

УДК 551.577.55

**ВОЗДЕЙСТВИЕ НАПРАВЛЕНИЯ И СКОРОСТИ ВЕТРА НА УРОВЕНЬ
ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРНЫХ ОСАДКОВ В СТЕПНОМ КРЫМУ****Юрий Владимирович Плугатарь, Ольга Евгеньевна Клименко**

Никитский ботанический сад – Национальный научный центр
298648, Республика Крым, г. Ялта, пгт Никита
olga.gnbs@mail.ru

В статье приведены результаты содержания химических примесей в атмосферных осадках степного Крыма (с. Новый Сад Симферопольского района Республики Крым). Установлены зависимости концентраций ионов SO_4^{2-} и NO_3^- от направления и скорости приземного ветра. Обсуждаются источники поступления химических примесей и их переноса в зависимости от направления и силы ветра.

Ключевые слова: атмосферные осадки; загрязнение; направление и скорость ветра; степной Крым.

Введение

Загрязнение воздуха в результате антропогенной деятельности – глобальная экологическая проблема. Оно связано с работой промышленных предприятий, сжиганием ископаемого топлива в теплоэлектростанциях, промышленных котельных, двигателях внутреннего сгорания и др. Загрязнение воздуха оксидами приводит к возникновению кислотных осадков, образованию других загрязняющих веществ в результате фотохимических реакций, что вызывает заболевания населения, наносит вред природным и сельскохозяйственным экосистемам, приводит к разрушению зданий, сооружений и т.д. Вредные выбросы предприятий и автотранспорта могут переноситься на большие расстояния – сотни и даже тысячи километров. Этому в немалой степени способствует принятая некогда «политика высоких труб» как эффективное средство против загрязнения приземного воздуха.

Распространению вредных примесей способствует, прежде всего, перемещение воздушных масс, связанное с перепадами атмосферного давления и розой ветров определенного места, где ведутся наблюдения [2]. Загрязнение воздуха и выпадение КО зависят от преимущественного направления ветра и повторяемости его по месяцам и сезонам года, а также положения района по отношению к источникам выброса вредных веществ [3, 7].

Степной Крым является чистым сельскохозяйственным районом, однако нередко здесь отмечается подкисление атмосферных осадков, вызванное повышенным содержанием химических примесей, что может быть токсичным для сельскохозяйственных растений, в том числе и плодовых [5]. Возможно, что загрязнение осадков в данном районе обусловлено их переносом из промышленных центров, а также с возникновением местных точечных стационарных источников загрязнения и транзитного автотранспорта.

В связи с этим целью исследования было определить направления и скорости ветра, при которых наблюдаются наиболее высокие уровни загрязнения атмосферных осадков химическими примесями в степном Крыму.

Объекты и методы исследования

Исследования проводили в 2001 – 2005 гг. на территории отдела степного растениеводства НБС – ННЦ (с. Новый Сад Симферопольского района Республики Крым, рис. 1). Химический состав атмосферных осадков определяли после каждого выпадения суммой более 2 мм химическими и потенциметрическими методами [8]. Данные направления и силы ветра по румбам получены на ведомственной метеостанции Степного отделения (СО НБС – ННЦ), находящейся в 25 км к северо-северо-западу от Симферополя (45°09' с. ш.; 34°05' в. д.; h = 143 м).

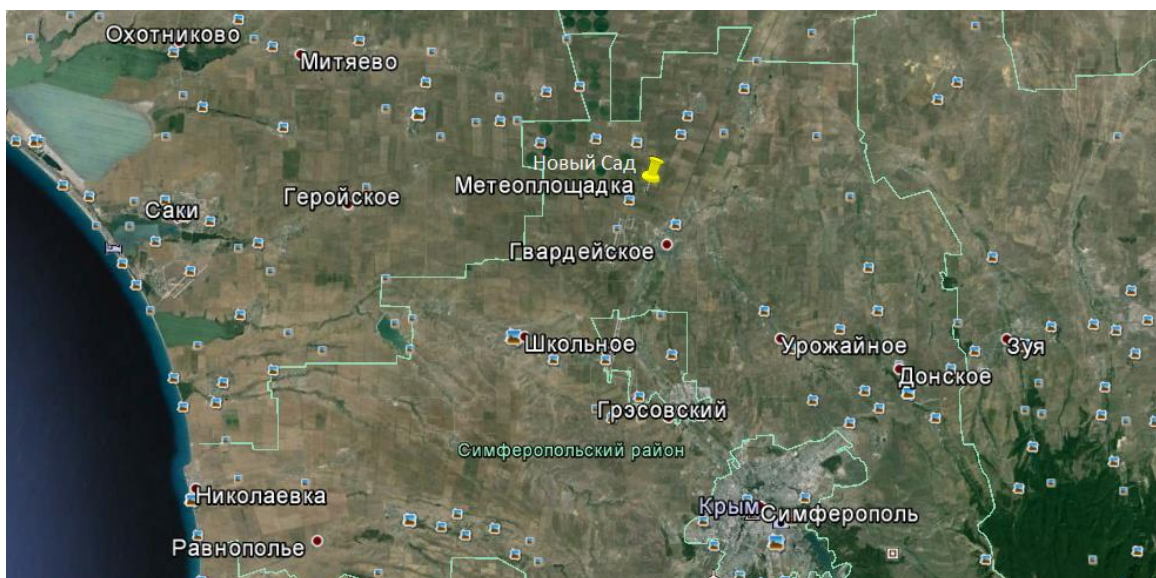


Рис. 1 Схема расположения пункта наблюдений, с. Новый сад, метеоплощадка

Средняя повторяемость направлений ветра приведена в процентах от общего числа наблюдений за год без учета штиля. Повторяемость штиля вычислена в процентах от общего числа наблюдений.

Анализ концентрации химических примесей в атмосферных осадках в зависимости от направления и скорости ветра проводился по содержанию ионов SO_4^{2-} и NO_3^- – основных загрязняющих осадки ионов, как было показано ранее [5]. Данные обработаны статистическими методами, достоверным принят 5% уровень значимости.

Результаты и обсуждение

Анализ данных долговременных метеорологических наблюдений показывал, что в исследуемом районе преобладают ветры восточного (22 %) и северо-восточного (19 %) направлений. Большую долю составляют также ветры юго-западного и южного румбов (рис. 2 А).

В период исследований во время выпадения осадков абсолютно преобладали ветры юго-западного направления (39%) со значительным снижением повторяемости ветров южного и восточного направлений (рис. 2 Б). Существенно снизилась и повторяемость штилей с 25% по средним многолетним данным, до 7% в дни с осадками в годы исследований. Это свидетельствует о том, что в даты выпадения осадков преобладали ветры юго-западного направления.

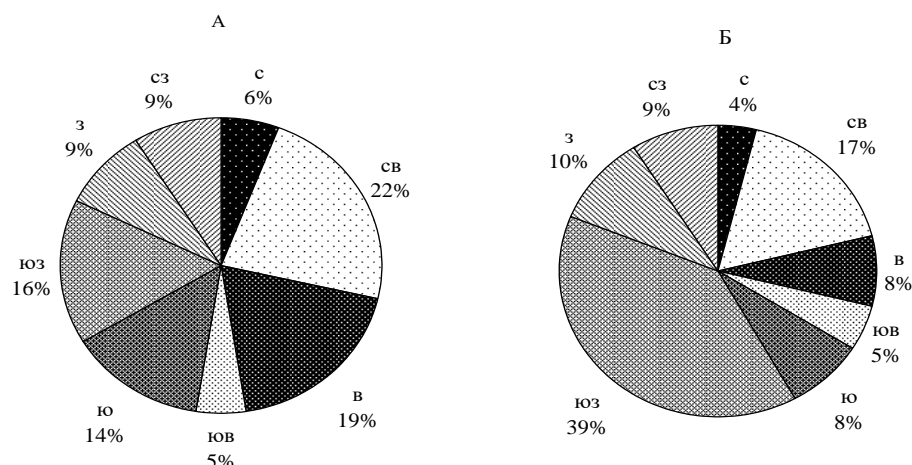


Рис. 2 Повторяемость направлений ветра по румбам (%) на уровне флюгера в среднем за год (1962 – 1987 гг.) – А [1]; повторяемость направлений ветра по румбам (%) во время выпадения осадков (2001 – 2005 гг.) – Б

Данные показывают, что среднегодовые концентрации иона SO_4^{2-} в атмосферных осадках в зависимости от направления ветра колебались в пределах 48 – 108 мкг-экв/дм³ (рис. 3).

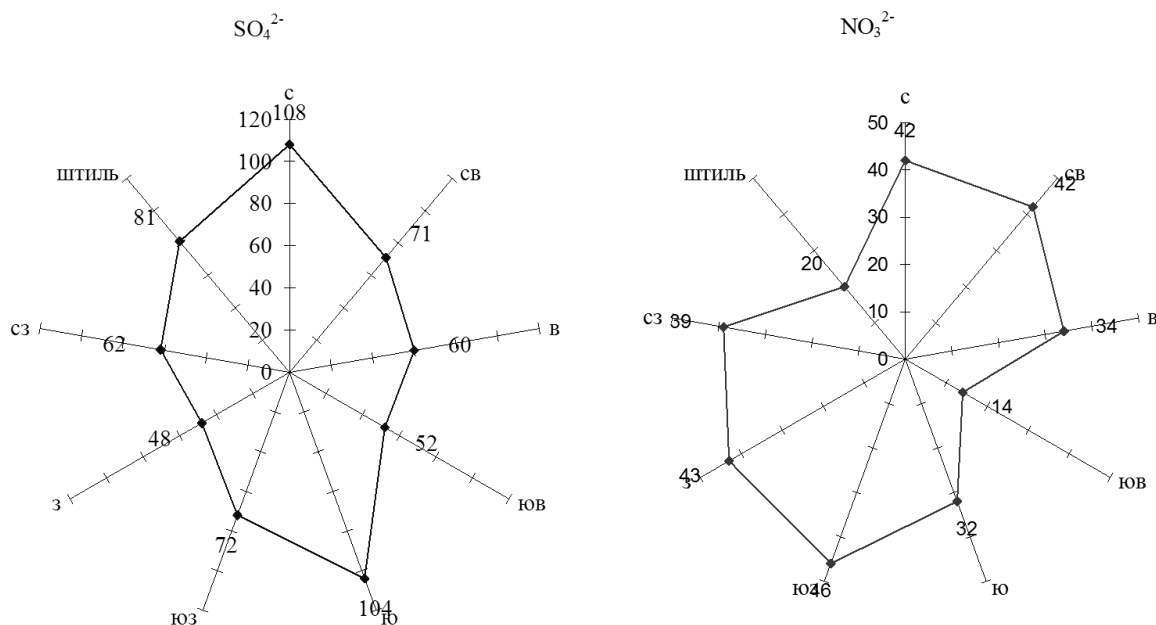


Рис. 3 Содержание ионов SO_4^{2-} и NO_3^- в атмосферных осадках (мкг-экв/дм³) при соответствующем направлении ветра, 2001 – 2005 гг., с. Новый Сад Симферопольского района

Наибольшая концентрация этого иона наблюдалась при ветрах северного (108 мкг-экв/дм³), южного (104 мкг-экв/дм³) направлений и при штиле (81 мкг-экв/дм³). Первое связано с влиянием выбросов стационарных источников загрязнения предприятий Перекопского промышленного узла: ПАО «Крымский содовый завод»,

ЧАО «Крымский ТИТАН», ПАО «Бром», которые находятся в 90 км к северу от места наблюдений. Такое загрязнение осадков может быть связано также с дальним переносом примесей из промышленных центральных и южных районов Украины. Если учесть, что частота встречаемости ветров северного направления составляет всего 6%, а в дни с осадками – 4%, то это загрязнение не может иметь заметного влияния на суммарное выпадение этого иона.

Загрязнение, связанное с ветрами южного направления, может быть обусловлено влиянием выбросов промышленных предприятий Симферополя и ГРЭС, расположенной в поселке Грессовский, которые находятся в 20 – 25 км к югу от места исследований (рис. 1).

При штиле высокая концентрация иона SO_4^{2-} в осадках может быть связана с местными точечными источниками загрязнения – асфальтовым заводом и цехом по производству пластмасс, находящихся в 2 км к юго-западу от места наблюдений, а также котельными, нередко использующими уголь, в с. Новый Сад и пос. Гвардейское (5 км к северо-востоку от пункта наблюдений, рис. 1).

При ветрах западного и юго-восточного направлений концентрации иона SO_4^{2-} в атмосферных осадках были минимальными (48 – 52 мкг-экв/дм³) и существенно ниже, чем при ветрах южного и северного направлений. При ветрах юго-западного и северо-восточного направлений среднегодовые концентрации этого иона были примерно одинаковыми и довольно высокими (71 – 72 мкг-экв/дм³), что при высокой их частоте может внести наибольший вклад в загрязнение осадков.

Среднегодовое содержание нитратного иона в осадках в пункте наблюдения также было довольно высоким и зависело от направления ветра (рис. 3). Установлено, что максимальное содержание этого иона в осадках (43 – 46 мкг-экв/дм³) было при ветре юго-западного и западного направлений. Это связано с расположением в 300 м с юго-запада от места сбора осадков дороги Н-05 «Красноперекопск-Симферополь», которая имеет значительные показатели машинопотока, особенно транзитного транспорта в теплое время года.

Довольно высокие концентрации этого иона в атмосферных осадках обнаружены также при северном и северо-восточном направлениях ветра (42 мкг-экв/дм³). Это также может быть связано с загрязнением осадков выбросами предприятий Перекопского промышленного узла и дальним переносом аэрозолей оксидов азота из центральных и южных районов Украины [10, 11].

Минимальные концентрации этого иона связаны с ветрами юго-восточного направления и наблюдались во время штиля.

Таким образом, максимальное загрязнение осадков сульфатным и нитратным ионами происходило, в основном, при ветрах разных направлений и вызвано разными источниками. И только при ветре северного направления содержание обоих этих ионов в осадках было высоким, что говорит о сходном источнике их поступления, вероятно связанном с дальним переносом загрязнения.

Средняя скорость ветра в пункте наблюдений за год была невысокой, и составила 3,5 м/с по многолетним данным (табл. 1).

Таблица 1

Скорость ветра (м/с) в СО НБС-ННЦ по средним многолетним данным [1]

Месяцы	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
Средняя скорость	4,4	4,5	4,3	3,8	3,4	3,0	2,8	2,5	2,7	3,2	3,9	3,8	3,5
Максимальная скорость	24	20	24	34	24	14	17	15	20	20	20	28	34

В годовом цикле наибольшая среднемесячная скорость ветра (4,5 м/сек) наблюдалась в феврале, наименьшая (2,5 м/с) – в августе [1]. Сильные ветры со скоростью 15 м/с и более отмечены в среднем в течение 7 дней в году, хотя в отдельные годы их число может достигать 20 дней, причем такая скорость ветра наблюдается преимущественно в холодное время года (90 % случаев). Максимальные скорости ветра 28 и 34 м/с отмечены в декабре и апреле соответственно. Усиление силы ветра может способствовать как очищению воздуха от вредных примесей, так и приносить их из других более загрязненных районов, а также пыльным бурям. При этом в зависимости от типа источника выброса, её влияние различно. При низких и неорганизованных источниках выбросов повышенный уровень загрязнения воздуха отмечается при слабых ветрах (0 – 1 м/с) за счет скопления примесей в приземном слое [4]. При выбросах из высоких труб при слабых ветрах содержание загрязняющих веществ уменьшается [9].

Анализ данных загрязнения атмосферных осадков при разных скоростях ветра на уровне флюгера в пункте наблюдений показал, что концентрация иона SO_4^{2-} была наиболее высокой при штиле и очень слабом ветре (0 – 1 м/с), табл. 2.

Таблица 2

Изменение концентрации ионов SO_4^{2-} и NO_3^- в атмосферных осадках в зависимости от скорости приземного ветра в среднем за год, 2001 - 2005 гг., СО НБС-ННЦ

Показатели	SO_4^{2-}			NO_3^-		
	0-1	2-5	6 и более	0-1	2-5	6 и более
Скорость ветра, м/с	0-1	2-5	6 и более	0-1	2-5	6 и более
Число определений	10	61	52	11	60	50
Концентрация, мкг-экв/дм ³	104	69	75	40	36	48*
Ошибка среднего, мкг-экв/дм ³	17,6	6,6	8,0	6,7	2,7	4,0
Коэффициент вариации, %	53,6	74,9	77,3	56,2	56,8	60,3
Примечания						

* разница с концентрацией иона при силе ветра 2-5 м/с существенна, $p \leq 0,05$.

Это характеризует загрязнение осадков из местных неорганизованных источников выброса и согласуется с литературными данными [7, 9]. Однако частота встречаемости осадков при такой силе ветра была минимальной 8 % и варьирование концентрации иона SO_4^{2-} при данной скорости ветра было ниже, чем при других скоростях, что также характеризует сходные локальные источники поступления этого иона в осадки.

При более высоких скоростях ветра, которые встречались намного чаще, чем штиль и ветер со скоростью до 1 м/с, концентрация иона SO_4^{2-} в осадках снижалась. Среднее ее значения было близкими при ветре 2 – 5 и 6 и более м/с со значительным коэффициентом варьирования (74,9 и 77,3 % соответственно). Довольно высокие концентрации сульфатного иона в осадках при этих скоростях ветра были наиболее частыми и сопровождали выпадающие осадки в 92 % случаев. Такая концентрация сульфатного иона при данных скоростях ветра может быть связана с различными источниками.

Таким образом, наиболее опасной силой ветра, при которой наблюдаются довольно высокие концентрации иона сульфата при высокой частоте их встречаемости является скорость более 2 м/с.

Концентрация нитратного иона в осадках была максимальной при силе ветра 6 и более м/с и существенно выше, чем при ветре 2 – 5 м/с, когда она была минимальной. Высокая концентрация нитратного иона при высоких скоростях ветра отличалась и

самым высоким варьированием (коэффициент вариации составил 60,3 %) и встречалась довольно часто – в 41 % случаев. Это характеризует различные источники поступления нитратного иона в осадки при данных скоростях ветров, в том числе и обусловленные дальним переносом поллютантов. Следовательно, такие силы ветра будут наиболее опасными и могут чаще загрязнять осадки нитратами, что может вызвать их подкисление [5].

При штиле и низких скоростях ветра (0 – 1 м/с), которые встречались нечасто (9% случаев), наблюдалась низкая концентрация иона NO_3^- с относительно невысоким варьированием, что характеризует поступление такого загрязнения из местных источников – пыли, поднятой с полей, или связано с процессами жизнедеятельности микроорганизмов [6].

Выводы

1. Установлено влияние направления и скорости ветра на содержание химических примесей (ионов SO_4^{2-} и NO_3^- в атмосферных осадках) в центральной части степного Крыма. Наиболее опасными направлениями ветра при загрязнении сульфатным ионом являются ветры северного, северо-восточного, южного и юго-западного направлений. Значительное загрязнение осадков ионом NO_3^- связано с ветрами юго-западного и западного направлений.

2. Показано, что скорость приземного ветра оказывала влияние на загрязнение осадков. Концентрация иона SO_4^{2-} была максимальной при штиле и слабом ветре (до 1 м/с), нитратного иона – при ветре 6 и более м/с.

3. Выявлены предполагаемые источники поступления загрязнений в атмосферные осадки района исследований. Они связаны как с местными природными и антропогенными процессами, так и обусловлены дальним переносом загрязнений из северных промышленных районов Крыма и центра Украины, а также с влиянием выбросов промышленных предприятий и ГРЭС г. Симферополь.

Список литературы

1. *Антюфеев В.В., Важов В.И., Рябов В.А.* Справочник по климату Степного отделения Никитского ботанического сада. — Ялта, 2002. — 88 с.
2. Воздушный бассейн Ижевска / Под ред. д. геогр. наук проф. В.И. Стурмана. – М. – Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2002. – 96 с.
3. *Дудник С.Н., Буковский М.Е., Царева Н.П.* Зависимость содержания загрязняющих веществ в атмосфере г. Тамбова от направления ветра // Вестник ТГУ. – 2014. – Т. 19. – Вып. 1. – С. 267 – 271.
4. Климатические характеристики условий распространения примесей в атмосфере. Справочное пособие / Под ред. Безуглой Э.Ю. и Берлянда М.Е. – Л.: Гидрометеоиздат, 1983. – 328 с.
5. *Клименко О.Е.* Химический состав атмосферных осадков в степном Крыму и влияние его кислотообразующих компонентов на косточковые плодовые культуры. – К.: Освіта України, 2014. – 144 с.
6. *Лавриненко Р.Ф.* К вопросу о формировании химического состава атмосферных осадков // Естественные и антропогенные аэрозоли: 3-я междунар. конф. : материалы. – Л.: НИИХ СПбГУ, 2003. – С. 13 – 35.
7. *Ляпкало А.А., Дементьев А.А., Цурган А.М.* Влияние скорости и направления ветра на уровень загрязнения атмосферного воздуха города продуктами сгорания топлива // Фундаментальные исследования. – 2013. – № 7. – С. 125 – 129.
8. Методические рекомендации по сбору и анализу атмосферных осадков для контроля состояния окружающей среды / Сост. Л.К. Щербатюк. – Ялта, 1985. – 17 с.

9. Муса К.Ш. Природно-климатические факторы влияющие на загрязнение атмосферы г. Жезказган [Электронный ресурс] // www.rusnauka.com/DN2006/Ecologia/1_musa.doc.htm (дата обращения 14.04.2016 г.).

10. Станкевич С.А., Титаренко О.В., Харитонов Н.Н., Хлопова В.Н. Картирование загрязненности атмосферы Приднепровского промышленного района диоксидами азота и серы с использованием спутниковых данных // Reports of the National Academy of Sciences of Ukraine, 2013. – № 3. – С. 106 – 111.

11. Харитонов М.М., Станкевич С.А., Клименко О.С., Хлопова В.М. Визначення стійкості сортів кісточкових рослин до кислотних дощів, обумовлених утворенням аерозолів // Вісник Полтавської державної аграрної академії. – 2014. – № 4. – С. 15 – 19.

Статья поступила в редакцию 23.05.2016 г.

Plugatar Yu.V., Klymenko O.Ye. Impact of wind direction and velocity on pollution level of atmospheric precipitation in the Steppe Crimea // Bull. of the State Nikit. Botan. Gard. – 2016. – № 119. – P. 7 – 13.

The article presents results of chemical impurity content in atmospheric precipitation within Steppe Crimea (vil. Novy Sad, Simferopol district, the Republic of Crimea). Dependence of ions SO_4^{2-} and NO_3 on surface wind direction and velocity was determined in terms of the research. Sources of chemical impurities and their transfer depending upon wind direction and power are also discussed.

Key words: atmospheric precipitation; pollution; wind direction and velocity; Steppe Crimea

ДЕКОРАТИВНОЕ САДОВОДСТВО

УДК 582.521.11:57.017(477.75)

ОСОБЕННОСТИ РОСТА И РАЗВИТИЯ ХАМЕРОПСА НИЗКОГО (*CHAMAEROPS HUMILIS* L.) В НИКИТСКОМ БОТАНИЧЕСКОМ САДУ

Александр Павлович Максимов, Юрий Владимирович Пflugатарь,
Геннадий Юрьевич Спотарь, Владимир Петрович Коба

Никитский ботанический сад – Национальный научный центр
298648, Республика Крым, г. Ялта, пгт Никита
cubric@mail.ru

Описана история интродукции хамеропса низкого (*Chamaerops humilis* L.) в Никитском ботаническом саду и показана распространённость этого вида на Южном берегу Крыма. Приведены данные фенологических наблюдений и количественные биометрические показатели прироста и отмирания листьев в среднем за вегетационный период. Определены причины и факторы, вызывающие нерегулярность цветения и плодоношения данного вида – это действие экстремально низких отрицательных температур в зимний период, определены их пороговые значения. Разработаны рекомендации по агротехнике культивирования этого вида в условиях Южного берега Крыма.

Ключевые слова: *Chamaerops humilis* L.; описание; распространённость; фенология; цветение; плодоношение; культивирование; Южный берег Крыма.

Введение

Использование пальм в озеленении Южного берега Крыма (ЮБК) является весьма актуальным. Их экзотический облик значительно повышает декоративную и эстетическую ценность зелёных насаждений курорта. При соответствии биологии вида конкретным условиям его произрастания в полной мере проявляются все ростовые