

# ЗАЩИТА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

## О НЕОБХОДИМОСТИ СОЗДАНИЯ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА ПРИЗЕМНОГО ОЗОНА В КРЫМУ\*

<sup>1</sup> В.Г. Пивоваров, <sup>1,2</sup> Р.В. Горбунов, <sup>1</sup> А.И. Сальников

<sup>1</sup> Таврическая академия, ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского»

*пр. Академика Вернадского, д. 4, г. Симферополь, Республика Крым, Россия, 295007*

<sup>2</sup> Научно-образовательный центр ноосферологии и устойчивого ноосферного развития, ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского»  
*пр. Академика Вернадского, д. 2, г. Симферополь, Республика Крым, Россия, 295007*

В работе на основе анализа погодно-климатических и антропогенных факторов показана актуальность создания сети озонметрических станций в Крыму. Представлены разработанные в рамках проекта РФФИ и Республики Крым «Разработка и создание элемента действующего сегмента сети автоматических станций мониторинга атмосферы, исследование с его помощью механизмов образования приземного озона» структура, состав основных блоков и узлов системы мониторинга озона.

**Ключевые слова:** озон, мониторинг, Крым, погодно-климатические факторы, антропогенные факторы.

По международной классификации приземный озон входит в первую шестерку веществ, подлежащих постоянному контролю (вместе с NO, NO<sub>2</sub>, CO, SO<sub>2</sub> и аэрозолям) [1]. 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 и серы естественного и антропогенного происхождения [9].

Именно озон в большинстве случаев является истинной причиной многих хронических заболеваний слизистых оболочек глаз, полости рта и носа, болезней кожного покрова, а также таких важных болезней, как сахарный диабет, артери-

---

\* Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ и Республики Крым в рамках научного проекта 14-45-01536 p\_юг\_a.

альная гипертензия, астма и ряд других [5–7]. Причины такой агрессии озона связаны с его радикальным влиянием на окислительные процессы внутри организма. Хорошо известны и описаны в литературе эпидемии аллергических заболеваний, которые проявляются в жаркие периоды и являются следствием резкого повышения концентрации озона в нижних слоях атмосферы.

Несмотря на огромный интерес, проявляемый исследователями к механизму генерации озона, его действию на биологические системы, влиянию на все химические процессы в атмосфере, многие важные вопросы, связанные с природой озона, его временным и пространственным структурированием, прогнозом его появления в конкретных местах и др. остается неясным. Вместе с тем важность исследования тропосферного озона выходит на первый план во всех регионах мира, прежде всего в тех регионах, где располагаются густонаселенные, промышленные и курортно-туристические центры.

Крымский полуостров, являясь одним из важнейших курортно-туристических регионов страны, должен обеспечить качественные и безопасные условия для отдыха и оздоровления населения. В связи с этим одной из важнейших стратегических задач развития должна стать экологическая безопасность, которая может быть обеспечена только при условии создания сети станций экологического мониторинга. Целью данной работы явилось обосновать необходимость мониторинга приземного озона в Крыму, как составной части общего экологического мониторинга.

**Результаты исследований и их обсуждение.** Синтез приземного озона происходит в условиях жаркой сухой погоды при наличии веществ предшественников — оксидов серы и азота [1]. Рассмотрим погодно-климатические и антропогенные предпосылки синтеза приземного озона на территории Крымского полуострова.

Особенности формирования озона при различных типах атмосферной циркуляции рассмотрены в [2]. Были выявлены две группы синоптических процессов по различиям генезиса повышенных значений концентраций приземного озона: 1) характеризующиеся выходом на Крым южных циклонов; 2) характеризующиеся наличием области повышенного давления над изучаемой территорией.

В первом случае Крым оказывается на периферии циклона. Как указывает Б.Д. Белан [1], повышение концентраций приземного озона в циклоническую погоду может быть обусловлено нахождением над рассматриваемой территорией передней части циклона, для которой характерны максимальные значения концентраций приземного озона.

Во втором случае 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 [1; 8].

Анализ многолетних колебаний суммарной продолжительности типов элементарных циркуляционных механизмов (по Б.Л. Дзержевскому [3]) с циклонической и антициклонической циркуляцией над рассматриваемой территорией показал, что намечается тенденция роста продолжительности типов с антициклонической циркуляцией, что означает рост концентраций приземного озона в Крыму [2].

Помимо нисходящих потоков воздуха, прижимающих примеси к поверхности земли, рост антициклонической активности приводит на территории Крыма к росту температуры воздуха. Анализ климатических норм температуры воздуха в Крыму по циркуляционным эпохам позволяет говорить о росте температуры в последний циркуляционный период на всех метеостанциях и об усилении континентальности климата, которая, в свою очередь, вызывает снижение осадков, а следовательно, и влажности воздуха. Увеличение сухости климата в Причерноморье, как показывают работы экспертов группы IPCC, будет сопровождаться увеличением ливневых осадков [12]. Ливневые осадки характеризуются, как правило, большими размерами капель, и эффект «вымывания» озона не происходит [10]. Таким образом, можно говорить о том, что в Крыму формируются благоприятные условия для повышения концентраций приземного озона.

Источниками загрязнения атмосферного воздуха в Республике Крым являются промышленные предприятия и различные виды транспорта.

За 2013 год в атмосферу Республики Крым стационарными источниками загрязнения было выброшено 26,552 тыс. т вредных веществ. Основными стационарными источниками загрязнения атмосферного воздуха являются предприятия 1-й группы влияния на окружающую среду Перекопского промышленного узла, ПАО «Крымский содовый завод», ЧАО «Крымский ТИТАН». Выбросы от химического производства составляют до 60% от общего объема выбросов стационарными источниками Республики Крым [4]. В таблице 1 показана динамика выбросов вредных веществ от стационарных источников за 2009—2013 гг. Несмотря на общий тренд снижения выбросов, их уровень остается достаточным для формирования условий синтеза приземного озона.

Таблица 1

**Динамика выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух от стационарных источников загрязнения в Республике Крым по отдельным населенным пунктам (тыс. т) [4]**

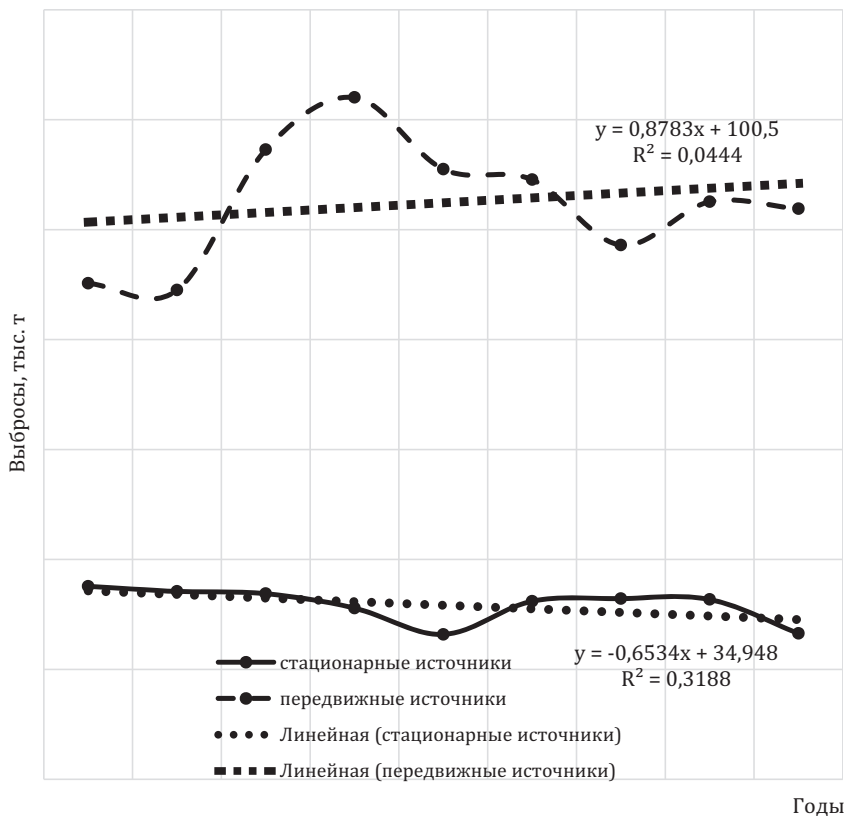
Населенный пункт	Год				
	2009	2010	2011	2012	2013
Алушта	0,178	0,175	0,129	0,97	0,193
Армянск	7,31	12,065	12,711	13,666	5,676
Джанкой	0,782	1,138	1,17	1,025	0,849
Евпатория	0,256	0,25	0,22	0,2	0,203
Керчь	1,645	1,867	1,788	1,681	1,692
Красноперекопск	6,912	7,854	7,834	7,252	6,941
Саки	0,044	0,049	0,05	0,071	0,074
Симферополь	2,239	2,119	1,877	1,882	2,512
Судак	0,05	0,04	0,057	0,054	0,058
Феодосия	0,593	0,591	0,824	0,778	1,766
Ялта	0,496	0,446	0,488	0,453	0,634
Республика Крым	26,363	32,334	32,867	32,723	26,552

Ведущим источником выбросов предшественников приземного озона является автотранспорт. Средняя плотность автодорог в расчете на единицу площади довольно высокая и составляет 244 км/тыс. км<sup>2</sup>. Общая протяженность автодорог составляет 6625 км, вокруг которых формируются полосы устойчивого загрязнения [11]. В 2013 году выбросы от передвижных источников загрязнения состави-

ли 103,802 тыс. т. При этом в Крыму общий объем выбросов увеличивается за счет транзитного транспорта, особенно в летний период, что значительно увеличивает выбросы в атмосферу [4].

Если рассматривать выбросы от передвижных и стационарных источников в целом по Крыму в многолетней динамике, то видно, что на фоне снижения выбросов от стационарных источников, о котором говорилось выше, наблюдается положительный тренд выбросов от передвижных источников (рис. 1). Эта тенденция будет сохраняться, учитывая возрастающую роль автотранспортных перевозок в Крыму.

Таким образом, погодно-климатические и антропогенные факторы совместно формируют условия для роста концентраций приземного озона в Крыму, что определяет актуальность создания системы его мониторинга.



**Рис. 1.** Динамика выбросов в атмосферу от стационарных и передвижных источников в Республике Крым (тыс. т) (по данным [4])

Мониторинг должен проводиться с помощью системы озонометрических станций (порядка 10), установленных в различных районах Крыма, данные с которых должны автоматически поступать в единый координационный центр. Места, где возможно расположить автоматические станции, должны быть определены исходя из интересов курортно-рекреационного и сельскохозяйственного комплексов.

В рамках выполнения проекта РФФИ и Республики Крым «Разработка и создание элемента действующего сегмента сети автоматических станций монито-

ринга атмосферы, исследование с его помощью механизмов образования приземного озона» С.Н. Котельниковым предложена структура, состав основных блоков и узлов разрабатываемой системы мониторинга озона, его предшественников и метеопараметров. Была проведена разработка блок-схемы и определены взаимосвязи между отдельными блоками.

Разработаны следующие технические решения по структуре системы мониторинга, подсистем, средствам и способам связи для информационного обмена между компонентами системы (рис. 2).

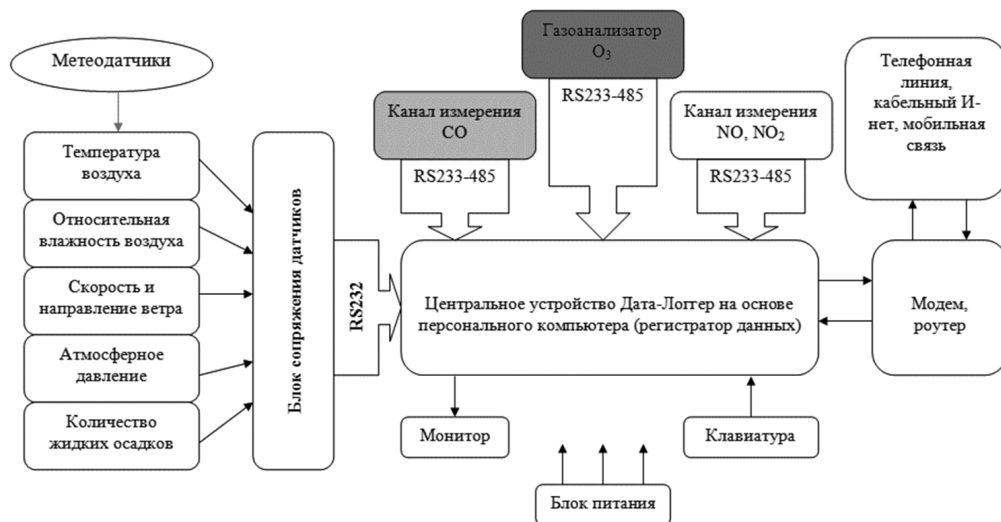


Рис. 2. Структурная блок-схема системы мониторинга приземного озона, с каналами для измерения оксида углерода, оксидов азота и метеопараметров

Система должна состоять из следующих подсистем: 1) подсистема измерения, сбора и передачи метеорологической информации; 2) подсистема измерения и передачи концентраций озона, оксида углерода и оксидов азота; 3) подсистема сбора, обработки, визуализации, хранения и передачи информации о концентрациях озона, оксида углерода, оксидов азота и физических параметров атмосферы; 4) подсистема измерения, сбора и передачи метеорологической информации реализована на основе автоматической метеостанции типа Weather Monitor II. Метеостанция в автоматическом режиме измеряет параметры атмосферы и передает через последовательный интерфейс RS 232 данные в центральное устройство.

Последовательные интерфейсы используются для связи двух или более устройств между собой. Характерная черта таких интерфейсов — использование последовательного метода передачи цифровой информации, при котором данные передаются последовательно бит за битом, для чего используется всего лишь одна линия. При этом физическая реализация двустороннего обмена может осуществляться с помощью 2–3 проводов.

Последовательные интерфейсы отличаются лучшей помехоустойчивостью (здесь не учитывается влияние типа линий передачи), поскольку в них исключено взаимное влияние между линиями данных (фактически линия данных всего одна, а например, в 8-разрядном параллельном интерфейсе — 8). Аппаратная

составляющая интерфейса регламентируется стандартом RS-232 (EIA/TIA — 232 — E) Ассоциации электронной промышленности и рекомендациями V.24 Международного консультативного комитета по телеграфии и телефонии.

Подсистема измерения и передачи концентраций озона, оксида углерода и оксидов азота реализована на основе автоматических газоанализаторов озона марки 3-02-ПА, оксида углерода марки К-100, оксидов азота марки Р-310. Газоанализаторы работают в автоматическом режиме и передают измеренные данные через последовательный порт RS 232. Подсистема сбора, обработки, визуализации, хранения и передачи информации о концентрациях озона, оксида углерода, оксидов азота и физических параметров атмосферы реализована на основе персонального компьютера (ПК). В состав подсистемы, дополнительно к стандартной комплектации ПК, входят дополнительные платы расширителей СОМ портов, внутренний или внешний модем, сетевая карта.

Необходимо отметить, что в Крыму на базе Карадагского природного заповедника уже действует озонметрическая станция, вторая установка начала функционировать в г. Симферополе на базе географического факультета Крымского федерального университета им. В.И. Вернадского.

Для непрерывной работы мониторинговой структуры необходима не только скоординированная работа автоматических озонметрических станций, но и подготовка молодых специалистов. Для этого в Крымском федеральном университете им. В.И. Вернадского должен быть создан научно-образовательный центр, который будет готовить молодых исследователей, занимающихся наблюдениями, научными исследованиями в области атмосферных загрязнителей и озона. Этот же центр должен разрабатывать рекомендации для оздоровительного и сельскохозяйственного комплексов, заниматься научными исследованиями, разработкой новых оперативных методов наблюдения за состоянием атмосферы в степной, горной и прибрежной экосистемах Крыма.

**Выводы.** Погодно-климатические и антропогенные факторы формируют благоприятные условия для синтеза приземного озона на территории Крымского полуострова. Учитывая тенденции изменения климата, можно прогнозировать рост концентраций приземного озона в Крыму. Эти обстоятельства определяют актуальность создания в Крыму сети станций озонметрических станций с единым координационным центром.

В рамках выполнения проекта РФФИ и Республики Крым «Разработка и создание элемента действующего сегмента сети автоматических станций мониторинга атмосферы, исследование с его помощью механизмов образования приземного озона» предложена структура, состав основных блоков и узлов разрабатываемой системы мониторинга озона, его предшественников и метеопараметров. Была проведена разработка блок-схемы и определены взаимосвязи между отдельными блоками.

Необходимо создание научно-образовательного центра, занимающегося подготовкой молодых исследователей в области охраны атмосферного воздуха, разработкой рекомендаций для курортно-рекреационного и сельскохозяйственного комплексов, научными исследованиями, разработкой новых оперативных методов наблюдения за состоянием атмосферы.

## ЛИТЕРАТУРА

- [1] Белан Б.Д. Озон в тропосфере. Томск: Изд-во Института оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, 2010.
- [2] Горбунов Р.В., Кононова Н.К., Лапченко В.А., Беседина Т.Ю. Взаимосвязь между циркуляцией атмосферы и концентрацией приземного озона на территории Карадагского природного заповедника НАН Украины // Известия РАН. Серия Географическая. 2014. № 1. С. 56–54.
- [3] Дзердзеевский Б.Л., Курганская В.М., Витвицкая З.М. Типизация циркуляционных механизмов в северном полушарии и характеристика синоптических сезонов // Тр. н.-и. учреждений Гл. упр. гидрометеорол. службы при Совете Министров СССР. Сер. 2 «Синоптическая метеорология». М.: Гидрометиздат, 1946. Вып. 21. 80 с.
- [4] Доклад о состоянии и охране окружающей среды Республики Крым в 2013 году. Министерство экологии и природных ресурсов Крыма. URL: [http://meco.rk.gov.ru/rus/file/doklad\\_eco\\_2013.pdf](http://meco.rk.gov.ru/rus/file/doklad_eco_2013.pdf)
- [5] Звягинцев А.М., Блюм О.Б., Глазкова А.А., Котельников С.Н., Кузнецова И.Н., Лапченко В.А., Лезина Е.А., Миллер Е.А., Миляев В.А., Попиков А.П., Семутникова Е.Г., Тарасова О.А., Шальгина И.Ю. Аномалии концентраций малых газовых составляющих в воздухе европейской части России и Украины летом 2010 г. // Оптика океана и атмосферы. 2011. Т. 24. № 7. С. 582–588.
- [6] Звягинцев А.М., Блюм О.Б., Глазкова А.А., Котельников С.Н., Кузнецова И.Н., Лапченко В.А., Лезина Е.А., Миллер Е.А., Миляев В.А., Попиков А.П., Семутникова Е.Г., Тарасова О.А., Шальгина И.Ю. Загрязнение воздуха на Европейской части России и в Украине в условиях жаркого лета 2010 года // Известия РАН. Физика атмосферы и океана. 2011. Т. 47. № 6. С. 757–766.
- [7] Звягинцев А.М., Иванова Н.С., Блюм О.Б., Котельников С.Н., Крученицкий Г.М., Кузнецова И.Н., Лапченко В.А. Содержание озона над территорией Российской Федерации в третьем квартале 2010 г. // Метеорология и гидрология. 2010. № 11. С. 115–120.
- [8] Колесник В.Е., Лапченко В.А., Левченко М.В., Гуцин Г.К. Сопоставление динамики общего и приземного озона в условиях Карадага // Карадаг—2009: сб. научных трудов, посвященный 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.
- [9] Матвеев Л.Т. Курс общей метеорологии. Физика атмосферы. Л.: Гидрометеиздат, 1976.
- [10] Румянцев С.А., Ролдугин В.К. Удаление озона из приземного слоя атмосферы водными каплями // Метеорология и гидрология. 1998. № 10. С. 38–45.
- [11] Экология Крыма. Справочное пособие / под ред. Н.В. Багрова, В.А. Бокова. Симферополь: Крымское учебно-педагогическое государственное издательство, 2003.
- [12] Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change / [S. Solomon, D. Qin, M. Manning and others]. Cambridge: Cambridge University Press, 2007. 996 pp.

## ABOUT THE NEED OF CREATION OF GROUND-LEVEL OZONE MONITORING SYSTEM IN CRIMEA

<sup>1</sup> V.G. Pivovarov, <sup>1,2</sup> R.V. Gorbunov, <sup>1</sup> A.I. Salnikov

<sup>1</sup> Taurida Academy, V.I. Vernadsky Crimean Federal University  
Vernadsky Avenue, 4, Simferopol, Republic of Crimea, Russian Federation, 295007

<sup>2</sup> Research and Education Center of Noospherology and Sustainable Noospheric Development,  
V.I. Vernadsky Crimean Federal University  
Vernadsky Avenue, 2, Simferopol, Republic of Crimea, Russian Federation, 295007

The paper shows that weather-climatic and anthropogenic factors form favorable conditions for the synthesis of ground-level ozone on the Crimean peninsula. As part of the project RFBR and the Republic of Crimea “Design and creation of element of functioning segment of the atmosphere monitoring system, study with help of it of ground-level ozone formation mechanisms” structure, the composition of the basic blocks and units of the developed monitoring system of ozone and its precursors and meteorological parameters were proposed.

**Key words:** ozone, monitoring, Crimea, weather-climatic factors, anthropogenic factors.

## REFERENCES

- [1] Belan B.D. Ozon v troposfere [Ozone in the troposphere] — Tomsk: Izd-vo Instituta optiki atmosfery im. V.E. Zueva SO RAN [Publishing House of the Institute of Atmospheric Optics name V.E. Zueva, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences]. 2010.
- [2] Gorbunov R.V., Kononova N.K., Lapchenko V.A., Besedina T.Ju. Vzaimosvjaz' mezhdru cirkuljaciej atmosfery i koncentraciej prizemnogo ozona na territorii Karadagskogo prirodnoho zapovednika NAN Ukrainy [Relationship between atmospheric circulation and the concentration of ground-level ozone on the territory of Karadag nature reserve National Academy of Sciences of Ukraine]. Izvestija RAN. Serija Geograficheskaja. [Proceedings of the Academy of Sciences. Geographical Series.]. 2014. № 1, pp. 56–54.
- [3] Dzerdzeevskij B.L., Kurganskaja V.M., Vitvickaja Z.M. Tipizacija cirkuljacionnyh mehanizmov v severnom polusharii i harakteristika sinopticheskikh sezonov. [Typing circulation mechanisms in the northern hemisphere and characteristics of synoptic seasons]. Tr. n.-i. uchrezhdenij Gl. upr. gidrometeorol. sluzhby pri Sovete Ministrov SSSR. Ser. 2. Sinopticheskaja meteorologija [Proceedings of the scientific-research institutions Main Department of the Hydrometeorological Service of the Council of Ministers of the USSR. Series 2. Of synoptic meteorology]. M.: Gidrometizdat, 1946, Vol. 21.
- [4] Doklad o sostojanii i ohrane okruzhajushhej sredy Respubliki Krym v 2013 godu [Elektronnyj resurs]. [Report on the State and Environmental Protection of the Republic of Crimea in 2013. Available at: [http://meco.rk.gov.ru/rus/file/doklad\\_eco\\_2013.pdf](http://meco.rk.gov.ru/rus/file/doklad_eco_2013.pdf)
- [5] Zvjagincev A.M., Bljum O.B., Glazkova A.A., Kotel'nikov S.N., Kuznecova I.N., Lapchenko V.A., Lezina E.A., Miller E.A., Miljaev V.A., Popikov A.P., Semutnikova E.G., Tarasova O.A., Shalygina I.Ju. Anomalii koncentracij malyh gazovyh sostavljajushhij v vozduhe evropejskoj chasti Rossii i Ukrainy letom 2010 g [Anomalies in the concentration of trace gases in the air of the European part of Russia and Ukraine in the summer of 2010]. Optika okeana i atmosfery. [Optics of atmosphere and ocean.]. 2011, vol. 24, № 7, pp. 582–588.
- [6] Zvjagincev A.M., Bljum O.B., Glazkova A.A., Kotel'nikov S.N., Kuznecova I.N., Lapchenko V.A., Lezina E.A., Miller E.A., Miljaev V.A., Popikov A.P., Semutnikova E.G., Tarasova O.A., Shalygina I.Ju. Zagrijaznenie vozduha na Evropejskoj chasti Rossii i v Ukraine v uslovijah zharkogo leta 2010 goda [Air pollution in the European part of Russia and Ukraine in the hot summer of 2010]. Izvestija RAN. Fizika atmosfery i okeana. [Proceedings of the Academy of Sciences. Physics of the atmosphere and ocean]. 2011, vol. 47. № 6. pp. 757–766.
- [7] Zvjagincev A.M., Ivanova N.S., Bljum O.B., Kotel'nikov S.N., Kruchenickij G.M., Kuznecova I.N., Lapchenko V.A. Soderzhanie ozona nad territoriej Rossijskoj Federacii v tret'em kvartale 2010 g. [The content of ozone over the territory of the Russian Federation in the third quarter of 2010]. Meteorologija i gidrologija. [Meteorology and Hydrology]. 2010. № 11. pp. 115–120.
- [8] Kolesnik V.E., Lapchenko V.A., Levchenko M.V., Gushhin G.K. Sopostavlenie dinamiki obshhego i prizemnogo ozona v uslovijah Karadaga [A comparison of the dynamics of the general and ground-level ozone under Karadag]. Karadag—2009: Sbornik nauchnyh trudov, posvjashhjonnyj 95-letiju Karadagskoj nauchnoj stancii i 30-letiju Karadagskogo prirodnoho zapovednika Nacional'noj akademii nauk Ukrainy. [Collection of scientific works dedicated to the 95th anniversary of Karadag Research Station and the 30th anniversary of Karadag nature reserve of



- the National Academy of Sciences of Ukraine] / Red. A.V. Gaevsckaja, A.L. Morozova. Sevastopol': JeKOSI-Gidrofizika. [Sevastopol: ECOS-Hydrophysics], 2009, pp. 425–432.
- [9] Matveev L.T. Kurs obshhej meteorologii. Fizika atmosfery. [General meteorology course. The physics of the atmosphere]. L.: Gidrometeoizdat, 1976.
- [10] Rumjancev S.A., Roldugin V.K. Udalenie ozona iz prizemnogo sloja atmosfery vodnymi kapljami [Removal of ozone from the surface layer of the atmosphere of water droplets]. Meteorologija i gidrologija [Meteorology and Hydrology]. 1998. № 10. pp. 38–45.
- [11] Jekologija Kryma. Spravochnoe posobie [Ecology Crimea. Reference manual] / Pod red. N.V. Bagrova, V.A. Bokova. Simferopol': Krymskoe uchebno-pedagogicheskoe gosudarstvennoe izdatel'stvo. [Simferopol, Crimean State Pedagogical teaching and publishing], 2003.
- [12] Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. [S. Solomon, D. Qin, M. Manning and others]. Cambridge, Cambridge University Press, 2007.