

УДК 504.3.054 (574-25)

**ОБ УРОВНЕ И ТЕНДЕНЦИЯХ ЗАГРЯЗНЕНИЯ  
ВОЗДУХА ГОРОДОВ АЛМАТЫ И КАПШАГАЙ**

Чл.-корр. НАН РК, доктор геогр. наук А.С. Бейсенова  
А.В. Белый

Проанализированы данные стационарных наблюдений за период 1990-1995 гг. по загрязнению воздуха в городах Алматы и Капшагай. Приведены сезонные изменения содержания в атмосфере пыли, диоксида серы, оксида углерода и диоксида азота. Исследована связь пространственной изменчивости различных примесей с величиной их концентрации. Выявлены тренды в рядах средних суточных концентраций вредных веществ и дана их оценка. Показана связь уровня загрязнения воздушного бассейна с объемами поступающих выбросов и метеорологическими условиями.

Воздушный бассейн самого крупного города Республики - Алматы - один из самых загрязненных. Это объясняется, во-первых, наличием на его территории многочисленных стационарных источников выбросов, основными из которых являются предприятия энергетики, машиностроения и металлообработки, а также увеличивающимся год от года числом автотранспортных средств, на долю которых приходится около 80 % всех выбросов. Другая причина высокого уровня загрязнения воздуха заключается в частой повторяемости метеорологических условий, способствующих накоплению и длительному сохранению в атмосфере вредных примесей. Большая повторяемость инверсий температуры, незначительная подвижность приземного слоя воздуха, обусловленная защищенностью горными хребтами, неравномерное выпадение осадков в течение года, высокая температура воздуха и интенсивность солнечной радиации

оказывают значительное влияние на уровень загрязнения воздушного бассейна города. По данным [1,7] именно неблагоприятные метеорологические условия оказывают решающее влияние на формирование высокого уровня содержания вредных примесей в воздухе по сравнению с другими городами Казахстана.

В 70-ти километрах к северу от г. Алматы расположен один из его городов - спутников - Капшагай, уровень загрязнения которого значительно ниже средних показателей по Республике. Для города характерны низкие значения индекса загрязнения атмосферы, по этому показателю он стабильно занимает одно из последних мест среди городов Казахстана. Город не является крупным промышленным центром, кроме этого, равнинность территории, удаленность его от горных хребтов обуславливают лучший перенос и рассеивание поступающих в атмосферу примесей.

Таким образом, оба города, расположенные сравнительно близко друг к другу, но в разных физико - географических условиях представляют значительный интерес для исследований проблемы загрязнения атмосферы, чему способствуют также, проводимые на их территории систематические наблюдения за содержанием вредных веществ в воздухе.

Анализ ряда литературных источников [3,10,11] показал, что наибольшее внимание уделяется контролю в атмосфере примесей пыли, диоксида серы ( $SO_2$ ), оксида углерода (CO) и диоксида азота ( $NO_2$ ), которые являются, как правило, основными загрязнителями воздушного бассейна городов. Исходя из этого, авторы работы поставили перед собой цель - изучить пространственно - временную изменчивость концентраций именно этих веществ. Данная работа является продолжением серии трудов по исследованию изменений климата и связанных с ними процессов загрязнения атмосферы над территорией Алматинской области.

Одной из первых задач являлся выбор оптимальной сети пунктов наблюдения, используемых в расчетной схеме исследований. На территории городов Алматы и Капшагай по состоянию на 1 декабря 1995 г. функционировало 10 стационарных постов по

наблюдению за загрязнением атмосферного воздуха (ПНЗ), включая ведомственные. Из них 9 - в Алматы, 1 - в Капшагае. Пробы воздуха отбираются ежедневно 3-4 раза в сутки кроме воскресенья и праздничных дней и анализируются на содержание пыли,  $SO_2$ ,  $CO$ , и  $NO_2$ . В Алматы на ряде постов ведется контроль и за другими примесями. Следует отметить, что за последние 5 лет здесь произошло значительное сокращение сети ПНЗ, кроме этого, был прекращен отбор проб некоторых вредных примесей. Так, с 1992 г. на ПНЗ-20 анализ воздуха на содержание пыли не проводился.

Вышеизложенные моменты позволили подойти к выбору сети постов наблюдения на данной территории. Исходя из длительности наблюдений на посту, обязательного отбора проб на содержание основных загрязняющих веществ, большего охвата территории городов мы выбрали для проведения исследований в г. Алматы данные 8 постов - ПНЗ - 1,5,9,12,16,18,19,22. На территории г.Капшагай была использована информация единственного в городе ПНЗ - 3.

Что касается отрезка времени за который обрабатывался материал стационарных наблюдений, то согласно [8], оценка состояния и динамики загрязнения воздуха должна производиться не менее чем за 5 лет, т.к. значения за меньший срок не учитывают влияния метеорологических факторов, которые, как известно, могут изменять уровень загрязнения на 20-40 %. Однако, недопустимо рассматривать данную проблему и за слишком большой период, т.к. многолетние ряды наблюдений вследствие изменения или уточнения методик измерения концентраций многих веществ, а также методов расчета выбросов различных поллютантов, являются статистически неоднородными. После анализа материалов наблюдений на ПНЗ мы сочли наиболее оптимальным для решения поставленных задач шестилетний период - 1990 - 1995 гг, данные за который использованы для исследований статистической структуры всех рассматриваемых примесей в обоих городах.

Для выявления закономерностей загрязнения атмосферы изучались сезонные изменения концентраций примесей. Нами были вычислены средние за месяц

( $q_{\text{ср.м.}}$ ), средние за год ( $q_{\text{ср.г.}}$ ) значения концентраций пыли,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{NO}_2$  и их отношения ( $q_{\text{ср.м.}}/q_{\text{ср.г.}}$ ). Такой подход дает возможность выделять месяцы в которых наблюдались отклонения от среднего за год значения и сравнивать сезонные изменения уровня загрязнения различных ингредиентов. Годовой ход отношений  $q_{\text{ср.м.}}/q_{\text{ср.г.}}$  этих примесей показан на рис.1.

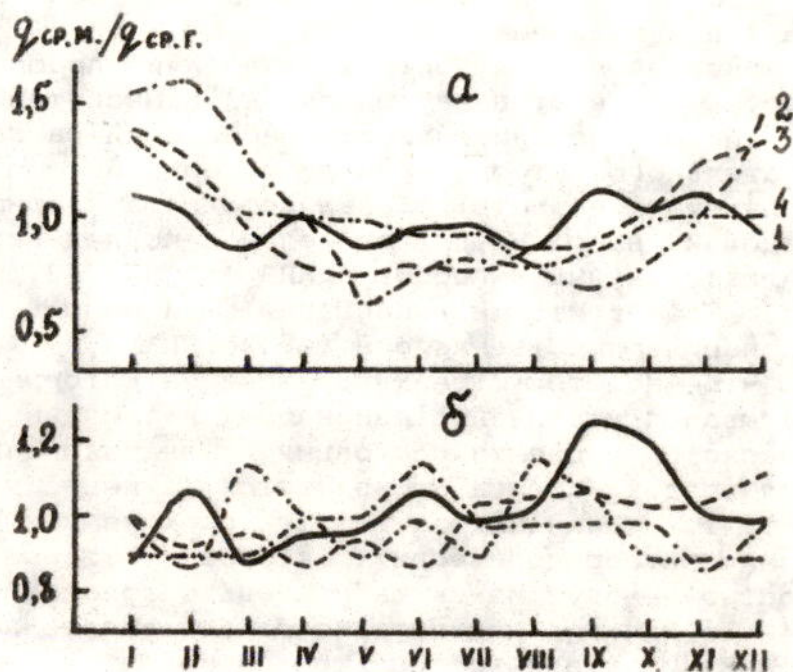


Рис. 1. Многолетний годовой ход отношений  $q_{\text{ср.м.}}/q_{\text{ср.г.}}$  концентраций пыли (1),  $\text{SO}_2$  (2),  $\text{CO}$  (3),  $\text{NO}_2$  (4) в атмосфере г. Алматы (а) и г. Капшагай (б)

Загрязнение пылью воздушного бассейна г. Алматы в течении года оказалось значительным: на протяжении всего года выше ПДК в 1,5 - 1,9 раза и колебалось в пределах 0,23 - 0,29  $\text{мг/м}^3$ . Атмосфера г.Капшагай значительно меньше загрязнена пылью. Средние суточные концентрации ее за рассмотренный период времени составляли в среднем

0,09 мг/м<sup>3</sup>, что соответствует 0,6 ПДК. Увеличение содержания пыли в воздухе наблюдается несколько раз в году. Это происходит, во-первых, в холодное время года, что обусловлено, вероятно, увеличением выбросов от отопительных установок, а также неблагоприятными для рассеивания примесей метеорологическими условиями. Отсутствие в апреле растительного покрова, а также листопад в осенние месяцы определяют увеличение запыленности в эти периоды года. Некоторое снижение содержания пыли в декабре, в Капшагае - в декабре - январе, обусловлено наличием устойчивого снежного покрова, препятствующего попаданию частиц пыли в воздух. Минимум запыленности в Алматы - в мае, в Капшагае - в марте, могут быть объяснены преимущественно метеорологическими условиями, способствующими рассеиванию примесей. Следует отметить, что атмосфера г.Капшагай в большей степени подвержена загрязнению, т.к. к выбросам промышленных предприятий добавляются массы естественной пыли с близлежащих песчаных массивов. Тем не менее значения средних суточных концентраций этой примеси не превышают ПДК, что говорит, очевидно, о хороших способностях самоочищения атмосферы.

Годовой ход концентраций газообразных примесей - SO<sub>2</sub>, CO, NO<sub>2</sub> в воздушном бассейне г.Алматы имеет зимний максимум, приходящийся на декабрь - февраль, а по NO<sub>2</sub> - на январь - февраль месяцы, что также, по-видимому, связано с ростом количества выбросов от стационарных источников и повторяемостью метеорологических условий, препятствующих рассеиванию примесей и прежде всего инверсий температуры воздуха, его застоев. В это время года средние суточные концентрации оксида углерода и диоксида серы составляют в среднем 4,2 и 0,026 мг/м<sup>3</sup> соответственно, что для первой превышает ПДК в 1,4 раза. Содержание диоксида азота в зимние месяцы колеблется в пределах 0,073 - 0,098 мг/м<sup>3</sup>, что также выше ПДК в 1,8 - 2,5 раза.

Летом способность атмосферы к самоочищению увеличивается и концентрации CO и NO<sub>2</sub> снижаются. Минимум первой отмечается в конце весны - начале

лета, когда средние суточные концентрации опускаются до 0,8 ПДК. Минимальное содержание диоксида азота прослеживается в августе - 1,45 ПДК. В летние месяцы наблюдается небольшое возрастание в воздухе концентрации диоксида серы с максимумом в июле - августе - 0,015 мг/м<sup>3</sup>, что связано, по-видимому, с неритмичностью работы производства, а также ростом значений потенциала загрязнения атмосферы в июле. Снижение содержания SO<sub>2</sub> отмечается в весенний и осенний периоды, что можно объяснить улучшением условий самоочищения атмосферы и прежде всего увеличением числа суток с осадками. Средние суточные концентрации в эти месяцы опускаются до минимальных в году значений - 0,012 - 0,013 мг/м<sup>3</sup>.

В целом по г. Алматы загрязнение диоксидом азота было выше ПДК (0,058 - 0,098 мг/м<sup>3</sup>) в течение всего года, оксидом углерода (3,1 - 4,5 мг/м<sup>3</sup>) - с октября по март, а средние суточные концентрации диоксида серы во все месяцы не превысили соответствующий уровень ПДК.

Годовой ход газообразных примесей в воздушном бассейне г. Капшагай имеет ряд существенных отличий от рассмотренного выше. Размах вариации значений средних суточных концентраций в течение года здесь значительно меньше. Так, по CO, SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub> эта величина составляет соответственно 0,23, 0,002 и 0,003 мг/м<sup>3</sup>, что примерно в 10 раз меньше таковых в Алматы. Это указывает как на более равномерный режим выбросов, так и на незначительные колебания значения потенциала загрязнения атмосферы (ПЗА) в течение года.

Годовой ход CO - сглаженный, наиболее низкие значения прослеживаются весной - 0,78 мг/м<sup>3</sup>, что связано с возрастанием в этот период метеорологических условий, благоприятных для рассеивания примесей и прежде всего усилением ветра. С июля месяца происходит увеличение концентрации оксида углерода, что, по-видимому, объясняется возрастанием выбросов от низких источников - автотранспорта в разгар летнего отдыха. Повышенные, по сравнению с весенними месяцами, значения средних суточных концентраций CO в воздухе сохраняются до

октября. В зимнее время на увеличение содержания этой примеси в атмосфере оказывают влияние режим систем отопления и неблагоприятные для очищения воздуха метеорологические условия. В течение всего года средние суточные концентрации СО над территорией г.Капшагай не превысили ПДК и составили в среднем  $0,9 \text{ мг/м}^3$ , что соответствует  $0,3 \text{ ПДК}$ . Средние суточные концентрации  $\text{SO}_2$  и  $\text{NO}_2$  за рассмотренный период времени составили соответственно  $0,007$  и  $0,01 \text{ мг/м}^3$ . Увеличение значений концентраций  $\text{SO}_2$  наблюдается весной и летом. Минимум - в ноябре, а также в зимнее время. В остальной период года средние суточные концентрации этой примеси колеблются в пределах  $0,007 \text{ мг/м}^3$ , что составляет  $0,14 \text{ ПДК}$ . Рост содержания  $\text{NO}_2$  происходит в августе, минимальные значения - зимой и в начале весны.

Следует отметить, что выявленные сезонные колебания рассмотренных газообразных примесей в атмосфере г.Капшагай очень незначительные и могли произойти под влиянием как некоторых процессов (изменение режима выбросов, метеорологических условий и пр.), так и за счет случайных факторов (погрешностях при отборе и анализе проб воздуха).

Для пространственной оценки уровня загрязнения воздуха над территорией города Алматы изучались рассчитанные нами коэффициенты вариации средних суточных концентраций пыли, СО,  $\text{SO}_2$  и  $\text{NO}_2$  для каждого месяца. В среднем многолетнем значения данного параметра составили: по пыли -  $32 \%$ , СО -  $32,6 \%$ ,  $\text{SO}_2$  -  $33,0 \%$ ,  $\text{NO}_2$  -  $38,1 \%$ , что указывает на значительное варьирование содержания этих примесей в воздухе над территорией г.Алматы. По-видимому, это связано с рядом архитектурно-планировочных и природно-климатических особенностей города. Так, характер сложившейся хозяйственной инфраструктуры Алматы обнаруживает преобладание основных стационарных источников загрязнения в северной и северо - западной частях города и практическое их отсутствие в южной. Проявление горно-долинной циркуляции способствует очищению атмосферы преимущественно южных районов, прилегающих к подошве хребта Заилийский Алатау. Как

правило, они оказываются значительно чище центральных и северных, в которых эта циркуляция проявляется слабее, особенно в зимнее время [6]. Все это создает значительную пространственную неоднородность в распределении примесей над территорией города.

На рис. 2 показан рассчитанный нами на основании данных стационарных наблюдений многолетний годовод ход коэффициентов вариации средних суточных концентраций различных примесей в Алматы.

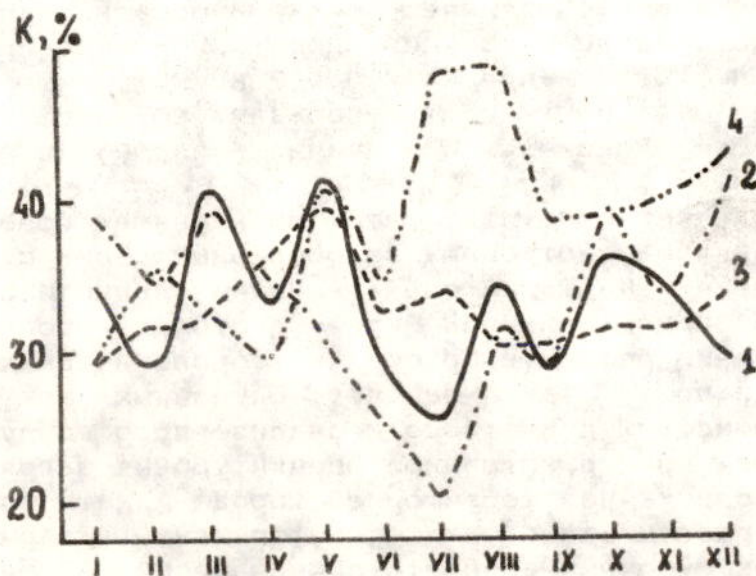


Рис. 2. Многолетний годовод ход коэффициентов вариации ( $K$ , %) средних суточных концентраций пыли (1),  $SO_2$  (2),  $CO$  (3),  $NO_2$  (4) в воздушном бассейне г. Алматы

Как видно на графике, значения коэффициентов вариации диоксида серы летом минимальные - 20,5 %, зимой - максимальные - 41 %. Для диоксида азота прослеживается наоборот летний максимум - 47,5 % и зимний минимум - 29,2 %. По оксиду углерода наибольшие значения этого показателя характерны для весны - 39,3 %, наименьшие - в январе - 28,9 %. Что касается пыли, то четко выраженных минимумов и максимумов коэффициентов вариации



ции не обнаружено. Наиболее высокие значения характерны для марта и мая месяцев - 40,0 - 40,5 %, в июле - наименьшие - 25,9 %. В течение года значения коэффициентов вариации резко меняются от месяца к месяцу. Из приведенных данных видно, что в летний период атмосфера над Алматы загрязнена диоксидом серы более равномерно, чем зимой, диоксидом азота - наоборот. Весной наблюдается возрастание неравномерности загрязнения воздуха оксидом углерода и пылью.

Было также выяснено, что многолетний годовой ход значений коэффициентов вариации средних суточных концентраций CO и NO<sub>2</sub> в целом обратно пропорционален многолетнему годовому ходу средних суточных концентраций этих примесей. Так, для оксида углерода наибольшие значения коэффициентов вариации приходятся на май месяц, когда средние суточные концентрации этой примеси опускаются до минимальных в году. Проверка характера и тесноты этих связей была проведена с помощью корреляционного анализа. Для этого рассчитывались парные коэффициенты корреляции (r) между данными величинами для всех четырех примесей. Результаты расчетов приведены в табл. 1.

Таблица 1

Значения парных коэффициентов корреляции (r) и критериев Стьюдента (t) между средними концентрациями примесей и их коэффициентами вариации в атмосфере г. Алматы

Примесь	r	t
Пыль	- 0,21	0,68
CO	- 0,50	1,83
NO <sub>2</sub>	- 0,67	2,85
SO <sub>2</sub>	0,63	2,56

Для оценки достоверности полученных значений использовался критерий Стьюдента (t), который представляет собой отношение эмпирического коэффициента корреляции к своей ошибке. Выяснилось, что на принятом 5 %-ном уровне значимости, для

числа степеней свободы  $n-2$  для всех рассмотренных примесей рассчитанные значения критериев Стьюдента больше критических. Это означает, что нулевая гипотеза отвергается, а вычисленные связи между двумя переменными величинами статистически значимы.

Так, по пыли, диоксиду азота и оксиду углерода прослеживается обратная связь между значениями коэффициентов вариации средних суточных концентраций и величинами самих концентраций этих примесей. Иными словами, чем меньше средние суточные концентрации пыли,  $\text{NO}_2$  и  $\text{CO}$ , тем более равномерно загрязнена ими атмосфера над городом. Средние концентрации диоксида серы имеют статистически значимые положительные связи с коэффициентами вариации. Следовательно, наибольшую неравномерность загрязнения воздуха этой примесью нужно ожидать в тех случаях, когда ее средние суточные концентрации высоки.

Отдельным вопросом являлось изучение динамики уровня загрязнения воздуха городов Алматы и Капшагай за несколько лет. Для этого рассматривались тенденции хода средних суточных концентраций пыли,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{CO}$  и  $\text{NO}_2$ . Вначале были вычислены линейные тренды в рядах годовых значений этих примесей за период 1990 - 1995 гг. Для выявления трендов применялись параметрические методы, а прямая, выражающая тренд, подбиралась с помощью метода наименьших квадратов и описывалась линейным уравнением. Установив форму тренда, т.е. выбрав тип линии и описывающие ее уравнение, определялись его параметры. Для линейного тренда главным параметром, как известно [9], является среднегодовой прирост - величина изменения рассматриваемой величины за год, по которой судят о направлении и темпах ее динамики, в данном случае о средних суточных концентрациях вредных примесей.

Полученные тренды в рядах годовых значений содержания в воздухе различных ингредиентов сравнивались с трендами в рядах сезонных - зимних, летних, весенних и осенних значений средних суточных их концентраций. Это позволило проследить

тенденции в колебаниях уровня загрязнения как за год, так и за отдельные его сезоны, выявить периоды за время которых в основном и происходит годовое изменение средних значений концентраций различных примесей.

В табл. 2 приведены данные, характеризующие рассчитанные нами тренды.

Как следует из данных таблицы, в г. Алматы выявлены годовые отрицательные тренды в рядах средних суточных концентраций пыли, оксида углерода и диоксида азота. В то же время по всем рассмотренным компонентам в воздушном бассейне г. Капшагай, а также по диоксиду серы в Алматы наблюдаются положительные тенденции - содержание этих примесей из года в год увеличивается.

Оценка статистической достоверности годовых и сезонных изменений концентраций примесей производилась с помощью критерия Стьюдента ( $t$ ). Анализ результатов показал, что в рассмотренный период времени произошло статистически значимое годовое изменение средних суточных концентраций всех примесей в атмосфере г. Капшагай, а также пыли в Алматы. Возрастание содержания  $SO_2$ , а также уменьшение значений  $CO$  и  $NO_2$  в воздушном бассейне Алматы, как показывают данные табл. 2, не является статистически достоверным и возникло, вероятно, за счет случайных факторов.

Уменьшение содержания пыли в атмосфере г. Алматы происходит в основном за счет осенних месяцев, среднегодовой прирост в которые за рассмотренный интервал времени составил -  $0,045 \text{ мг/м}^3$ . Самые незначительные темпы снижения средних суточных концентраций этой примеси - весной -  $0,027 \text{ мг/м}^3$ .

Возрастание содержания  $SO_2$  и  $NO_2$  в воздушном бассейне г. Капшагай прослеживается главным образом в весенние месяцы - соответственно  $9 \cdot 10^{-4}$  и  $17 \cdot 10^{-4} \text{ мг/м}^3$  в год, оксида углерода - осенью -  $0,24 \text{ мг/м}^3$ . Из всех рассмотренных примесей в г. Капшагай наиболее быстро возрастает содержание в воздухе  $CO$ , главный параметр его годового тренда составляет  $0,19 \text{ мг/м}^3$ . Наименьший годовой прирост выявлен у диоксида серы ( $6 \cdot 10^{-4} \text{ мг/м}^3$ ), при

Таблица 2

Характеристики трендов: средний годовой прирост ( $P$ ,  $\text{мг}/\text{м}^3$ ) и критерий Стьюдента ( $t$ ) в рядах средних годовых и сезонных концентраций вредных примесей за период 1990 - 1995 гг. по данным стационарных наблюдений за загрязнением воздуха в гг. Алматы и Капшагай

При- меся	Годовой тренд		Зимний тренд		Весенний тренд		Летний тренд		Осенний тренд	
	$P$	$t$	$P$	$t$	$P$	$t$	$P$	$t$	$P$	$t$
АЛМАТЫ										
Пыль	-0,034	3,17	-0,034	5,52	-0,027	1,83	-0,038	2,66	-0,045	2,89
SO <sub>2</sub>	$3 \cdot 10^{-5}$	0,022	$10^{-4}$	0,046	$3 \cdot 10^{-4}$	0,19	$4 \cdot 10^{-4}$	0,27	$5 \cdot 10^{-4}$	0,47
CO	-0,056	0,47	-0,24	1,35	0,096	0,60	0,075	0,47	-0,03	0,26
NO <sub>2</sub>	-0,003	0,67	$7 \cdot 10^{-4}$	0,11	0,004	0,37	-0,003	0,97	-0,005	0,91
КАПШАГАЙ										
Пыль	0,008	3,07	0,005	1,57	0,009	3,82	0,01	3,34	0,004	0,88
SO <sub>2</sub>	$6 \cdot 10^{-4}$	2,81	$4 \cdot 10^{-4}$	1,38	$9 \cdot 10^{-4}$	7,05	$3 \cdot 10^{-4}$	0,78	$3 \cdot 10^{-4}$	2,5
CO	0,19	4,03	0,17	3,55	0,15	3,29	0,18	2,35	0,24	5,19
NO <sub>2</sub>	0,001	4,45	$5 \cdot 10^{-4}$	1,18	$17 \cdot 10^{-4}$	10,6	$8 \cdot 10^{-4}$	1,70	0,001	1,80

этом возрастание этой примеси характерно лишь в весенние месяцы, а в остальное время года оно статистически незначимо.

Изменение содержания вредных примесей в воздухе может зависеть от двух факторов - выбросов и метеорологических условий, способствующих рассеиванию, превращению и удалению их из атмосферы [2,12]. Поэтому, для объяснения выявленной динамики изменений средних суточных концентраций различных примесей нами были проанализированы совместно тенденции уровня загрязнения и выбросов вредных веществ. В качестве показателя загрязненности воздуха здесь использовался индекс загрязнения атмосферы (ИЗА), представляющий собой интегральный показатель, позволяющий с помощью константы привести степень вредности всех рассмотренных веществ к вредности диоксида серы и тем самым рассматривать загрязненность воздушного бассейна в целом, а не по отдельным поллютантам. На рис. 3 показана динамика изменения объемов выбросов вредных веществ от стационарных источников (V), ход ИЗА, рассчитанного по четырем веществам - пыли,  $SO_2$ , CO и  $NO_2$ , а также изменение количества автотранспорта (A) в г. Алматы.

Как свидетельствуют данные из графика, за рассмотренный период времени произошло снижение объемов выбросов в атмосферу г.Алматы от стационарных источников. Так, суммарные выбросы вредных веществ от них уменьшились за 1990 - 1995 гг. более чем в 1,7 раза и составили на конец этого периода 20,1 тыс.т. С этим фактором, очевидно, связана тенденция снижения содержания в воздухе некоторых примесей и в частности твердых веществ (пыли).

С другой стороны, как видно на графике, в Алматы отмечается увеличение автомобильного транспорта, ведущего к возрастанию выбросов от низких источников. К сожалению, данные об этих выбросах не учитываются в официальных формах госстатотчетности, поэтому ограничимся лишь информацией о динамике изменения количества этих источников загрязнения.

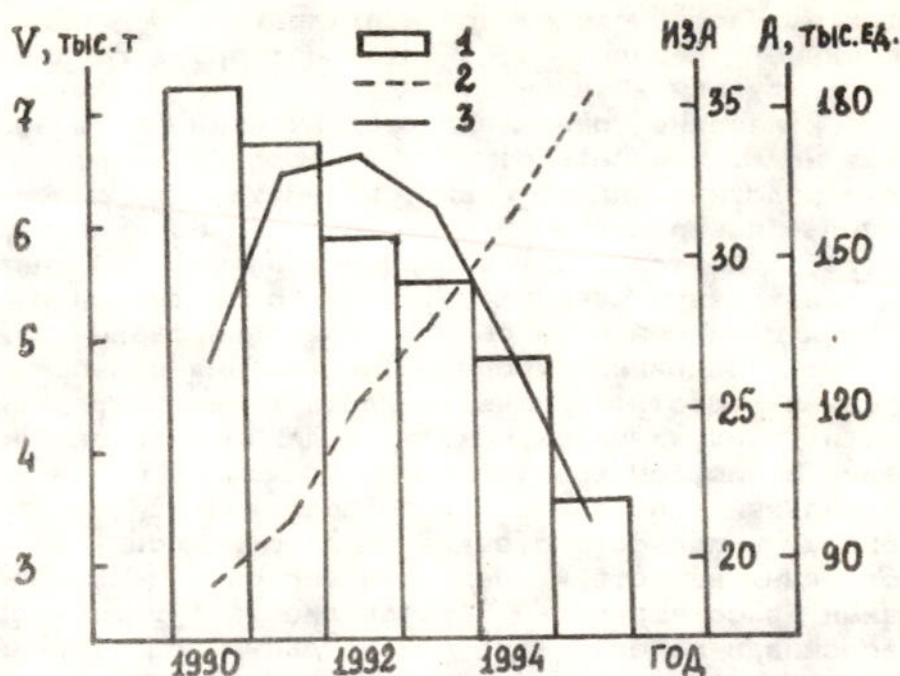


Рис. 3. Динамика изменения объемов выбросов от стационарных источников в тыс. т. (1), количества автотранспортных средств в ед. (2) и ИЗА в усл. ед. (3) в Алматы

Следует отметить, что в связи с проведением приватизации доля государственного автотранспорта существенно сократилась. Однако, возросло число автомобилей, находящихся в личном пользовании. Так, только за 1991-1993 гг. их количество возросло более чем в 1,5 раза, что повлекло за собой увеличение расхода горючего и массы поллютантов от автотранспорта. Однако, значения ИЗА в течение рассмотренного периода, как видно на графике, снижаются. Выявленные расхождения в тенденциях могут быть объяснены помимо других причин изменением метеорологических условий, среди которых можно выделить - увеличение количества выпадающих осадков [4] и уменьшение повторяемости штилевых явлений [5] на территории города, что ведет к возрастанию способности атмосферы рассеивать и удалять накапливающиеся в ней вредные при-

меси. С этим фактором, очевидно, и связан характер выявленных тенденций по ряду газообразных примесей и прежде всего по оксиду углерода и диоксиду азота. Учитывая, что выявленные тенденции по ним статистически незначимы, можно говорить о некоторой стабилизации содержания в воздухе этих примесей. Однако, в ближайшем будущем следует ожидать изменения ситуации, главным образом в связи с увеличением количества выбросов от автомобильного транспорта.

Уменьшение поступления выбросов вредных веществ от стационарных источников, связанное со спадом производства, характерно также и для воздушного бассейна г.Капшагай. Однако, как показано выше, здесь происходит рост содержания всех четырех рассмотренных примесей. Одной из причин этого может быть рост числа единиц автотранспорта, выбросы которого влияют на увеличение прежде всего газообразных примесей -  $\text{CO}$  и  $\text{NO}_2$ . Другая причина заключается в метеорологических условиях, изменение которых отрицательно сказывается на способности самоочищения атмосферы. Среди них выявленная тенденция уменьшения скорости ветра в приземном слое на большей части территории Алматинской области [5], возрастание повторяемости слабых - 0 - 1 м/с ветров.

Разный характер изменения средних суточных концентраций рассмотренных примесей по сезонам года в обоих городах, объясняется, по-видимому, непостоянством режима выбросов в течение года, а также свойствами отдельных примесей, одни из которых рассеиваются преимущественно под действием ветра, другие выводятся из атмосферы в большей степени осадками. Последнее явится предметом дальнейших исследований авторов.

По результатам анализа всех материалов, изложенных в работе, можно сделать ряд выводов. Наиболее высокий уровень загрязнения воздуха в обоих городах отмечается в зимний период, когда увеличиваются выбросы, поступающие от коммунально-бытовой сферы и возрастает повторяемость метеорологических условий, способствующих их аккумуляции, особенно в Алматы, уровень загрязнения воз-

душного бассейна которого за рассмотренный интервал времени оказался значительно выше, чем в г.Капшагай. Последнее объясняется большим числом источников выбросов и положением Алматы у подножия горного хребта, которое определяет слабую подвижность и значительную устойчивость нижних слоев атмосферы, что влияет на перенос и рассеивание примесей. Воздушный бассейн г.Капшагай отличается довольно плавным изменением значений концентраций основных загрязняющих его примесей, что говорит о постоянстве режима выбросов и лучших, по сравнению с Алматы, способностях самоочищения атмосферы в течение года. Так, в среднем многолетнем повторяемость слабых ветров в Капшагае в 1,2 раза, а туманов в 3 раза ниже, чем в Алматы. Благодаря особенностям сложившейся хозяйственной инфраструктуры, проявлению горно-долинной циркуляции и ряда других факторов над территорией г. Алматы создается значительная пространственная неоднородность в распределении концентраций примесей, которая, как было установлено, зависит также и от величины среднесуточной концентрации той или иной примеси. В летний период года отмечается более неравномерное загрязнение атмосферы города оксидом углерода и диоксидом азота, зимой - пылью и диоксидом серы. Изучение динамики изменения уровня загрязнения воздуха городов Алматы и Капшагай за шестилетний период позволило выявить тенденции в рядах средних суточных концентраций различных примесей. Вычислены статистически значимые положительные тренды в изменении содержания пыли,  $SO_2$ ,  $CO$ ,  $NO_2$  в воздушном бассейне г.Капшагай, что связано, по-видимому, с ростом выбросов от низких источников и увеличением повторяемости некоторых метеорологических условий, неблагоприятных для рассеивания примесей. В атмосфере Алматы произошло уменьшение значений средних суточных концентраций пыли, что связано со снижением объемов выбросов. По остальным рассмотренным примесям в воздушном бассейне Алматы не выявлены статистически достоверные изменения ни за год, ни по сезонам. Данные о выбросах и уровне загрязнения воздуха Алматы с использованием пока-



зателя ИЗА демонстрируют несовпадение их трендов. Несмотря на рост автотранспорта, на долю которого приходится основная часть общей физической массы поллютантов, поступающих в воздух, в городе происходит снижение значений ИЗА, что может подтверждать наличие некоторых положительных тенденций в изменении условий самоочищения атмосферы.

Результаты работы будут использованы авторами в дальнейшем для изучения роли изменения климатических условий в процессах загрязнения атмосферы над территорией Алматинской области.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ахмеджанов Х.А., Гельмгольц Н.Ф. Особенности климатических условий г. Алма - Аты и их роль в загрязнении воздушного бассейна города // Тр. КазНИГМИ. - 1970. - Вып. 36. - С. 127 - 135.
2. Безуглая Э.Ю. Метеорологический потенциал и климатические особенности загрязнения воздуха городов. - Л.: Гидрометеиздат, 1980. - 184 с.
3. Безуглая Э.Ю. Мониторинг состояния загрязнения атмосферы в городах: результаты экспериментальных исследований. - Л.: Гидрометеиздат, 1986. - 199 с.
4. Белый А.В. О тенденциях изменения континентальности климата Алматинской области // Гидрометеорология и экология. - 1995. - N 2. - С. 101 - 112.
5. Белый А.В. О тенденциях изменения ветрового режима Алматинской области и его влиянии на загрязнение атмосферы // Гидрометеорология и экология. - 1995. - N 4. - С. 141 - 156.
6. Гельмгольц Н.Ф. Нурумов С.Ж. О некоторых закономерностях ветрового самоочищения атмосферы г. Алматы // Тр. КазНИГМИ. - 1978. - Вып. 64. - С. 9 - 16.
7. Дегтярев В.И. О роли метеорологических факторов в опасном загрязнении воздушного бассейна г. Алма - Аты // Тр. КазНИГМИ. - 1980. - Вып. 72. - С. 116 - 128.

8. Рекомендации по пространственно - временному анализу данных наблюдений о загрязнении атмосферы с использованием метеорологических характеристик распространения примесей в атмосфере // Под ред. Э.Ю. Безуглой. - Л.: ГГО им. А.И. Воейкова, 1990. - 41 с.
9. Юзбашев М.М., Маннеля А.И. Статистический анализ тенденций и колеблемости. - М.: Финансы и статистика, 1983. - 207 с.
10. Cappelani F., Bielly A. Correlation between  $SO_2$  and  $NO_2$  measured in an atmosphere column by a brewer spectrophotometer and at ground - level by photochemical techniques // Environ. Monit. and Assess. - 1995. - Vol. 35, N 2. - P. 77 - 84.
11. Feher M., Martin P. Something in air ? // Chem. Brit. - 1993. - Vol. 29, N 10. - P. 883 - 886.
12. Powley J. Winter time thresholds and trends of weather elements for high pollutant concentrations // 27 - th Int. Geogr. Congr., Washington, D.C., Aug. 9 - 14, 1992.: Techn. Program and Abstr. - Washington, 1992. - 508 p.

Алматинский Государственный  
Университет им. Абая

АЛМАТЫ ЖӘНЕ ҚАПШАҒАЙ  
ҚАЛАЛАРЫНДАҒЫ АУАНЫҢ ЛАСТАНУ  
ТЕНДЕНЦИЯЛАРЫ МЕН ДЕҢГЕЙІ ТУРАЛЫ

ҚР ҰҒА корр. мүшесі, геогр. ф. докт. А.С.Бейсенова  
А.В.Белый

1990-1995 жылдар аралығындағы Алматы және Қапшағай қалалары ауасының ластануы бойынша жүргізілген стационарлық бақылау мәліметтеріне талдау жасалды. Атмосферадағы шаң-тозаң, күкірт диоксидінің, көміртек оксиді мен азот диоксидінің мезгілдік өзгеруі келтірілді. Әр түрлі қоспалардың қоюлану мөлшерімен кеңістіктегі өзгеру байланысы зерттелді. Зиянды заттардың орташа тәуліктік қоспалар қатарынан тренділер айқындалып, оларға баға берілді. Ауа бассейнінің метеорологиялық жағдайы мен қалдықтар мөлшерінен ластану деңгейі көрсетілді.