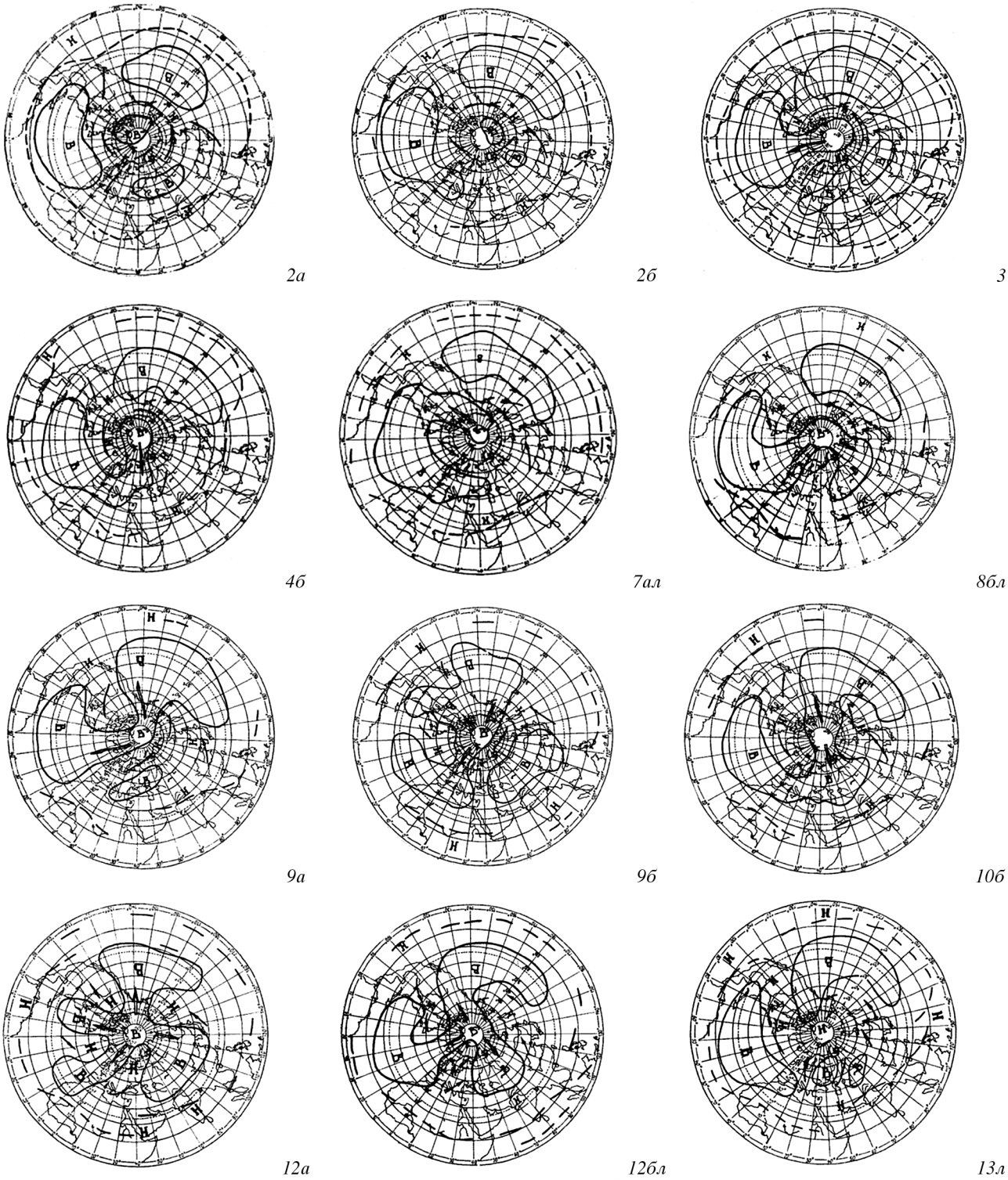

Рис. 1. Динамические схемы ЭЦМ с превышением средних по типу среднемесячных значений КПО. Буквы В и Н на схемах означают высокое и низкое давление. Широкие стрелки, направленные с севера на юг, показывают направление распространения блокирующих процессов; узкие стрелки с юга на север – пути выхода южных циклонов.

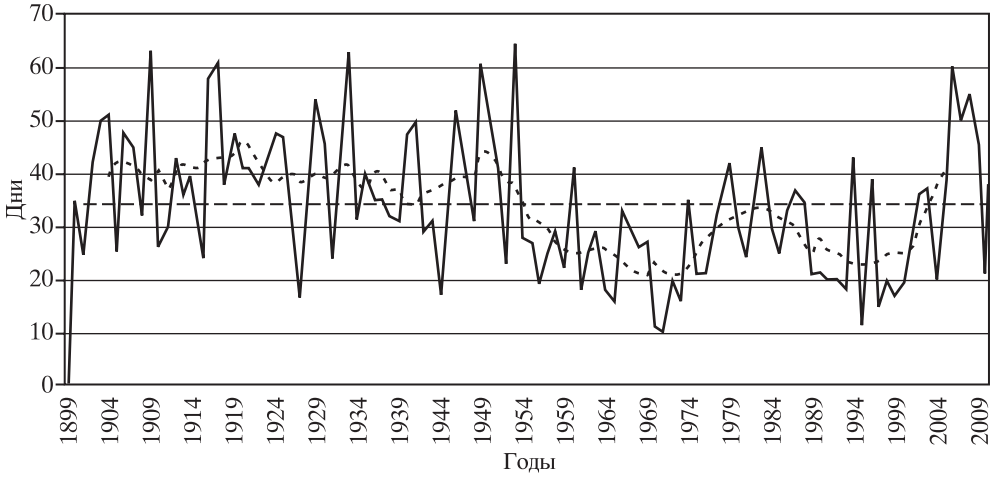

Рис. 2. Суммарная продолжительность в апреле – августе ЭЦМ 2б, 8бл, 9б, 12а, 12бл, 13л, характеризующихся выходом южных циклонов на рассматриваемую территорию: сплошная линия – ежегодные значения, точечный пунктир – 10-летняя скользящая средняя, пунктир – среднее значение за 1899–2010 гг.

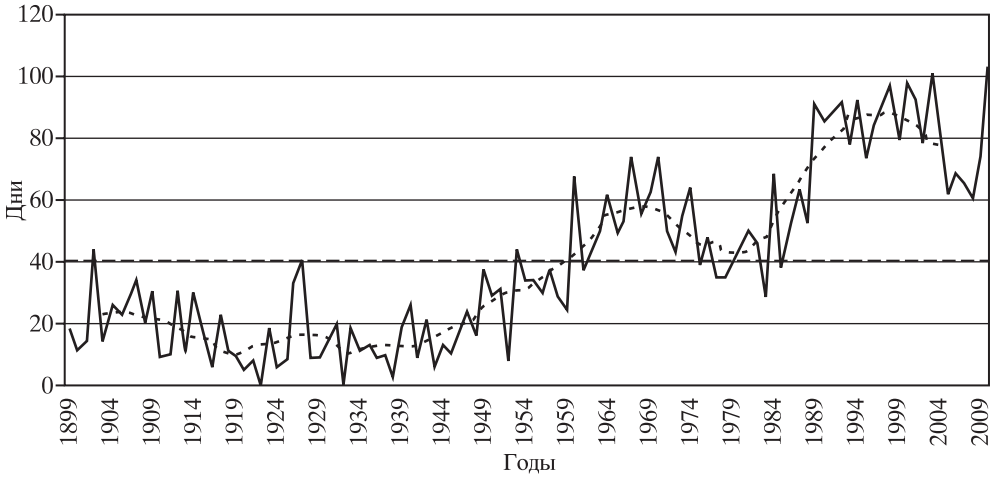

Рис. 3. Суммарная продолжительность в апреле – августе ЭЦМ 2а, 3, 4б, 7ал, 9а и 10б, характеризующихся антициклонической циркуляцией над рассматриваемой территорией: сплошная линия – ежегодные значения, точечный пунктир – 10-летняя скользящая средняя, пунктир – среднее значение за 1899–2010 гг.

капель, поэтому разрушение озона должно интенсивнее проходить в тумане, чем в каплях дождя [9]. Снижение значений КПО при условии сильного дождя может быть вызвано большой продолжительностью последнего, что приводит все же к “вымыванию” озона и его предшественников (оксидов серы и азота).

Увеличение значений КПО при слабом дожде также может происходить по нескольким причинам: 1) наличие гроз, что, как указывает Б.Д. Белан [2], приводит к синтезу озона в тропосфере; 2) выход на рассматриваемую территорию периферийной части южного циклона.

Дело в том, что приход циклона на рассматриваемую территорию приведёт к повышению значений КПО, о чем уже говорилось ранее. И даже если вхождение этого циклона будет сопровождаться наличием дождя, вымывание озона безусловно будет происходить, однако значения КПО по сравнению с данными за предыдущие дни могут быть выше.

Увеличение значений КПО при сильном дожде так же, как и в предыдущем случае, может быть обусловлено наличием гроз и вхождением периферийной части южного циклона. Дело в том, что сильные осадки, как правило, характеризуются большими размерами капель, что при условии невысокой продолжительности дождя не приведет к вымыванию поступившего на рассматриваемую территорию озона.

Как видно из таблиц 2–6, среднемесячное значение КПО в дни с осадками во все месяцы меньше, чем общее среднемесячное значение, а средне-

месячное значение КПО в дни без осадков во все месяцы больше него. Наименьшее различие между всеми тремя величинами отмечается в июне, наибольшие – в июле и августе. В эти месяцы среднемесячное значение КПО в дни с осадками существенно ниже, чем в дни без осадков и общее среднее. При некоторых ЭЦМ среднемесячное значение КПО в дни с осадками, по указанным ранее причинам, оказалось выше, чем в дни без осадков. В апреле это ЭЦМ 9*б*, 12*бл* и 12*вл* (табл. 2), в июне – ЭЦМ 6 и 9*а* (табл. 4), в августе – ЭЦМ 9*а* (табл. 6). Как видим, антициклонический ЭЦМ 9*а* в июне и августе оказывается наиболее опасным в отношении загрязнения приземным озоном в дни с осадками. В то же время при других ЭЦМ среднемесячное значение КПО в дни с осадками оказывается существенно меньше, чем в дни без осадков. В апреле это ЭЦМ 10*а*, 12*а* и 13*з*, а в июне – ЭЦМ 10*б*. Значительные превышения в каждом месяце за исследованный период дают ЭЦМ 9*а* (кроме апреля), 12*а*, 12*бл* (кроме июня) и 13*л*.

Выводы. Проведенное исследование позволило выделить типы макроциркуляционных процессов Северного полушария, при которых на рассматриваемой территории происходит увеличение концентрации приземного озона, и выявить причины такого увеличения. Для более детального анализа связи между концентрациями приземного озона и господствующими типами элементарных циркуляционных механизмов необходимы более длительные ряды наблюдений за КПО.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект №11-05-00573).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Аршинова В.Г., Белан Б.Д., Рассказчикова Т.М., Рогов А.Н. и др.* Изменения концентрации озона в приземном слое воздуха при прохождении атмосферных фронтов // Оптика атмосферы и океана. 1995. Т. 8. № 4. С. 625– 632.
2. *Белан Б.Д.* Озон в тропосфере. Томск: Изд-во Института оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, 2010. 527 с.
3. *Дзердзеевский Б.Л.* Избранные труды. Общая циркуляция атмосферы и климат. М.: Наука, 1975. 288 с.
4. *Колесник В.Е., Лапченко В.А., Левченко М.В., Гущин Г.К.* Сопоставление динамики общего и приземного озона в условиях Карадага // Карадаг – 2009: Сборник научных трудов, посвящённый 95-летию Карадагской научной станции и 30-летию Карадагского природного заповедника Национальной академии наук Украины / Ред. А.В. Гаевская, А.Л. Морозова. Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2009. С. 425–432.
5. *Кононова Н.К.* Классификация циркуляционных механизмов Северного полушария по Б.Л. Дзердзеевскому. М.: Воентехиниздат, 2009. 372 с.
6. *Кононова Н.К.* Колебания циркуляции атмосферы Северного полушария в XX – начале XXI века. Режим доступа: www.atmospheric-circulation.ru
7. *Лапченко В.А., Лапченко Е.В., Знаменская Л.В.* Мониторинг приземного озона в Карадагском природном заповеднике // Карадаг – 2009: Сборник научных трудов, посвящённый 95-летию Карадагской научной станции и 30-летию Карадагского природного заповедника Национальной академии наук Украины / Ред. А.В. Гаевская, А.Л. Морозова. Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2009. С. 419–424.
8. *Матвеев Л.Т.* Курс общей метеорологии. Физика атмосферы. Л.: Гидрометеоиздат, 1976. 639 с.
9. *Румянцев С.А., Ролдугин В.К.* Удаление озона из приземного слоя атмосферы водными каплями // Метеорология и гидрология. 1998. № 10. С. 38–45.
10. Синоптический бюллетень Северного полушария за 2010 г. Москва: Гидрометцентр России, 2011.
11. Система обслуживания гидрометеорологической информацией CliWare. Режим доступа: http://cliware.meteo.ru

Interaction between the atmospheric circulation and ground-level ozone concentration in Karadag Nature Reserve of the Nas of Ukraine

R.V. Gorbunov[*, **], N.K. Kononova[***], V.A. Lapchenko[*], T.Y. Besedina[**]

[*]*Karadag Nature Reserve, NAS of Ukraine*

[**]*Taurida National V.I. Vernadsky University*

[***]*Institute of Geography, RAS*

The results of research on the role of the macrocirculation processes in the northern hemisphere according to the classification of BL Dzerdzeevskii in the formation of ground-level ozone concentrations in the Karadag Nature Reserve National Academy of Sciences of Ukraine are shown. Types of elementary circulatory mechanisms under which ground-level ozone concentrations increases in the territory are identified, as well as the reasons of such increases.