

УДК 504.37 (574.51)

**О РОЛИ И ТЕНДЕНЦИЯХ РЕЖИМА УВЛАЖНЕНИЯ В  
ПРОЦЕССАХ ОЧИЩЕНИЯ АТМОСФЕРЫ НАД  
АЛМАТИНСКОЙ ОБЛАСТЬЮ**

А.В. Белый

*Проанализирован характер влияния атмосферных осадков на концентрации различных примесей, находящихся в воздушном бассейне. Изучены изменения в режиме увлажнения территории области путем аппроксимации рядов осадков линейными трендами и скользящими средними. Приведены оценки тенденций за разные интервалы времени. Сделаны выводы о роли изменения режима осадков в процессах очищения воздуха.*

Выпадение осадков - дождя или снега является одним из механизмов выведения загрязняющих веществ из атмосферы и их осаждения на земную поверхность. Повышенные концентрации ряда примесей редко наблюдаются после дождя [4,12,15], а эффективность их удаления из атмосферы в большей степени зависит от интенсивности и количества выпавших осадков [2,3].

Проблема очищения воздуха атмосферными осадками сравнительно мало изучена на территории Алматинской области, а некоторые ее аспекты, такие как влияние изменения режима осадков на процессы вымывания вредных веществ из атмосферы, не исследованы вообще. Следует отметить, что в целом за год на территории области выпадает небольшое количество осадков - в среднем - 400 - 450 мм. Поэтому, данный фактор не оказывает такого существенного влияния на содержание примесей в воздухе, как, например, в европейской части России. Однако, в центральной части предгорных районов юга области происходит существенное увеличение количества выпадающих осадков до 600 - 700 мм. Здесь

же расположен огромный промышленно - транспортный потенциал, который является мощным источником загрязнения атмосферы. В этих районах, вследствие их близости к горным хребтам, наблюдается высокая повторяемость условий, способствующих накоплению вредных примесей в воздухе и прежде всего слабых ветров и инверсий температуры. В связи с этим, роль атмосферных осадков в очищении атмосферы от загрязняющих ее веществ на данной территории существенно повышается.

В работе изложены основные результаты оценки той роли, которую играют осадки в удалении примесей из атмосферы, а также приводятся результаты исследования изменений в режиме атмосферных осадков за длительный период времени в Алматинской области и их влияние на уровень загрязнения воздуха. Одной из первых задач, стоящих перед автором, явилось определение влияния выпадения осадков - дождя или снега на очищение воздушного бассейна от разного рода примесей. Известно [8,11,14], что процесс вымывания примесей осадками может протекать двумя разными способами. Так, загрязняющие соединения могут растворяться в облачных каплях в процессе образования облаков, после чего происходит трансформация в большие по размерам капли дождя и с осадками растворенные примеси поступают на земную поверхность. Другой способ вымывания вредных веществ из атмосферы заключается в "захватывании" содержащихся в воздухе поллютантов пролетающими каплями дождя и переносе их на земную поверхность. Как в первом, так и во втором случаях выпадение атмосферных осадков приводит к значительному очищению воздушного бассейна.

Автором работы проанализировано влияние выпадения жидких - дождя и твердых - снега осадков на изменения в содержании различных примесей в воздухе по данным стационарных наблюдений в гг. Алматы и Капшагай. Для этого были выбраны сутки, в которые несколько раз отмечалось выпадение осадков. Выбор основывался на минимизации воздействия других факторов, таких как скорость

ветра, туманы, инверсии температуры воздуха и пр., способствующих изменению уровня загрязнения атмосферы. В результате такого подхода удалось проследить колебания в содержании вредных примесей в воздушном бассейне именно под воздействием выпадения атмосферных осадков. На рис. 1 и 2 показан суточный ход отношений разовых концентраций ( $q_r$ ) пыли,  $SO_2$ ,  $CO$  и  $NO_2$  к их средним суточным значениям ( $q_s$ ), а также временные интервалы выпадения осадков.

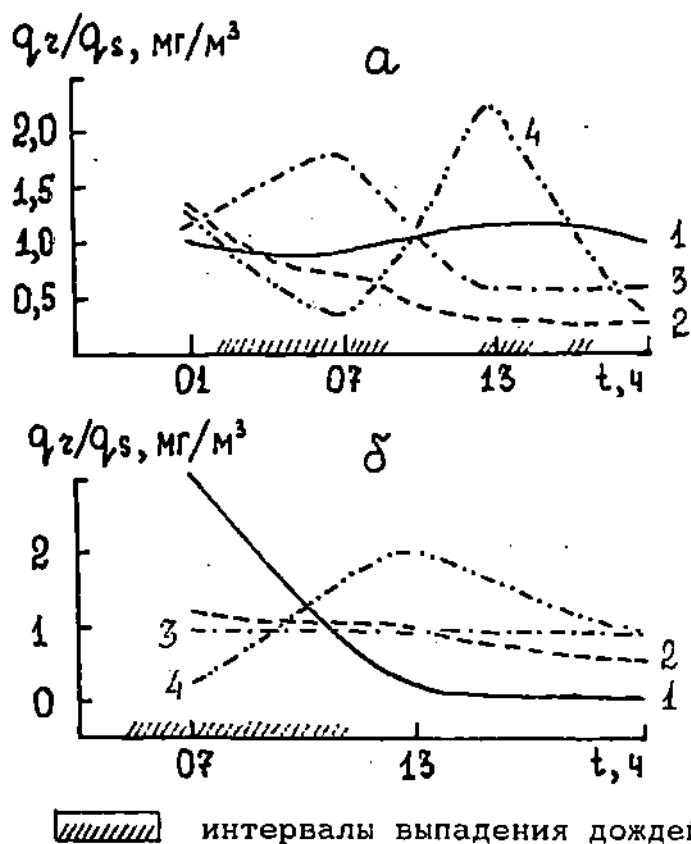
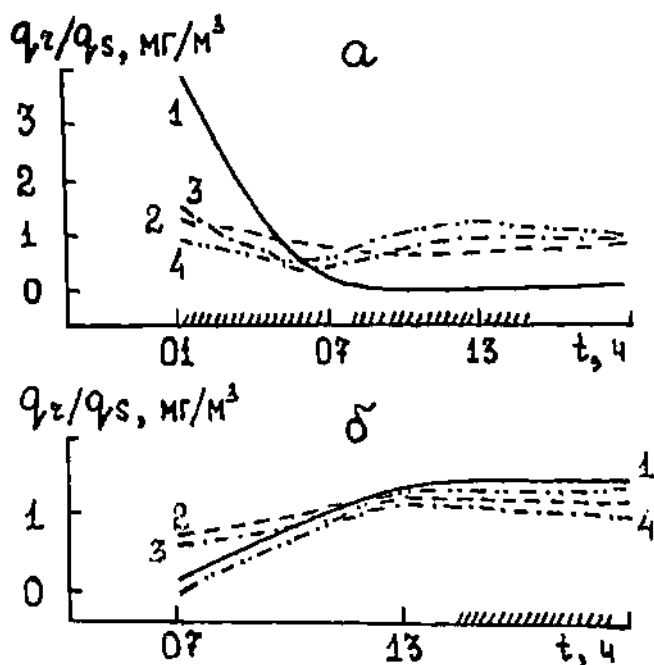


Рис. 1. Суточный ход отношений  $q_r/q_s$  концентраций пыли (1),  $SO_2$  (2),  $CO$  (3),  $NO_2$  (4) в атмосфере и временные интервалы выпадения дождей в г. Алматы 19.05.94 (а) и г. Капшагай 14.07.94 (б)



▨ интервалы выпадения твердых осадков

Рис. 2. Суточный ход отношений  $q_r/q_s$  концентраций пыли (1),  $SO_2$  (2),  $CO$  (3),  $NO_2$  (4) в атмосфере и временные интервалы выпадения твердых осадков в г. Алматы 20.02.94 (а) и г. Капшагай 29.01.94 (б)

Рассмотрим суточный ход концентраций различных примесей в зависимости от выпадения дождей - в городах Алматы - рис. 1а и Капшагай - рис. 1б. В изучаемые сутки во время дождя содержание в воздухе пыли, диоксида серы и диоксида азота имело устойчивую тенденцию к снижению. Так, в Алматы 19 мая за несколько часов концентрации  $SO_2$  и  $NO_2$  снизились на 67 % и достигли в утренние часы  $0,008 \text{ мг/м}^3$  и  $0,004 \text{ мг/м}^3$  соответственно. В Капшагае наиболее интенсивно в рассматриваемые сутки - 14 июля происходило снижение во время дождя пыли, концентрации которой к окончанию осадков - 11 часам составили 37 % от ее замера до начала дождя. Содержание в воздухе диоксида серы изменилось на 10 %, а концентрации  $NO_2$  увеличились и

достигли на конец периода выпадения осадков  $0,01 \text{ мг/м}^3$ , что составило рост на 61 %. После прекращения осадков в ближайшие 4-5 часов в обоих городах продолжалось снижение содержания в воздухе диоксида серы, хотя темпы этого процесса существенно замедлились. Тенденции изменения концентрации пыли и  $\text{NO}_2$  после дождя сменили свой знак на противоположный, их содержание в воздушном бассейне Алматы стало расти. Особо интенсивно выросли концентрации последней примеси - за 5 часов рост ее составил 90 %. В Капшагае содержание пыли после дождя стабилизировалось и колебалось в пределах  $0,1 \text{ мг/м}^3$ . Концентрации же диоксида азота стали несколько снижаться и составили на 19 часов лишь 50 % от величины, замеренной 6 часов назад. Особо примечателен ход концентрации оксида углерода. Как в Алматы, так и в Капшагае в рассмотренные сутки его содержание в атмосфере практически не коррелирует с периодами выпадения дождей. Так, во время осадков в Алматы его концентрации возрастали, а по Капшагаю - не изменялись вообще.

Суточный ход различных примесей и интервалы выпадения твердых осадков показаны на рис. 2. Как видно на графиках, четкой зависимости между ними не прослеживается. Так, 20 февраля в Алматы (рис. 2 а) во время "первого" снегопада - с 01.00 ч до 06.00 ч концентрации всех рассмотренных примесей снижались. После прекращения осадков и в течение 4,5 часов во время "второго" снегопада, начавшегося утром, происходило накопление в воздухе вредных поллютантов. Концентрации пыли и  $\text{SO}_2$  при этом существенно не изменились. В Капшагае - рис. 2б - во время снегопада 29 января отмечено снижение содержания в воздухе лишь оксида углерода, а по остальным примесям прослеживалось замедление или стабилизация их роста.

Вышеприведенные данные свидетельствуют о том, что осадки на рассматриваемой территории способствуют очищению атмосферы от таких примесей, как пыль, диоксид серы и диоксид азота. Во время выпадения дождя их концентрации многократно снижаются, особенно отчетливо эта тенденция прос-

леживается по городу Алматы, что, очевидно, связано с более высоким уровнем загрязнения атмосферы по сравнению с Капшагаем и с большей интенсивностью осадков в предгорной зоне, что обуславливает более выраженные тенденции в очищении воздуха атмосферными осадками. После прекращения дождя для городов характерно также низкое содержание рассмотренных примесей, особенно диоксида серы в течение нескольких часов.

Значительное повышение содержания в воздушном бассейне Капшагай  $\text{NO}_2$  во время выпадения дождя, а в Алматы после его прекращения, по всей видимости, связано со значительной неритмичностью выбросов, поступающих от низких источников - автотранспорта. В итоге темпы роста концентрации этой примеси заметно превышают темпы самоочищения атмосферы.

Удаление вредных примесей из атмосферы твердыми осадками в обоих городах не может быть оценено однозначно. Как и дождь, этот вид осадков способствует снижению в воздухе концентрации ряда поллютантов, однако, его эффективность практически в 2 раза уступает процессу самоочищения атмосферы во время дождя. Исключение составляет пыль, концентрации которой в Алматы заметно убывают во время снегопада, а в последующем имеют значения, близкие к нулю. В целом же надо отметить, что твердые осадки на рассматриваемой территории способствуют очищению атмосферы от ряда примесей и, в частности, от пыли, диоксида серы, диоксида азота. Однако, на их содержание в данное время года в воздухе свой отпечаток накладывают и другие факторы, а именно, увеличение выбросов от стационарных установок во время отопительного сезона. В этом отношении Капшагай находится в более выгодном положении: заметно уступая по размерам и, следовательно, по промышленному и транспортному потенциалу здесь в большей мере прослеживается механизм очищения атмосферы за счет выпадения твердых осадков. Концентрации пыли,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{SO}_2$  в период снегопада здесь стабилизируются или их рост замедляется и составляет всего 5-8 %. Исключением в обоих городах является оксид углерода,

который практически не вымывается из атмосферы осадками и не вступает в химические реакции с другими примесями. Именно по этой причине в период исследований концентрации данной примеси либо не изменялись во время осадков, либо имели противоположную тенденцию ходу значений остальных поллютантов. Очевидно, что на уровень содержания оксида углерода в большей степени оказывают влияние условия переноса и рассеивания, нежели атмосферные осадки.

Как показывают данные в [9,10,13], удаление примесей из атмосферы существенно зависит от интенсивности, количества и повторяемости выпадения атмосферных осадков. Автором проанализированы зависимости индекса загрязнения атмосферы (ИЗА) от числа суток с осадками в городах Алматы и Капшагай, которые графически показаны на рис. 3.

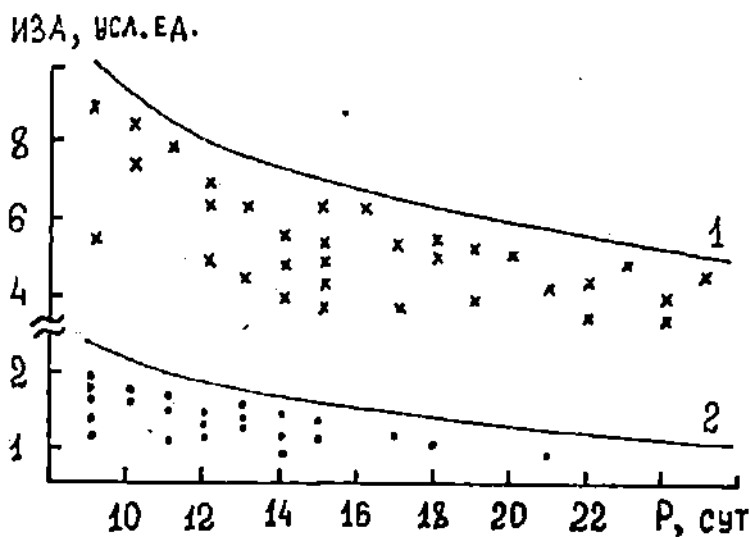


Рис. 3. Зависимость между средними месячными значениями индекса загрязнения атмосферы - ИЗА в усл. ед. и числом суток с осадками (P, сут) по данным стационарных постов в гг. Алматы (1) и Капшагай (2)

Как видно на графике, увеличение числа суток с осадками ведет к снижению значений ИЗА. Особенно отчетливо эта тенденция прослеживается по городу Алматы, где осадки наблюдаются в среднем за год на 50 - 60 сут. чаще, чем в Капшагае. Очевиден также и тот факт, что в предгорьях по сравнению с равнинной частью области интенсивность выпадающих осадков значительна. Так, по данным станции Алматы, ОГМС в среднем многолетнем она составляет 0,013 мм/мин. Таким образом, при увеличении повторяемости и интенсивности атмосферных осадков на рассматриваемой территории способность атмосферы к самоочищению возрастает.

Проанализированные выше зависимости между осадками и уровнями загрязнения воздушного бассейна в городах Алматы и Капшагай, находящиеся в разных физико - географических условиях, показали, что не на всей территории области первые достаточно эффективно способствуют очищению атмосферы. Очевидно, что наибольшая эффективность вымывания вредных примесей осадками прослеживается в центральной части предгорных районов юга области, где в отличие от других мест существенно возрастает их количество, интенсивность и повторяемость. На остальной же территории области роль атмосферных осадков в очищении воздуха - значительно ниже, прежде всего, из-за их малого количества. Однако, последнее не означает полного отрицания автором способности первых влиять на уровень загрязнения атмосферы в этих районах.

Принимая во внимание ту роль, которую оказывают осадки в процессах очищения воздушного бассейна на большей части рассматриваемой территории, следует ожидать, что изменения в режиме увлажнения непосредственно скажутся и на уровне загрязнения воздушного бассейна. Поэтому, следующей задачей автора явилось изучение направленности изменений режима выпадения осадков с целью перспективной оценки возможного загрязнения природной среды.

По данным работ [1,7] уменьшение количества выпадающих осадков на планете в целом зависит в какой - то мере от изменений термического режима.



Так, при повышении средней температуры приземного слоя воздуха уменьшается меридианальный градиент, что приводит к уменьшению потоков водяного пара с океанов вглубь материков. Поэтому, происходит снижение количества осадков на значительной части внутриконтинентальных районов, к которым относится и рассматриваемая территория. Однако, содержащиеся доказательства в работе [1], показывают, что при значительном потеплении, количество осадков может возрасти. Это связано с заметным повышением абсолютной влажности воздуха, в связи с чем, существенно возрастает количество внутримассовых осадков. Кроме этого, повышение температуры воздуха на планете способствует увеличению энергии всей атмосферы, что в свою очередь активизирует процессы, протекающие в ней [ 7 ]. Значит, следует ожидать существенное ускорение скорости переноса влаги с океана на материк, что ведет к увеличению количества выпадающих осадков в ряде регионов.

Для исследования динамики режима осадков над рассматриваемой территорией изучались тенденции в рядах значений средних годовых и сезонных сумм осадков за многолетний период времени по 10 станциям области. Вначале были вычислены линейные тренды в рядах годовых значений сумм осадков, которые сравнивались с трендами в рядах сезонных - зимних и летних их значений. В табл. 1 приведены данные, характеризующие рассчитанные тренды. Оценка статистической достоверности полученных результатов проводилась с помощью критерия Стьюдента ( $t_{st}$ ), который, как известно, равен отношению величины среднего прироста к его статистической ошибке. Выяснилось, что на 5 % уровне значимости рассчитанные значения  $t$  - критерия Стьюдента больше критических его значений только на станциях: Алматы, ОГМС, Нарынкол, Каменское Плато и Анархай. При этом, статистически значимое увеличение количества осадков на первой происходит в зимний период года, на второй - летом, на последней фиксируется снижение количества осадков как летом, так и в целом за год, а по станции Каменское Плато возрастают их годовые суммы.

Таблица 1

Характеристики трендов: средний годовой прирост ( $P$ ,  $\text{мг/м}^3$ ) и критерий Стьюдента ( $t$ ) в рядах средних годовых и сезонных сумм атмосферных осадков по данным станций Алматинской области

Период наблюдений, гг	Годовой тренд		Зимний тренд		Летний тренд	
	$P$	$t$	$P$	$t$	$P$	$t$
Алматы, ОГМС						
1930-1995	1,30	1,57	0,43	2,28	0,15	0,47
Каменское Плато						
1961-1995	4,73	2,46	0,65	1,10	0,51	0,57
Мынжилки						
1937-1995	0,09	0,09	-0,07	0,29	0,25	0,88
Усть - Горельник						
1937-1995	-0,95	0,69	0,19	0,73	0,29	0,39
Большое Алматинское Озеро						
1934-1995	-0,99	0,88	0,12	0,57	0,63	1,13
Есик						
1942-1995	-0,52	0,44	0,52	1,48	-0,11	0,25
Нарынкол						
1948-1995	-1,47	1,79	0,03	0,24	-1,18	2,36
Капшагай						
1934-1995	-0,02	0,57	0,03	0,58	-0,03	0,37
Анархай						
1947-1995	-1,65	2,55	0,02	0,07	-0,80	2,40
Баканас						
1935-1995	0,27	0,64	-0,02	0,21	0,27	0,64

По результатам проведенного исследования можно сделать вывод, что количество осадков на рассматриваемой территории за многолетний период в целом не изменилось. Только по ряду рассмотренных станций, расположенных преимущественно в горной и предгорной зонах области обнаружены статистически достоверные тенденции в изменении режима атмосферных осадков. Автор склонен рассматривать их как результат действия преимущественно местных факторов, связанных с месторасположением станций. Так, в частности, увеличение осадков в зимний период года на станции Алматы, ОГМС, объясняется, по - видимому, влиянием большого количества выбросов от различных источников, расположенных в районе Алматы, что ведет к увеличению атмосферного аэрозоля и, в конечном итоге, способствует возрастанию количества осадков.

Таким образом, изученные длиннопериодные тенденции в выпадении осадков вряд ли могут существенно повлиять на уровень загрязнения атмосферы на большей части территории области. Однако, изменения в режиме осадков за более короткие интервалы времени, надо полагать, играют более существенную роль в процессах очищения воздушного бассейна, о чем свидетельствуют некоторые данные, полученные нами ранее в [5, 6], а также данные других авторов.

В целях изучения связей между изменениями уровня загрязнения атмосферы, выявленными в работе [5] и тенденциями в выпадении осадков на территории Алматинской области нами была предпринята попытка сопоставления данных этих исследований. В этом случае для оценки временных рядов по осадкам применялся метод скользящих средних, основанный на представлении ряда в виде суммы достаточно гладкого тренда и случайной компоненты, типа "белый шум". В основе данного приема лежит идея локального приближения тренда полиномом не очень высокой степени - порядка второй или третьей. Использование этого метода позволяет сгладить временной ряд, устранить в нем случайные колебания и дает возможность провести анализ в определенных временных интервалах, в том числе и за сравни-

тельно короткие - 5 - 10 лет. На рис. 4 представлен многолетний ход сумм осадков за холодный период на станции Алматы, ОГМС и трендовые составляющие, выделенные разными способами.

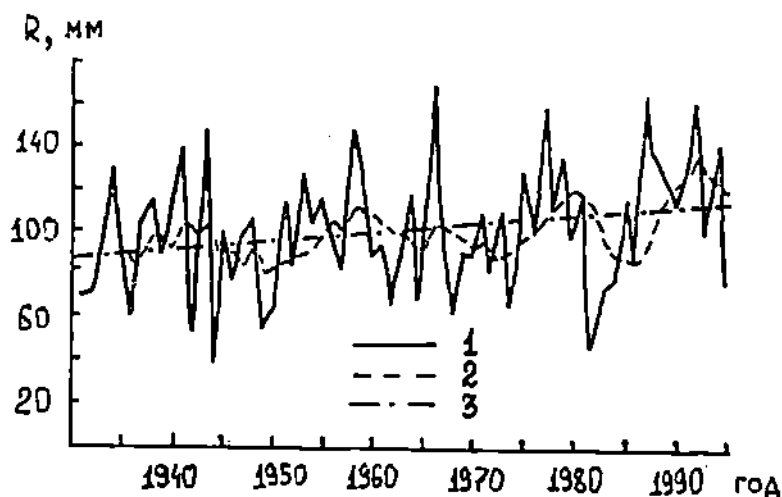


Рис. 4. Многолетний ход фактических значений (1), скользящих шестилетних средних (2) и линейный тренд (3) сумм осадков ( $R$ , мм) по данным за зимний период на станции Алматы, ОГМС

Анализ скользящей средней (2) показывает, что тенденция в изменении количества осадков имела положительный знак до 1947 г., а также в периоды 1950 - 1957 гг., 1972 - 1980 гг. и 1986 - 1992 гг. В остальное время прослеживались отрицательные тенденции. В настоящее время максимум зимних сумм осадков уже пройден и после 1992 г. начинает проявляться довольно четкая тенденция к их уменьшению. Это указывает на возможное ухудшение и без того низкой в это время года способности атмосферы удалять накапливающиеся в ней вредные примеси.

Этим же методом были оценены временные ряды по осадкам за теплый период и в целом за год. Для нас особый интерес в многолетнем ряду наблюдений представляют данные за последние 6 лет, изменение

осадков в которые можно сопоставить с уже изученными тенденциями в уровне загрязнения атмосферы. Так, выявленный рост количества выпадающих осадков на станции Алматы, ОГМС за летний период, прослеживающийся в ряду наблюдений еще с 1986 г. и продолжающийся в настоящее время, по всей видимости, повлиял на некоторое снижение уровня загрязненности атмосферы, наблюдающееся сейчас в Алматы, о чем свидетельствуют данные уменьшения значений индекса загрязненности атмосферы (ИЗА), рассмотренные нами в [5]. С другой стороны, выяснено, что в целом за год по рассматриваемой станции количество осадков в последние годы уменьшается, что может ухудшить способность атмосферы к самоочищению.

Результаты анализа изменения режима осадков на станции Капшагай методом скользящих средних показали, что в период после 1990 г. в летний сезон прослеживается положительная тенденция в рядах сумм осадков, а с декабря по февраль - их количество уменьшается. В целом за год это обуславливает стабилизацию режима осадков - нулевую тенденцию. В этих условиях отмеченные в работе [5] тенденции возрастания значений годовых концентраций основных примесей, загрязняющих воздушный бассейн города, вполне объяснимы: отсутствие заметных и статистически значимых изменений в выпадении осадков за год, а также их уменьшение зимой при возрастании выбросов способствует общему подъему уровня загрязнения атмосферы.

Аналогичный анализ временных рядов по осадкам с применением метода скользящих средних был проведен и по остальным станциям Алматинской области. Некоторые результаты, этого исследования представлены в табл. 2. Из данных таблицы видно, что изменения режима осадков за последние 6 лет, фиксируемые на разных метеостанциях, довольно хорошо согласуются между собой. Практически на всей территории области отчетливо выделяется тренд после 1990 г., сохраняющий свой знак и в наши дни. Причем, на метеостанциях, расположенных в равнинной части области, а также в высокогорьях происходит снижение годовых сумм осадков, лишь на

станциях Каменское Плато, Нарынкол и Большое Алматинское Озеро, находящихся в предгорной и горной зонах, прослеживается рост их количества. Кроме этого, фиксируется повсеместное уменьшение зимних осадков.

Таблица 2

Оценка знака тенденций сумм осадков за год, зимний и летний периоды по данным последних 6 лет на станциях Алматинской области

Станция	Период		
	Г о д	Зимний	Летний
Баканас	-	-	-
Анархай	-	-	-
Капшагай	0	-	+
Нарынкол	+	-	+
Есик	-	-	-
Усть-Горельник	-	-	+
Большое Алматинское Озеро	+	-	+
Мынжилки	-	-	+
Каменское Плато	+	-	+
Алматы, ОГМС	-	-	+

Необходимо также отметить, что практически на всей территории области в последнее время происходит увеличение количества осадков в летнее время года. Так, на всех рассмотренных метеостанциях горных и предгорных районов, за исключением Есик, прослеживается их рост с июня по август. Очевидно, что данная тенденция является несомненно одной из положительных черт в изменении климата, так как способствует улучшению способности атмосферы к самоочищению и, надо думать, оказывает положительное влияние на состояние воздушного бассейна в летний период на территории южной части Алматинской области, наиболее подверженной

влиянию хозяйственной деятельности человека.

В северных районах области прослеживающееся за последние 6 лет уменьшение количества осадков как по сезонам, так и в целом за год (станции Баканас и Анархай), по-нашему мнению, может со временем ослабить и без того низкую эффективность процесса вымывания вредных примесей из атмосферы осадками на этой территории.

Значит, можно ожидать, что на ближайшие годы в южной части области складываются более благоприятные климатические условия, оказывающие влияние на уровень содержания в атмосфере вредных примесей, чем в северных ее районах. Однако, атмосферные осадки подвержены циклическим колебаниям, поэтому окончательный вывод о благополучности изменения режима увлажнения на данной территории для процессов очищения природной среды на ближайшую перспективу можно сделать с учетом того в какой стадии цикла находятся анализируемые годы, что явится предметом дальнейших исследований.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Антропогенные изменения климата / И.И. Борзенкова, М.И. Будыко, Э.К. Бютнер и др. - Л.: Гидрометеоздат, 1987. - 406 с.
2. Безуглая Э.Ю. Метеорологический потенциал и климатические особенности загрязнения воздуха городов. - Л.: Гидрометеоздат, 1980. - 184 с.
3. Безуглая Э.Ю. Особенности загрязнения воздуха городов и роль метеорологических факторов // Проблемы контроля и обеспечения чистоты атмосферы. - Л., Гидрометеоздат, 1975.- С. 14 -20.
4. Безуглая Э.Ю., Сонькин Л.Р. Влияние метеорологических условий на загрязнение воздуха в городах Советского Союза // Метеорологические аспекты загрязнения атмосферы. - Л., Гидрометеоздат, 1971. - С. 241 - 252.
5. Бейсенова А.С., Белый А.В. Об уровне и тенденциях загрязнения воздуха городов Алматы и Капшагай // Гидрометеорология и экология. - 1996. - N 1. - С. 135 - 153.

6. Белый А.В. О тенденциях изменения континентальности климата Алматинской области // Гидрометеорология и экология. - 1995. - N 2. - С.101-112.
7. Бudyko М.И. Климат в прошлом и будущем. - Л.: Гидрометеоздат, 1980. - 351 с.
8. Загрязнение воздуха и жизнь растений / Под ред. М. Трешоу. - Л.: Гидрометеоздат, 1988. - 535 с.
9. Марквард В., Иле П. Зависимость выпадений диоксида серы и сульфатов на подстилающую поверхность от метеорологических условий, параметров выброса и расстояния до источника выброса // Метеорологические аспекты загрязнения атмосферы. - Л., Гидрометеоздат, 1988. - С. 54 - 61.
10. Махонько К.П. Элементарные теоретические представления о вымывании примесей осадками из атмосферы // Тр. ИПГ. - 1967. - Вып. 8. - С. 26 - 35.
11. Селезнева Е.С., Петренчук О.П. Об удалении примесей из атмосферы облаками и осадками // Метеорологические аспекты загрязнения атмосферы. - Л., Гидрометеоздат, 1971. - С. 253 - 259.
12. Сонькин Л.Р. Некоторые возможности прогноза содержания примесей в городском воздухе // Тр. ГГО. - 1971. - Вып. 254. - С. 121 - 132.
13. Crossley A., Wilson D., Milne R. Pollution in the upland environment // Environ. Pollut. - 1992. - Vol. 75, N 1. - P. 81 - 87.
14. Inglis D., Cihoularton T., Wicks A. Orographic enhancement of wet deposition in the UK: case studies and modelling // Water, Air and Soil Pollut. - 1995. - Vol. 85, N 4. - P. 2119 - 2124.
15. Smith B. Production and deposition of airborne pollution // Air Pollut., Acad. Rain and Environ. - London; New York, 1988. - P. 1 - 12.

Алматинский Государственный  
Университет им. Абая



## АЛМАТЫ ОБЛЫСЫНДА АТМОСФЕРАНЫҢ ТАЗАЛАУ ПРОЦЕСІНДЕГІ ЫЛҒАҢДАҢДЫРУ ТӘРТІБІНІҢ МАҢЫЗЫ МЕН БАҒЫТЫ ТУРАЛЫ

А.В.Бельй

Ауа ақабындағы әртүрлі қоспалар қоялануына атмосфералық жауын-шашын өзгешелігінің әсері талданған. Жауын-шашын мөлшерін тікелей трендтер және жылжымалы орта мөндер бойынша сәйкестендіру арқылы облыс жерінде ылғалдану тәртібінің өзгеруі зерттелінді. Ауаны тазарту процессіндегі жауын-шашынның өзгеру тәртібі әсерлеріне қорытындылар жасалынды.