

УДК: 551.510.42

В. Л. АНАНЯН

К ВОПРОСУ ИЗУЧЕНИЯ АТМОСФЕРНЫХ ВЫПАДЕНИЙ

В процессах миграции и аккумуляции веществ на земной поверхности большую роль играют эоловые факторы [5, 10]. Процессы ветровой денудации и аккумуляции с развитием цивилизации претерпевают качественные и количественные изменения. По данным Г. С. Давтяна и Т. Т. Барданян [3], годовые поступления только гидрокарбонатов, сульфатов и хлора в различных районах Армянской ССР составляют 71—325, 27—351, 13—130 кг/га соответственно. По данным Масиюнас [8], в лесах осаждается от 351 до 517 кг/га химических веществ. Исследования, проведенные в США, показали, что величина пылевых отложений колеблется от 17 до 459 кг/га, при этом максимальные отложения пыли наблюдаются в весенне-летний сезон. Отмечены также корреляционные зависимости между величиной пылевых отложений и климатическими факторами [11].

Изучение примесей в осадках и пылевых отложениях имеет также важное значение при контроле и оценке загрязнения атмосферы. Распределение примесей в географическом аспекте позволит выявить области с загрязненной и чистой атмосферой, оценить степень антропогенного воздействия.

Исследования начаты с 1968 года в трех, а с 1976 года в 4-х пунктах, характеризующих биоклиматические зоны: полупустынную (пункт I—Ереван, IV—Октемберян), луго-степную (пункт II—Севан) и лесную (пункт III—Дилижан). Применен метод седиментации из неограниченного объема воздуха, при котором учитывается все, что осаждается, отлагается на 1 м² поверхности (мы будем называть их отложениями). Сюда входят примеси, поступающие с атмосферными осадками, и пылевые отложения. Считается [6], что седиментационный метод позволяет определять частицы размером от 1 до 30 мкм. Но при сильных ветрах переносятся и отлагаются частицы более крупных размеров. В выбранных пунктах на столбах высотой 1,5 м были установлены кюветы общей площадью 0,6 м². Дно кюветы застилалось фильтровальной бумагой. Образцы брались каждые 15—30 дней. После выпаривания и озоления при 450°C взвешивали количество отложений, показатели пересчитывали в г/м² и кг/га. Данные об атмосферных осадках взяты из бюллетеней гидрометслужбы Арм.ССР.

Приведенные в табл. 1 данные показывают, что в пунктах I, II и III крайние показатели годовых осадков за исследуемые годы различались соответственно в 2,0—1,3—1,5 раз, отложений—в 1,5—2,0—2,0 раза. Отмечена четкая закономерность уменьшения количества отложений от

полупустынной зоны к луго-степной и лесной (рис. 1). В лесной зоне количество отложений в 2,7—2,3 раза меньше, чем в полупустынной зоне, а осадков, наоборот, в 1,5 раза больше. Наблюдается зависимость между величиной атмосферных осадков и количеством отложений. Несмотря на разброс, зависящий от конкретных климатических условий года, коэффициент корреляции, по данным за 11 лет, показал тесную обратную зависимость, $r = -0,85 \pm 0,09$.

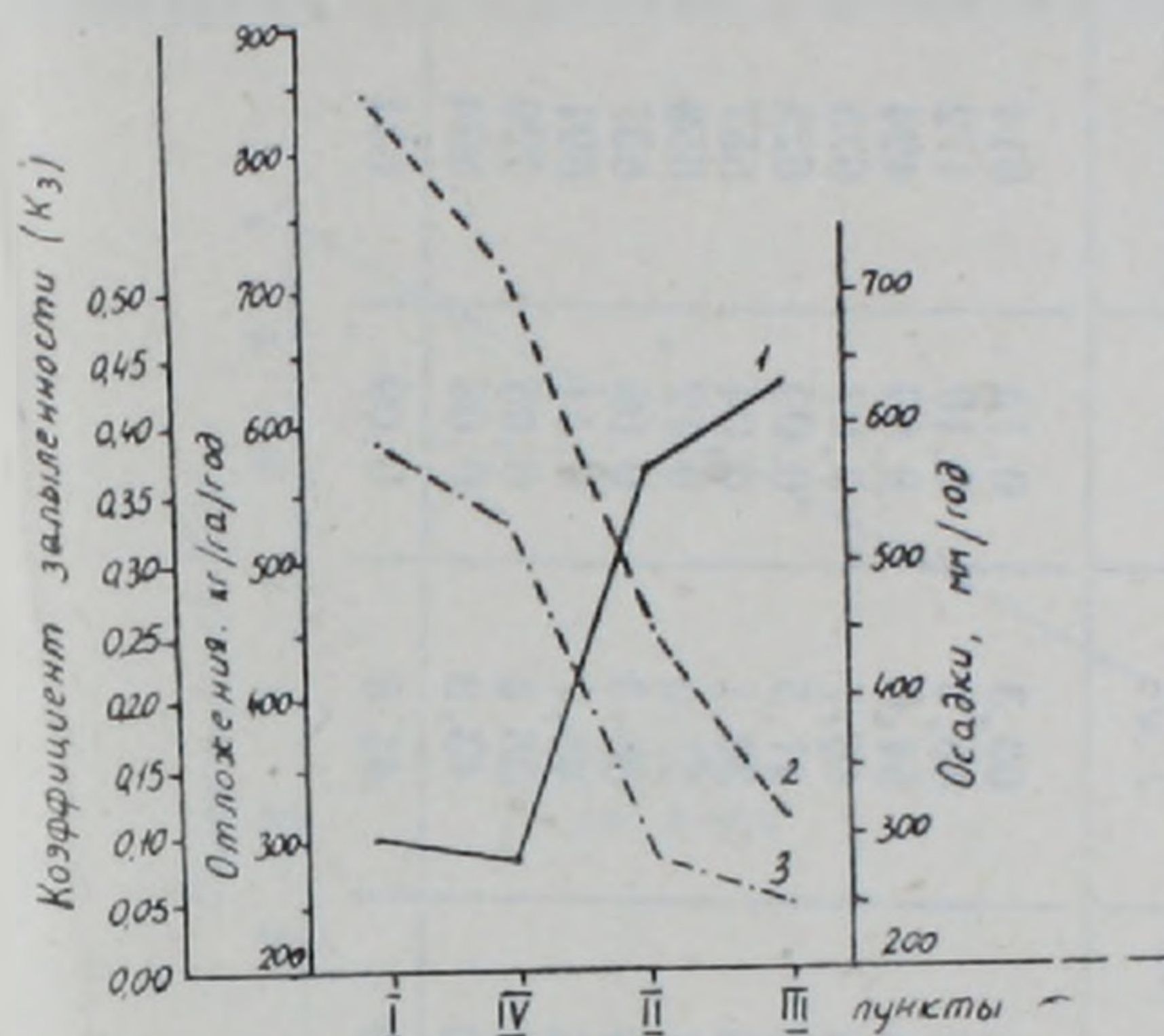


Рис. 1. Среднегодовые величины атмосферных осадков (1), отложений (2) и коэффициента запыленности КЗ (3).

Рассчитана теоретическая линия регрессии для прямолинейной корреляции между среднегодовыми осадками и количеством отложений (рис. 2). Точками показаны фактические данные. По теоретической линии регрессии можно с определенной приближенностью рассчитать по данным среднегодовых осадков количество отложений для любого пункта.

Величина отложений зависит не только от количества осадков и выпадающих с ними примесей. В период между осадками происходит осаж-

дение так называемых «сухих выпадений» — это аэрозоли, тонкие дисперсные частицы, пыль, а при ветрах и песчаные фракции. Прямых определений количества сухих выпадений не имеется. Ясно, что в условиях засушливого климата, в районах, подверженных частым ветрам, количество взвешенных частиц и пыли в атмосфере будет больше. Помимо природных факторов большое значение имеет антропогенное воздействие на среду. Чтобы полнее учесть все факторы, мы предлагаем использовать относительный показатель «коэффициент запыленности» (КЗ), представляющий собой частное от деления количества отложений на величину осадков за определенный промежуток времени (сезон, год):

$$КЗ = \frac{\text{отложения, г/м}^2}{\text{осадки, мм}},$$

Приведенные в табл. 1 и рис. 1 годовые и среднегодовые данные КЗ показывают, что различия между пунктами значительные. Наблюдается четкое снижение КЗ от полупустынной зоны к лесной. Если среднегодовой показатель КЗ в лесной зоне (пункт III) принять за единицу, то в пункте I он будет равен 7,2, в IV — 6,8, а в луго-степной зоне (пункт II) 1,5. Как указывалось выше, наибольшие различия по атмосферным осадкам и отложениям по пунктам не превышали 2,0—2,7 раз, тогда как по КЗ они доходят до 7,2, т. е. «коэффициент запыленности» лучше показывает состояние загрязненности и запыленности приземного слоя атмосферы. Наибольшей чистотой отличается пункт III, (КЗ—0,05),

Таблица 1

Влияние годовых атмосферных осадков, отложений и коэффициента запыленности
(КЗ*) за 1969—1979 годы

Годы	Полупустынная зона						Луго-степная зона			Лесная зона		
	пункт I			пункт IV			пункт II			пункт III		
	осадки, мм	отложения, г/м ²	КЗ	осадки, мм	отложения, г/м ²	КЗ	осадки, мм	отложения, г/м ²	КЗ	осадки, мм	отложения, г/м ²	КЗ
1969	393	86,7	0,27				525	60,3	0,13	614	27,6	0,05
1970	183	89,2	0,48				492	48,0	0,10	472	39,6	0,05
1971	237	100,1	0,42				535	54,6	0,09	494	43,9	0,09
1972	366	119,8	0,37				685	46,7	0,07	675	21,9	0,03
1973	282	95,2	0,37				528	41,5	0,03	625	33,1	0,04
1974	345	81,5	0,23				616	30,1	0,04	657	22,2	0,04
1975	294	85,6	0,38				521	57,0	0,12	658	34,4	0,06
1976	281	98,9	0,39				639	38,3	0,08	637	24,5	0,05
1977	312	87,8	0,40	271	66,0	0,31	522	48,1	0,11	691	33,3	0,04
1978	417	88,1	0,29	354	69,4	0,32	674	36,4	0,05	729	26,9	0,04
1979	259	86,2	0,35	233	79,2	0,37	529	43,8	0,08	694	40,6	0,06
Среднее	306	84,8	0,36	286	71,5	0,33	569	45,9	0,09	631	31,6	0,05

* Приведены усредненные по сезонам данные.

наименьшей—пункт I (КЗ—0,36). Таким образом, КЗ может служить показателем качества воздуха.

В системе глобального мониторинга загрязнения атмосферы в качестве одного из показателей введен «коэффициент мутности Шкшпа В», определяемый актинометрическим методом. На различных станциях мира среднее значение указанного коэффициента колеблется от 0,02 до 0,5 [1]. Как видим, полученные нами значения КЗ для разных климатических зон находятся в тех же пределах.

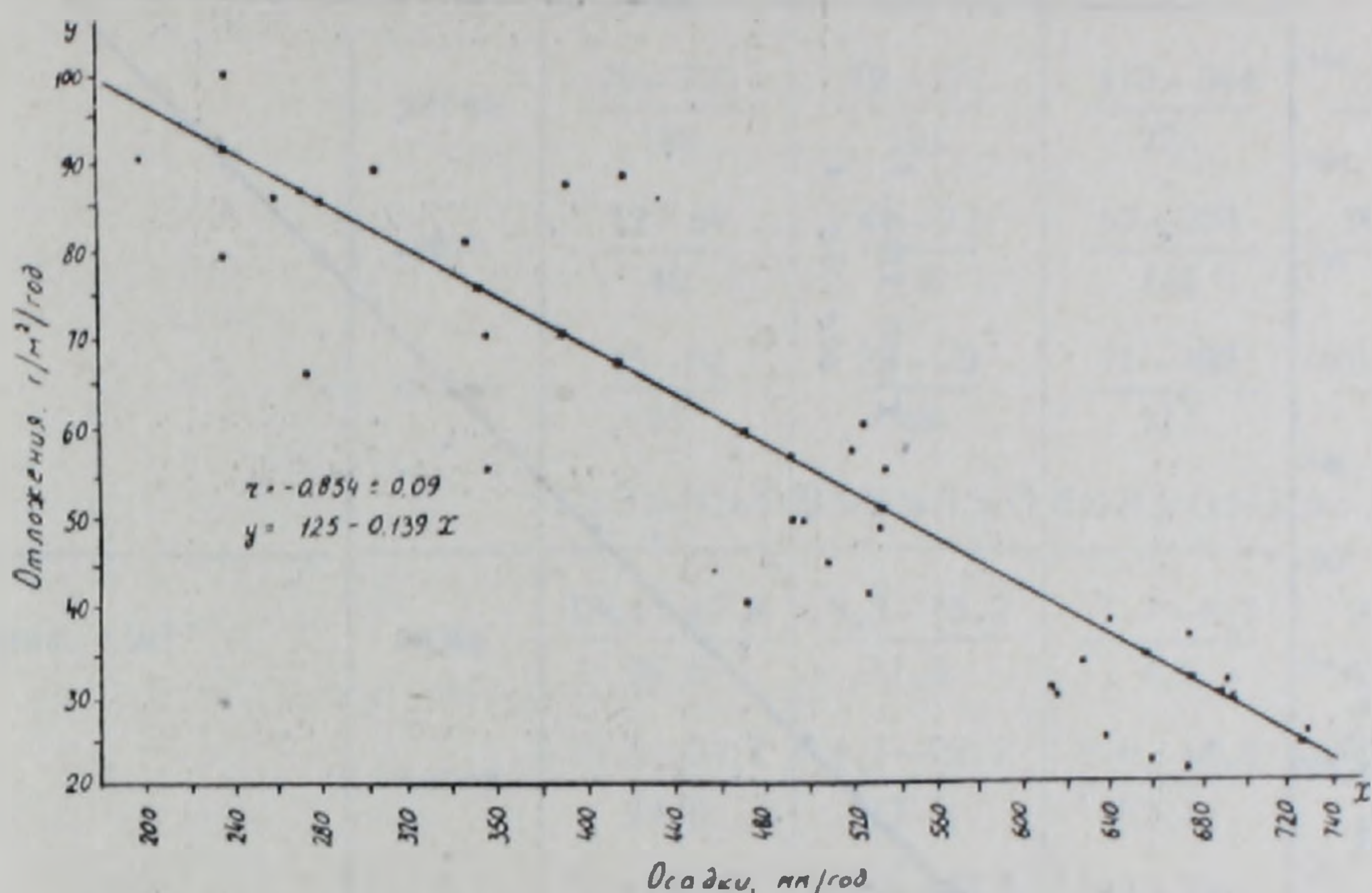


Рис. 2. Теоретическая линия регрессии при прямолинейной корреляции между осадками (X) и количеством суммарных отложений (Y). Точки—фактические показатели.

Между КЗ и количеством осадков имеется тесная обратная зависимость, $r = -0,82 \pm 0,09$. По рассчитанному уравнению регрессии составлена теоретическая прямая зависимости КЗ от величины осадков (рис. 3), по которой можно, с определенной приближенностью, определить величины КЗ.

В табл. 2 показано распределение осадков, отложений и КЗ по сезонам. Характер распределения по усредненным данным в полупустынной зоне (пункты I, IV) отличается от других зон—наибольшее количество осадков выпадает весной и зимой, в других—весной и летом. По количеству отложений в пункте I (Ереван) зима стоит на первом месте в ряду, в других—на последнем. О. В. Ломая [7], изучая закономерности изменения в годовом ходе термических и динамических факторов, пришел к заключению, что максимальные значения концентрации загрязнений в приземном слое атмосферы в городе Ереване должны быть зимой, а минимальные—летом. Наши данные полностью подтвердили эти выводы. Увеличение количества отложений зимой, помимо температурных и динамических факторов атмосферы, объясняется еще и тем, что снег, благодаря медленному падению по сравнению с дождевыми каплями, обладает большей вымывающей способностью [10, 11] и в условиях значительной запыленности воздуха увеличивает осаждение веществ из атмосферы. Такие же данные представлены и Юнге [9]. Во всех пунктах

коэффициент запыленности выше осенью, что связано, главным образом, с уменьшением осадков в это время года.

Выводы по распределению осадков, отложений и КЗ сделаны по усредненным за 11 лет данным, в отдельные годы распределение может изменяться. Коэффициенты корреляции (табл. 2), рассчитанные для отдельных пунктов, показывают, что в пределах одного пункта зависимость между величиной осадков и количеством отложений слабая.

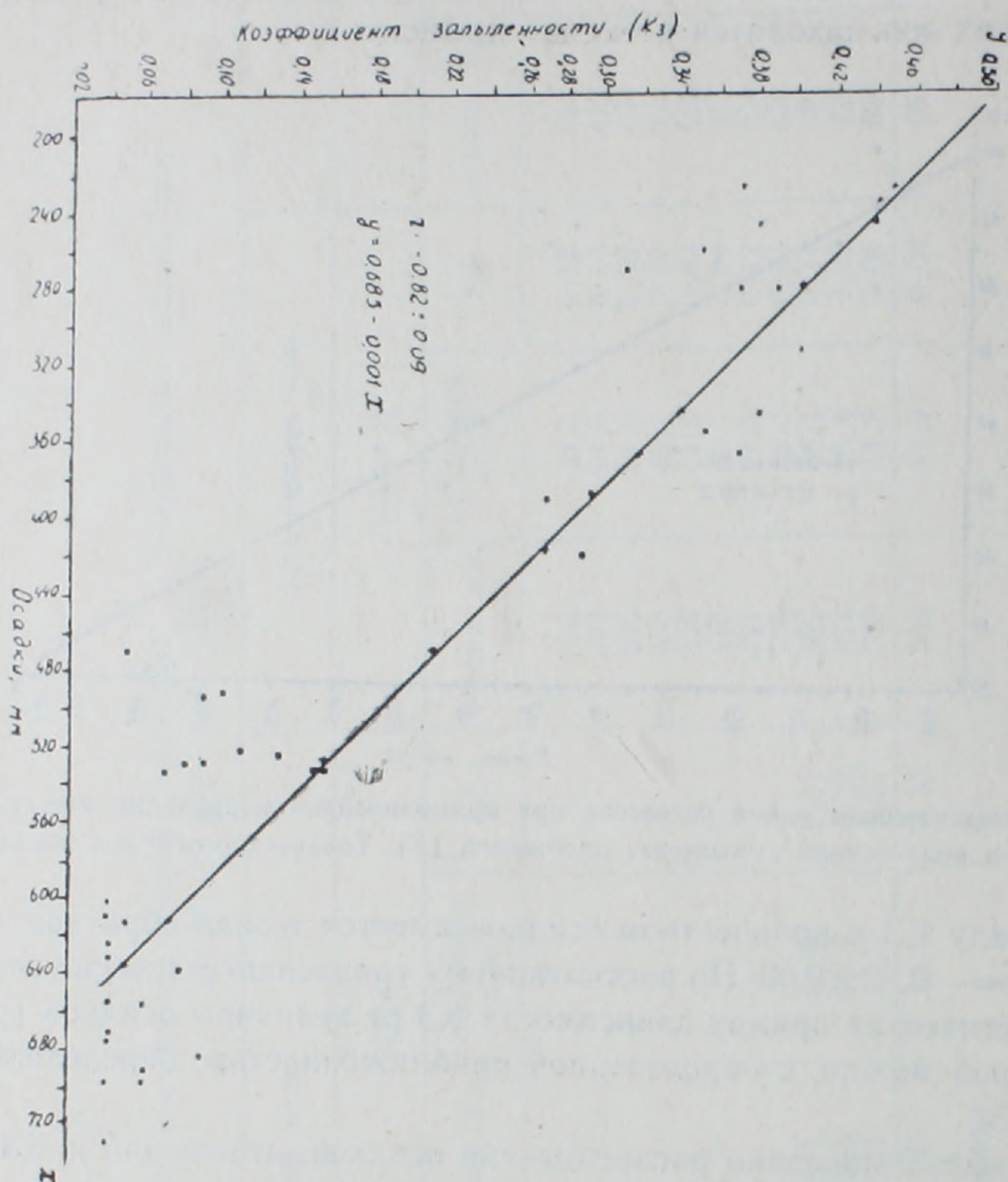


Рис. 3. Теоретическая линия регрессии при прямолинейной корреляции между атмосферными осадками (X) и коэффициентом запыленности (Y). Точки—фактические показатели.

Приведенные данные об отложениях и КЗ характеризуют, главным образом, климатические особенности исследуемых пунктов. Для того, чтобы оценить антропогенное воздействие, надо иметь показания фона, т. е. данные для таких участков в каждой климатической зоне, где влияние деятельности человека не проявлялось. В Арм.ССР, с ее небольшой территорией и высокой экологической нагрузкой на биосферу, чистых фоновых территорий фактически не имеется. Можно лишь сравнивать близкие по климатическим условиям территории, имеющие большую или меньшую экологическую нагрузку или же проводить долговременный мониторинг.

Пункты I (Ереван) и IV (Октемберян) относятся к одной климатической зоне; сравнивая их, можно с некоторой долей условности оценить

Таблица 2

Распределение по сезонам осадков, отложений и коэффициента запыленности (в числителе—крайние показатели, в знаменателе—средние)

Показатели	Сезон	П у н к т ы			
		I-Ереван	IV-Октем- берян	II-Севан	III-Дилижан
Осадки, мм	зима	<u>66 143</u> 93	<u>35—99</u> 71	<u>59—124</u> 88	<u>53—130</u> 86
		<u>79—176</u> 119	<u>72—177</u> 121	<u>173—344</u> 223	<u>136—359</u> 237
	весна	<u>12—64</u> 40	<u>41—72</u> 50	<u>67—206</u> 145	<u>98—270</u> 193
		<u>15—67</u> 52	<u>27—79</u> 48	<u>71—162</u> 117	<u>63—183</u> 121
	лето	<u>12—64</u> 40	<u>41—72</u> 50	<u>67—206</u> 145	<u>98—270</u> 193
Отложения, г/м²	зима	<u>18,4—42,8</u> 28,6	<u>8,8—15,2</u> 11,4	<u>1,7—8,7</u> 4,8	<u>2,1—7,8</u> 5,1
		<u>10,8—34,7</u> 24,6	<u>4,7—22,7</u> 17,1	<u>9,8—16,8</u> 12,1	<u>3,4—18,4</u> 10,4
	весна	<u>7,4—35,1</u> 17,9	<u>13,6—23,8</u> 17,3	<u>9,3—19,1</u> 12,2	<u>4,7—11,9</u> 8,8
		<u>13,4—34,2</u> 22,3	<u>17,3—25,1</u> 21,5	<u>6,4—37,5</u> 16,6	<u>2,6—11,4</u> 7,6
	лето	<u>7,4—35,1</u> 17,9	<u>13,6—23,8</u> 17,3	<u>9,3—19,1</u> 12,2	<u>4,7—11,9</u> 8,8
Коэффициент запыленности (КЗ)	зима	<u>0,17—0,38</u> 0,33	<u>0,10—0,44</u> 0,21	<u>0,12—0,11</u> 0,06	<u>0,12—0,11</u> 0,05
		<u>0,12—0,35</u> 0,23	<u>0,04—0,27</u> 0,16	<u>0,04—0,09</u> 0,06	<u>0,01—0,12</u> 0,05
	весна	<u>0,17—0,86</u> 0,44	<u>0,20—0,51</u> 0,36	<u>0,06—0,13</u> 0,09	<u>0,02—0,08</u> 0,05
		<u>0,19—0,79</u> 0,47	<u>0,25—0,87</u> 0,53	<u>0,04—0,22</u> 0,14	<u>0,02—0,13</u> 0,07
	лето	<u>0,17—0,86</u> 0,44	<u>0,20—0,51</u> 0,36	<u>0,06—0,13</u> 0,09	<u>0,02—0,08</u> 0,05
		О>З>Л>О	В>З>Л>О	В>Л>О>З	В>Л>О>З
		З>В>О>Л	О>В>Л>З	О>Л=В>З	В>Л>О>З
		О>Л>З>В	О>В>З>Л	О>Л>В=З	О>Л=В=З

Пункт I—г (осадки—отложения)=0,30±0,14; tφ_{0,5}>t теор.

Пункт III—г (осадки—отложения)=0,33±0,15; tφ_{0,5}>t теор.

антропогенное воздействие, которое особенно сильно проявляется в Ереване— городе с большой плотностью населения. Можно также сравнить пункты II и III, которые по количеству осадков отличаются в 1,1 раз, а

по количеству отложений и КЗ—1,5 и 1,8 раз, что указывает на положительное, оздоравливающее действие леса в очищении атмосферы. Полученные фактические данные представляют интерес и с точки зрения изучения роли эоловых факторов и ветровой денудации в миграции веществ на земной поверхности в различных почвенно-климатических условиях.

В ы в о д ы

1. Величины выпадений (отложений), определенных методом седиментации, в полупустынной, луго-степной и лесной зонах по усредненным за 1969—1979 гг. данным составляют соответственно 848, 459, 316 кг/га год.

2. Наблюдается тесная обратная корреляция между величиной атмосферных осадков и количеством отложений. По рассчитанной теоретической линии регрессии можно по величине осадков определить количество отложений.

3. Предложен «коэффициент запыленности» (КЗ), который может служить показателем качества воздуха—чем меньше КЗ, тем чище воздух. Приведен коэффициент корреляции и рассчитана теоретическая линия регрессии, по которой можно определить (КЗ) в зависимости от количества осадков.

4. Наибольшей чистотой воздуха отличается лесной пункт-III (КЗ—0,05), а наибольшей загрязненностью—пункт-1 (КЗ—0,36).

5. Седиментационный метод может быть использован при мониторинге за загрязнением приземного слоя атмосферы и изучении роли эоловых факторов в миграции веществ в биосфере.

Институт агрохимических
проблем и гидропонии
АН Армянской ССР

Поступила 12. VI. 1981.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Берлянд М. Е. Проблемы мониторинга загрязнения атмосферы. Комплексный глобальный мониторинг загрязнения окружающей природной среды. Тр. Международного симпозиума. Гидрометеиздат, Л., 1980.
2. Грабовский Р. И. Атомные ядра конденсации. Гидрометеиздат, Л., 1956.
3. Давтян Г. С., Варданян Т. Т. Поступление веществ с осадками на территории Армянской ССР. Агрохимическая характеристика атмосферных осадков и оросительных вод. Сообщения Института агрохимических проблем и гидропонии АН Арм. ССР, № 9, 1970.
4. Зимин А. Г. Вопросы ядерной метеорологии. Атомиздат, М., 1962.
5. Ковда В. А. Основы учения о почвах. Книга вторая. Изд. «Наука», М., 1973.
6. Коренков И. П., Кириллов В. Ф. Методы определения радиоактивных веществ в воздухе. Медицина, 1978.
7. Ломая О. В. Годовой и суточный ход потенциала загрязнения воздуха некоторых городов Закавказья. Радиационные исследования, 11, Мецниереба, Тбилиси, 1975.
8. Масиюнас Л. Н., Богдановичюте И. И. Сб. Геохимия ландшафта, вып. 5, М., 1970.
9. Юнге Х. Химический состав и радиоактивность атмосферы. Мир, М., 1965.
- ¹⁰ Marchand Denis E. Soil Contamination in the Mountains Eastern California Bull. Geol. Soc. Amer. 81, 8, 1970.
- ¹¹ Smith R. M., Twiss P. C. et al., Dust deposition in relation site, season and climatic variables. Soil Science Soc. Amer. proc. 34, 1, 1970.