

УДК 551.509.328

*Ю.П. Переведенцев, Ю.Г. Хабутдинов, Н.В. Исмагилов, А.А. Николаев***КАЧЕСТВО АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА В ЦЕНТРЕ г. КАЗАНИ**

На состояние атмосферного воздуха городов существенное влияние оказывает жизнедеятельность человека. Изменение метеорологического режима города, в том числе за счет загрязнения воздуха, влияет на здоровье жителей, что является негативным последствием урбанизации. Целью данной работы является исследование качества атмосферного воздуха по данным наблюдений автоматической станции контроля загрязнения атмосферного воздуха МР-28 за 2012 г. метеорологической обсерватории Казанского федерального университета. Проведен статистический и экологический анализ качества атмосферного воздуха. В результате установлено, что по оксиду углерода, оксиду азота и диоксиду азота отмечались заметные сезонные изменения концентрации, а сезонные колебания концентрации диоксида серы выражены в меньшей степени. Значительное влияние на качество атмосферного воздуха в приземном слое атмосферы оказывают концентрации диоксида азота, часто превышающие предельно-допустимые концентрации. Для каждого из четырех загрязняющих веществ (СО, NO, NO₂, SO₂) по центральным месяцам сезонов выявляются особенности в распределении стандартного индекса загрязнения атмосферы по дням. Значительная повторяемость штиля и слабых ветров в июле определяет неблагоприятные условия рассеивания примесей ($K_m = 0,28$). Благоприятные условия рассеивания загрязняющих веществ наблюдаются в январе ($K_m = 0,7$). В результате проведенных исследований установлено, что качество атмосферного воздуха на рассматриваемой территории удовлетворяет требованиям санитарно-гигиенических норм, а метеорологические условия самоочищения приземного слоя атмосферы на рассматриваемой территории являются неблагоприятными для рассеивания примесей.

Ключевые слова: качество атмосферного воздуха, мониторинг загрязнения атмосферы, концентрация примеси, оценка уровня загрязнения, метеорологический потенциал самоочищения атмосферы, вредные вещества, приземный слой.

На качество атмосферного воздуха Казани существенное влияние оказывает жизнедеятельность человека, так как выбросы автотранспорта и промышленных предприятий загрязняют воздух города.

Изменение метеорологического режима города, в том числе за счет загрязнения воздуха, снижение качества воздуха вследствие присутствия в нем примесей, влияют на здоровье жителей, что является негативным последствием урбанизации [1].

Информация о качестве атмосферного воздуха Казани содержится в ежегодных Государственных докладах о состоянии природных ресурсов и об охране окружающей среды Республики Татарстан. Недостатком такой информации является обобщенное по территории города состояние атмосферного воздуха на основе ограниченного числа станций наблюдений за загрязнением приземного слоя атмосферного воздуха.

Цель данной работы – изучение качества атмосферного воздуха на одной из площадок метеорологической обсерватории Казанского федерального университета на основе данных наблюдений автоматической станции контроля загрязнения атмосферного воздуха МР-28 за 2012 г.

1. Расположение станции МР-28, режим работы. Станция автоматического контроля загрязнения атмосферного воздуха (МР-28) на территории Казанского университета (рис. 1, 2) расположена в центральной возвышенной части города, абсолютная отметка над уровнем моря 79 м. Станция находится во дворе корпуса № 2 КФУ и научной библиотеке. Территория двора обсажена древесно-кустарниковой растительностью. Высота деревьев составляет 5-10 м. В южном направлении на расстоянии 10 м находятся строения библиотеки и корпуса № 2 высотой около 60 м. В восточном направлении на расстоянии 5-10 м – стоянка автомобилей на 10-15 машин. По периметру двора в дневное время располагаются до 40 легковых автомобилей.

Станция непрерывно, в автоматическом режиме, производит измерения концентраций загрязняющих веществ (СО, NO, NO₂, SO₂) и основных метеорологических величин (атмосферного давления, температуры и относительной влажности воздуха, скорости и направления ветра), осредненных за 20 мин в срок измерения.



Рис. 1. Снимок территории корпуса № 2 КФУ, Кремлевская, 35 (А-станция МР-28)



Рис. 2. Станция автоматического контроля загрязнения атмосферного воздуха (МР-28)

Согласно руководящему документу¹ качество наблюдений за состоянием загрязнения атмосферного воздуха зависит от расположения станции МР-28. Станция должна быть удалена от построек, деревьев на расстояние не менее 10-кратной высоты этих препятствий.

В этом сообщении анализируются условия загрязнения атмосферного воздуха небольшой городской территории, определяемой, в частности, особенностями окружающей местности и мезометеорологическими условиями.

2. Особенности сезонных изменений среднемесячных концентраций примесей. Средние месячные значения концентрации оксида углерода таковы (табл. 1, 2): в январе $0,6 \text{ мг/м}^3$ (0,18 ПДК); в апреле 1 мг/м^3 (0,3 ПДК), в июле $0,5 \text{ мг/м}^3$ (0,15 ПДК), в октябре $0,5 \text{ мг/м}^3$ (0,15 ПДК).

Средние месячные значения оксида азота: в январе $0,006 \text{ мг/м}^3$ (0,1 ПДК); в апреле $0,008 \text{ мг/м}^3$ (0,1 ПДК), в июле $0,001 \text{ мг/м}^3$ (0,02 ПДК); в октябре $0,002 \text{ мг/м}^3$ (0,03 ПДК).

Средние месячные значения диоксида азота: в январе $0,037 \text{ мг/м}^3$ (0,9 ПДК); в апреле $0,049 \text{ мг/м}^3$ (1,2 ПДК); в июле $0,027 \text{ мг/м}^3$ (0,4 ПДК); в октябре $0,031 \text{ мг/м}^3$ (0,8 ПДК).

Средние месячные значения диоксида серы: в январе $0,007 \text{ мг/м}^3$ (0,01 ПДК); в апреле $0,008 \text{ мг/м}^3$ (0,02 ПДК); в июле $0,009 \text{ мг/м}^3$ (0,02 ПДК); в октябре $0,011 \text{ мг/м}^3$ (0,02 ПДК).

Таким образом, по оксиду углерода, оксиду азота и диоксиду азота отмечались заметные сезонные изменения концентрации: максимум наблюдался в апреле, минимум – в июле. Сезонные колебания концентрации диоксида серы выражены в меньшей степени – с января по октябрь произошел

¹ РД 52.04.186-89. Руководство по контролю загрязнения атмосферы. М., 1991. 555 с.

слабый рост концентрации на $0,004 \text{ мг/м}^3$. При этом превышения установленных нормативов отмечались только по диоксиду азота: в январе, июле, октябре зафиксировано по 6-8 случаев превышения предельно-допустимой концентрации, в апреле – 20 случаев.

Таблица 1

Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ²

Вещество	ПДК, мг/м^3		Класс опасности
	Максимальная разовая	Среднесуточная	
Азота диоксид	0,2	0,04	3
Оксид углерода	5	3	4
Диоксид серы	0,5	0,05	3
Азота оксид	0,4	0,06	3

Таблица 2

Концентрации загрязняющих веществ в 2012 г. по центральным месяцам сезонов

Показатели	$\text{CO}, \text{мг/м}^3$				$\text{NO}, \text{мг/м}^3$			
	I	IV	VII	X	I	IV	VII	X
Среднее значение	0,6	1,0	0,5	0,5	0,006	0,008	0,001	0,002
Максимальная среднесуточная	1,4	3,2	1	1,2	0,02	0,024	0,009	0,018
Дата	26	16	12	16	26	9	27	16
Минимальная среднесуточная	0,3	0,3	0,2	0,3	0,002	0	0	0
Дата	7	30	7	7	6	22	1	1
Кол-во >ПДК	0	1	0	0	0	0	0	0
Максимальная разовая	3	7,9	3,8	5,2	0,112	0,227	0,086	0,147
Дата	23	15	12	12	23	15	12	16
Показатели	$\text{NO}_2, \text{мг/м}^3$				$\text{SO}_2, \text{мг/м}^3$			
	I	IV	VII	X	I	IV	VII	X
Среднее значение	0,037	0,049	0,027	0,031	0,007	0,008	0,009	0,011
Максимальная среднесуточная	0,066	0,078	0,054	0,072	0,013	0,01	0,011	0,012
Дата	23	26	12	16	26	18	12	9
Минимальная среднесуточная	0,015	0,008	0,007	0,014	0,004	0,006	0,008	0,009
Дата	7	30	28	27	1	1	1	2
Кол-во >ПДК	8	20	6	7	0	0	0	0
Максимальная разовая	0,096	0,146	0,124	0,16	0,066	0,08	0,019	0,028
Дата	10	16	11	16	25	24	15	15

Средние месячные величины уровня загрязнения приземного слоя атмосферы по остальным трем веществам (CO , NO , SO_2) соответствуют санитарно-гигиеническим нормам.

3. Суточный ход качества атмосферного воздуха. Суточный ход качества атмосферного воздуха по центральным месяцам сезонов определен из соотношения концентрации загрязняющего вещества в срок наблюдения к величине предельно-допустимой концентрации – показатель качества воздуха (ПКВ) (рис. 3-6).

В суточном ходе концентрации оксида углерода в апреле выявляются два максимума: утром в 8-10 ч (ПКВ= 0,23) и ночью в 23-1 ч (ПКВ = 0,30) и два минимума: ночью в 4-6 ч и днем в 14-16 ч, ПКВ в обоих случаях составило 0,12.

² ГН 2.1.6.1983-05. Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест. Дополнения и изменения N 2 к ГН 2.1.6.1338-03. М., 2006. С. 2.

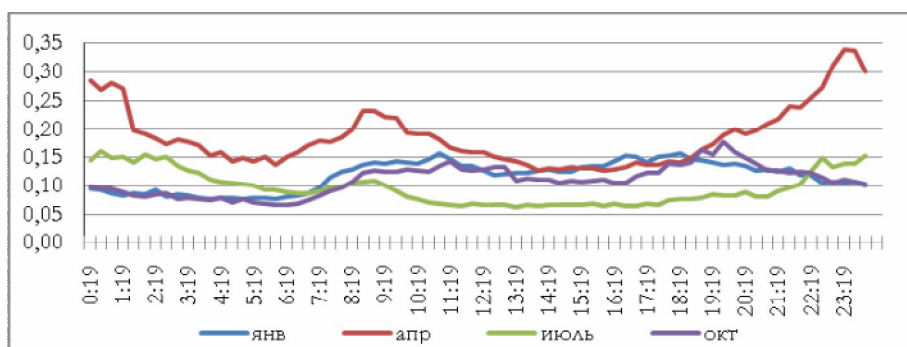


Рис. 3. Показатель качества воздуха по срокам, оксид углерода

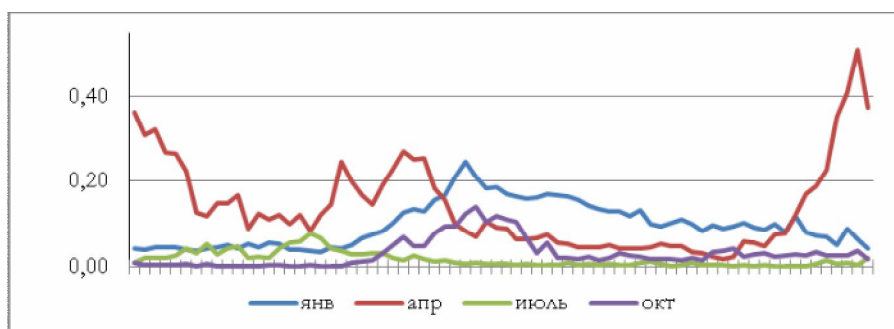


Рис. 4. Показатель качества воздуха по срокам, оксид азота

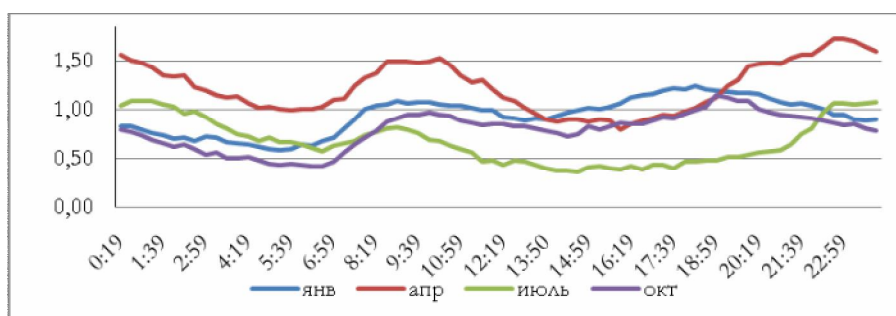


Рис. 5. Показатель качества воздуха по срокам, диоксид азота

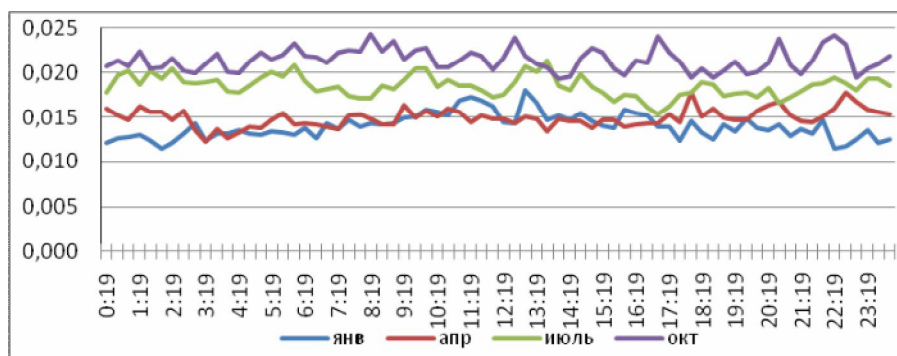


Рис. 6. Показатель качества воздуха по срокам, диоксид серы

В июле CO в течение суток меняется незначительно (ПКВ= 0,06-0,16), с минимумом в дневные часы и ночным максимумом в 20-2 ч. В холодную половину года кривые суточного хода загрязнения приземного слоя атмосферы CO в январе и октябре практически совпадают. Отмечаются два максимума в 9-12 ч и 18-20 ч (ПКВ = 0,14-0,17) и два минимума: ночью в 20-06 ч (ПКВ = 0,07-0,09) и днем в 12-16 ч (ПКВ = 0,11-0,12).

Концентрация оксида азота в июле не имеет ярко выраженного суточного хода (ПКВ= 0,01-0,1); отмечается некоторое увеличение концентрации в утренние часы.

В апреле главный максимум NO наблюдается ночью (ПКВ =0,5), вторичный максимум (ПКВ= 0,18-0,27) отмечается утром в 7-10 ч. Соответственно минимальные значения (ПКВ=0,1) выявляются в период 4-6 ч, вторичный минимум в 14-19 ч (ПКВ=0,01).

В суточной динамике ПКВ января и октября наблюдается простая волна с максимумом в 10-12 ч (ПКВ=0,11-0,23) и ночным минимумом в 0-6 ч (ПКВ = 0,05-0,1).

Значительное влияние на качество атмосферного воздуха в приземном слое атмосферы оказывают концентрации диоксида азота, часто превышающие предельно-допустимые концентрации и определяющие ухудшение качества воздуха и несоответствия санитарно-гигиеническим нормам.

Значения, превышающие предельно-допустимые концентрации, в апреле наблюдаются практически в течение суток, за исключением периода 14-18 ч (ПКВ = 0,85). Хорошо выраженный суточный ход проявляется в двух максимумах: днем в 8-10 ч и ночью в 20-01 ч (ПКВ = 1,6-1,8) и двух минимумах: утром в 4-6 ч (ПКВ = 1) и в послеполуденные часы, в 14-16 ч. (ПКВ = 0,8).

Аналогичная картина наблюдается и в июле, при этом концентрация NO₂, как правило, не превышает ПДК.

Кривые суточного хода качества воздуха по NO₂ в январе и октябре хорошо согласуются между собой: минимумы в 4-6 ч (ПКВ = 0,4 - 0,6) и в 14-16 ч (ПКВ = 0,7 - 0,9); максимумы в 8-12 ч (ПКВ = 1,0 - 1,1) и в 16-19 ч (ПКВ 1,2 - 1,3).

Концентрации диоксида серы в течение суток меняются незначительно, и практически во все сезоны ПКВ не превышает 0,01-0,02.

4. Качество атмосферного воздуха. Загрязнение воздуха определяется по значениям концентраций примесей в мг/м³, концентрации примесей сравниваются с ПДК.

В работе анализируется стандартный индекс загрязнения атмосферы СИ [2].

$$СИ = \frac{q_{м.р.}}{ПДК_{м.р.}}, \quad (1)$$

где $q_{м.р.}$ – наибольшая разовая концентрация примеси; $ПДК_{м.р.}$ – предельно-допустимая максимально развитая концентрация вещества; СИ – наибольшая измеренная за период (20 мин) концентрация вещества, деленная на ПДК. При СИ<1 загрязнение воздуха не оказывает заметного влияния на здоровье. При СИ>10 загрязнение воздуха характеризуется как очень высокое.

Уровень загрязнения атмосферного воздуха [3]:

- пониженный СИ<1;
- повышенный СИ = 1-4;
- высокий СИ = 5-10;
- очень высокий СИ >10.

Качество атмосферного воздуха рассмотрим по изменению стандартного индекса загрязнения (СИ).

Для каждого из четырех загрязняющих веществ по центральным месяцам сезонов выявляются особенности в распределении СИ по дням (рис. 7-10).

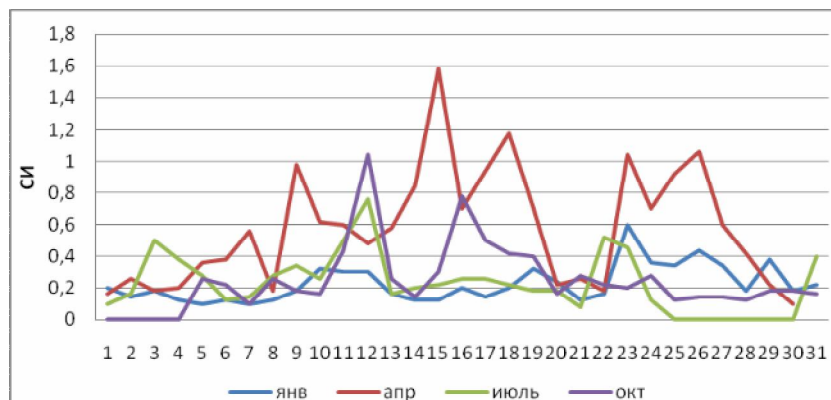


Рис. 7. Стандартный индекс загрязнения атмосферы (СИ), оксид углерода

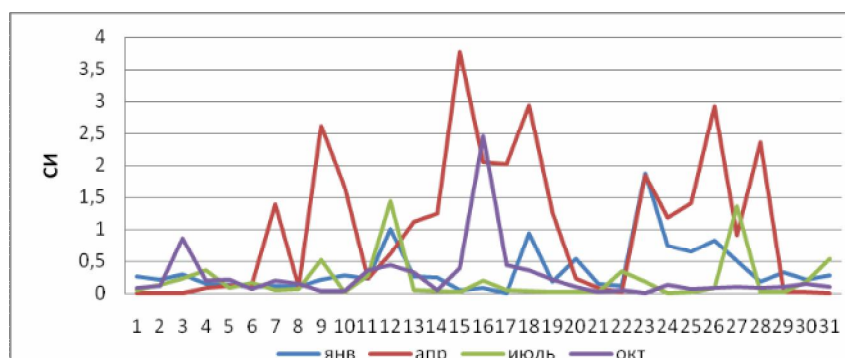


Рис. 8. Стандартный индекс загрязнения атмосферы (СИ), оксид азота

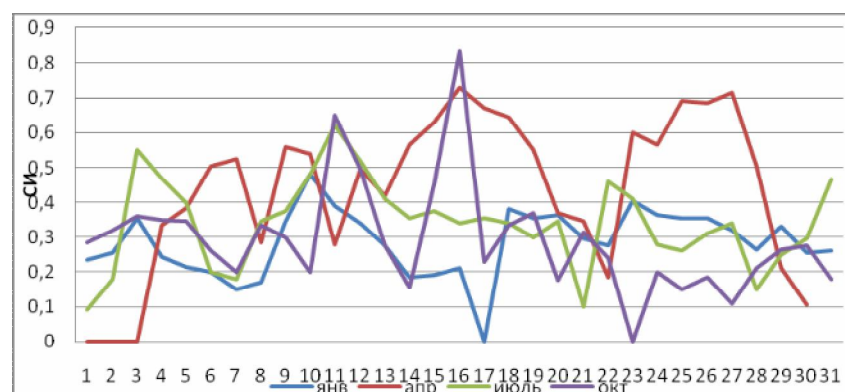


Рис. 9. Стандартный индекс загрязнения атмосферы (СИ), диоксид азота

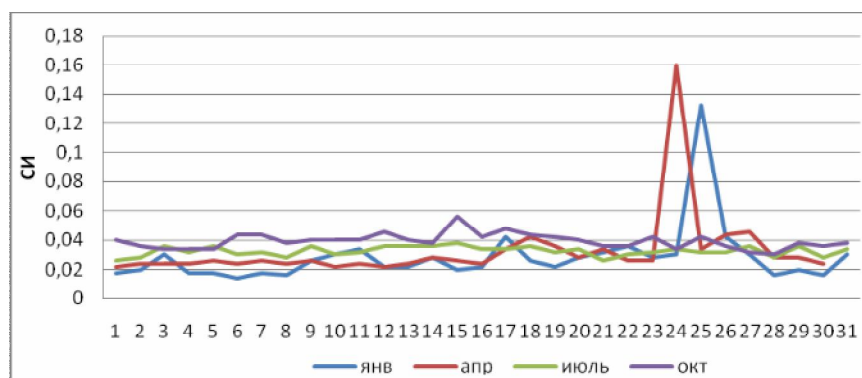


Рис. 10. Стандартный индекс загрязнения атмосферы (СИ), оксид серы

В январе вследствие выбросов оксида углерода СИ изменяется в пределах 0,1-1,1, при этом превышение СИ=1,1 зафиксировано в рабочий день 12 января.

В апреле превышения значения СИ отмечены в рабочие дни (СИ=1,-1,6), в остальное время СИ не превышал 0,5. В июле и октябре по оксиду углерода превышения СИ не наблюдалось.

Превышение СИ по оксиду азота в январе в рабочие дни составило 1,1-2,4, в выходные дни $СИ \leq 1$.

В апреле в рабочие дни $СИ = 1,1 - 3,7$.

В июле превышение СИ наблюдалось лишь дважды – 12 и 27 июля (СИ = 1,4).

В октябре превышение концентраций оксида азота по СИ не наблюдалось.

Загрязнение воздуха по диоксиду азота с превышением СИ в центральные месяцы сезонов не наблюдается.

Качество атмосферного воздуха за счет выбросов диоксида серы удовлетворяет санитарно-гигиеническим нормам (СИ = 0,02-0,04).

5. Метеорологический потенциал самоочищения атмосферы. Метеорологический потенциал атмосферы учитывает факторы, способствующие как загрязнению, так и ее самоочищению. Чем больше по абсолютной величине метеорологический потенциал самоочищения атмосферы K'_m , тем лучше условия для рассеивания примесей в атмосфере. Если K'_m больше 1, то повторяемость процессов, способствующих самоочищению атмосферы, преобладает над повторяемостью процессов, содействующих накоплению в ней вредных веществ. Если K'_m меньше 1, то преобладают процессы, способствующие накоплению загрязняющих веществ.

Коэффициент самоочищения атмосферы (K_M) определяется как отношение повторяемости условий, способствующих накоплению примесей (слабых туманов и ветров) к повторяемости условий, содействующих в свою очередь удалению примесей (сильных ветров и туманов) [2; 4].

$$K_M = \frac{P_{сл} + P_{тум}}{P_{сил} + P_{ос}}, \quad (3)$$

где $P_{сл}$ – повторяемость слабого ветра (0-1 м/с); $P_{сил}$ – повторяемость скорости ветра более 6 м/с; $P_{тум}$ – повторяемость туманов; $P_{ос}$ – повторяемость осадков.

В предложенной формуле K'_m характеризует условия накопления примесей, а не рассеивания. Поэтому коэффициент самоочищения имеет вид

$$K'_m = \frac{1}{K_{K_M}}, \quad (4)$$

Количественная оценка метеорологических условий по критерию K'_m :

$K'_m < 0,8$ – неблагоприятные условия для рассеивания;

$0,8 \leq K'_m \leq 1,2$ – ограниченно благоприятные условия рассеивания;

$K'_m > 1,2$ – благоприятные условия самоочищения атмосферы.

В центральные месяцы сезонов 2012 г. не наблюдались туманы и ветры со скоростью 6 м/с и более. Значительная повторяемость штиля и слабых ветров в июле (81,7 %) определяет неблагоприятные условия рассеивания примесей ($K'_m = 0,28$). Наиболее благоприятные условия рассеивания загрязняющих веществ отмечены в январе ($K'_m = 0,7$) при наименьшей повторяемости слабых скоростей ветра (22,7 %).

Весной (апрель) и осенью (октябрь) метеорологический потенциал самоочищения атмосферы равнозначен ($K'_m = 0,54$) при достаточно равных повторяемостях слабых скоростей ветра 49-54 % и осадков 27-29 %.

Направление ветра играет существенную роль в переносе загрязняющих веществ в приземном слое атмосферы от низких источников загрязнения, особенно от автомобилей.

Таблица 3

Коэффициент самоочищения атмосферы

Показатели	$P_{сл}$	$P_{сил}$	$P_{ос}$	P_t	K_M	K'_m
январь	27,7	0	19,4	0	1,43287037	0,6979
апрель	49,3	0	26,7	0	1,847222222	0,5414
июль	81,7	0	22,6	0	3,620307495	0,2762
октябрь	53,8	0	29,0	0	1,853630561	0,5395

Закономерности циркуляции атмосферы на востоке ЕЧР проявляются и на рассматриваемой территории (рис. 11).

В январе преобладают ветры юго-восточного направления – 68 %, северо-западного – 20 %. В апреле максимум повторяемости юго-восточных ветров 45 %, северо-западных – 20%. В июле чаще наблюдаются ветры северо-западного направления – 40 % и северного – 18 %. В октябре повторяемость юго-восточных ветров составляет 44 %, северо-западного – 22 %.

Ветры южного и западного направлений во все сезоны повторяются в 2-3 % случаев. Это связано с особенностями застройки территории.

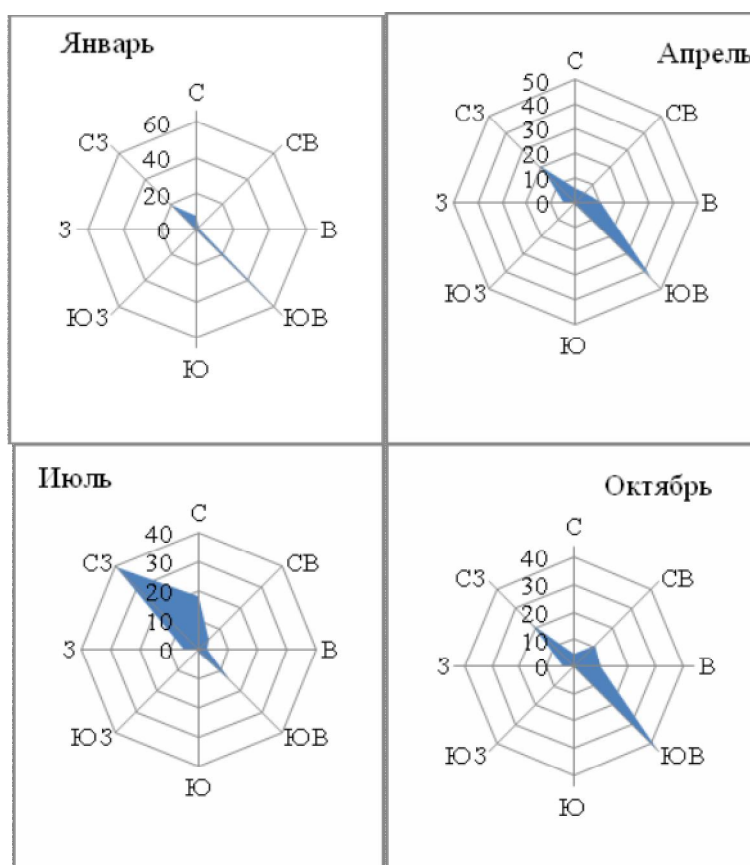


Рис. 11. Роза ветров

Заключение

Анализ качества атмосферного воздуха на территории корпуса № 2 КФУ (Кремлевская, 35) позволяет выявить следующие закономерности и особенности:

- 1) средние месячные значения концентраций оксида углерода, оксида азота, диоксида серы меньше ПДК. Среднемесячные концентрации диоксида азота превышают ПДК;
- 2) в суточном ходе примесей выявлено два минимума и два максимума, совпадающих по времени с движением автотранспорта в утренние и вечерние «часы пик»;
- 3) качество атмосферного воздуха на рассматриваемой территории удовлетворяет требованиям санитарно-гигиенических норм;
- 4) метеорологические условия самоочистения приземного слоя атмосферы на рассматриваемой территории являются неблагоприятными для рассеивания примесей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Хабутдинов Ю.Г., Шанталинский К.М., Николаев А.А. Учение об атмосфере. Казань: Изд-во Казан. ун-та, 2010. 244 с.
2. Шлычков А.П., Хабутдинов Ю.Г. Изменчивость потенциала загрязнения атмосферы во времени и пространстве на территории Республики Татарстан // Уч. зап. Казан. гос. ун-та. 2006. Т. 148, кн. 1. С. 6-11.
3. Переведенцев Ю.П., Хабутдинов Ю.Г. Метеорологический потенциал и качество атмосферного воздуха в Казани в последние десятилетия // Вестн. Удм. ун-та. Сер. Биология. Науки о Земле. 2012. Вып. 3. С. 23-28.
4. Практикум по курсу «Гидрометеорологические основы охраны окружающей среды». Ч. 2 / Ю.Г. Хабутдинов, Н.В. Исмагилов, А.А. Николаев. Казань: Изд-во Казан. ун-та, 2012. 35 с.

Поступила в редакцию 15.04.13

Yu.P. Perevedentsev, Yu.G. Khabutdinov, N.V. Ismagilov, A.A. Nikolaev

AIR QUALITY IN THE CENTER OF KAZAN

Air of cities is significantly affected by human activity. Changing meteorological regime of the city, because of the air pollution, affects the health of residents, which is a negative consequence of urbanization. The aim of this work is to study air quality according to the observations of the automatic station air pollution control MR-28 for 2012 Meteorological Observatory of Kazan Federal University. The statistical analysis of the environmental and air quality was carried out. As a result, it was found that there were marked seasonal changes in the concentration of carbon monoxide, nitrogen oxide and nitrogen dioxide, and the seasonal fluctuations in the concentration of sulfur dioxide are less pronounced. Concentrations of nitrogen dioxide have significant impact on air quality in the atmospheric boundary layer, often exceeding the maximum allowable concentration. There are some features detected in the distribution of standard pollution index in the afternoons for each of the four pollutants (CO, NO, NO₂, SO₂) in the central months of the season. Significant repeatability calm and weak winds in July determines unfavorable pollutant dispersion ($K_m = 0.28$). Favorable conditions for dispersion of pollutants are observed in January ($K_m = 0.7$). As a result of conducted research it is established, that the air quality in the considered territory satisfies the requirements of hygiene, and the meteorological conditions of self-cleaning of the surface layer of the atmosphere in the observed area are unfavorable for the dispersion of pollutants.

Keywords: air quality, air pollution monitoring, the concentration of impurities, the assessment of pollution, meteorological self-purification capacity of the atmosphere, harmful substances in terrestrial-layer.

Переведенцев Юрий Петрович,
доктор географических наук, профессор, зав. кафедрой
метеорологии, климатологии и экологии атмосферы
E-mail: Yuri.Perevedentsev@ksu.ru

Хабутдинов Юрий Гайнетдинович,
кандидат географических наук, доцент,
доцент кафедры метеорологии, климатологии
и экологии атмосферы
E-mail: Yuri.Khabutdinov@kpfu.ru

Исмагилов Наиль Вагизович,
кандидат географических наук, доцент,
доцент кафедры метеорологии, климатологии
и экологии атмосферы
E-mail: 1Nail.Ismagilov@kpfu.ru

Николаев Александр Анатольевич,
кандидат географических наук, доцент,
доцент кафедры метеорологии, климатологии
и экологии атмосферы
E-mail: Aleksandr.Nikolaev@ksu.ru

Казанский (Приволжский) федеральный университет
420008, Россия, г. Казань, ул. Кремлевская, 18.

Perevedentsev Yu.P.,
Doctor of Geography, Professor, head of the Department
of meteorology, climatology and ecology atmosphere
E-mail: Yuri.Perevedentsev@ksu.ru

Khabutdinov Yu.G.,
Candidate of Geography, associate professor,
assistant professor of the Department of meteorology,
climatology and ecology atmosphere
E-mail: Yuri.Khabutdinov@kpfu.ru

Ismagilov N.V.,
Candidate of Geography, Associate Professor,
assistant professor of meteorology, climatology
and ecology atmosphere
E-mail: 1Nail.Ismagilov@kpfu.ru

Nikolaev A.A.,
Candidate of Geography, Associate Professor,
assistant professor of the Department of meteorology,
climatology and ecology atmosphere
E-mail: Aleksandr.Nikolaev@ksu.ru

Kazan (Volga) Federal University
18, Kremlevskaya st., Kazan, Russia, 420008