

ISSN 2072-0297

МОЛОДОЙ УЧЁНЫЙ®

международный научный журнал



21
2016

16+

Молодой учёный

№ 21 (125)

2016

Загрязняющие вещества в осадках и их влияние на почвы Северного Казахстана

Жексенбаева Алия Кажибековна, старший преподаватель;

Чередниченко Алексей Владимирович, кандидат географических наук, доцент;

Чередниченко Александр Владимирович, доктор географических наук, и. о. профессора;

Чередниченко Владимир Сергеевич, доктор географических наук, профессор;

Нысанбаева Айман Сагынбаевна, кандидат географических наук, доцент

Казахский национальный университет имени аль-Фараби (г. Алматы)

Введение. Территория Северного Казахстана является основным земледельческим регионом Республики, обеспечивающим её продовольственную безопасность. Естественно поэтому, что такие проблемы как изменение климата, антропогенное загрязнение поверхностного стока и почв, их закисление, другие последствия, связанные с антропогенным загрязнением и трансграничным переносом загрязняющих веществ (ЗВ), представляют большой интерес, поскольку это может повлиять на условия сельскохозяйственного производства в регионе. Вопросу влияния химизма осадков на поверхностный сток и почвы, а также сухому выпадению ЗВ, и посвящено данное исследование.

Зоны рискованного земледелия, к которым относится и Казахстан, особенно чувствительны к антропогенным воздействиям и изменению климата, поскольку системы

окружающей среды находятся в неустойчивом равновесии и небольшие, но продолжительные воздействия могут привести к不可逆转ным последствиям. Понятно поэтому, что анализ возможных изменений климата, динамика ЗВ в осадках в регионе Северного Казахстана имеет не только научный, но и практический интерес.

Территория исследований. Территория Северного Казахстана простирается с юга на север от 51° до 55.5° с. ш. и с запада на восток от 61° до 78° в. д. [1]. Здесь расположены четыре области Республики: Северо-Казахстанская (Петропавловск), Костанайская (Костанай), Акмолинская (Астана) и Павлодарская (Павлодар). Южные районы Костанайской, Акмолинской и Павлодарской областей не являются земледельческими, ввиду заметного понижения количества осадков, и повышения температуры воздуха вегетационного периода (рис. 1).



Рис. 1. Территория исследований

Территория расположена в центре Евразии, и этим обуславливается большой годовой ход температуры и относительно малое количество осадков из-за большой удалённости от океанов, в первую очередь от Атлантического океана. Географическое положение способствует также тому, что при преобладающем западно-восточном переносе территории оказывается под воздействием выбросов загрязняющих веществ предприятиями Южного Урала (Россия), а при переносе с южной составляющей — под воздействием выбросов собственных предприятий про-

мышленного региона Центрального Казахстана, расположенных довольно близко. Возможны также и другие траектории выноса ЗВ на регион. Значимые собственные источники выбросов в Северном Казахстане имеются только в Павлодаре и Павлодарской области.

Материалы и методы. Данные. В исследуемой работе исходным материалом послужили данные отдела химико — аналитических исследований Национальной гидрометеорологической службы Республики Казахстан за пятилетний период 2005–2012 гг., по 48 метеостанциям

(МС), терри-
точно равном-
ными станци-
ями

Методы. Ис-
пользовалась
устройства и
ется общей в
ответствует к
ропы [4]. Та-
лько в пред-
ними на терр-
и

В зависи-
мости от
могут приме-
пользовалис-
се осадки, в
месяца.

Пробы ан-
териории
после поступ-
дующие мак-
тропроводно-
концентрации
трат-ионов,
аммония, на-
компонентов
марганца и и-
тяжелых ме-
кадмия, меди
делялся такж
использован
Основным к

$$|SO_4^{2-}|_{\text{из}}$$

где $|SO_4^{2-}|$

ных», т. е.
и общих суль

$$[Na^+]$$

Для ана-
отношения:

$$K = (Ca)$$

Та

С1
Костанай
Петропавловск
Боровое
Щучинск
Астана
Караганда
Ертис
Павлодар

(МС), территории Казахстана, расположенным достаточно равномерно. Затем, однако, мы ограничились данными станций только Северного Казахстана.

Методы. Отбор проб осадков на химический анализ проводился на станциях с использованием однотипных устройств и по единой методике [2–4], которая является общей не только для стран бывшего Союза, но соответствует критериям, принятым в странах Западной Европы [4]. Такой подход позволяет сравнивать данные не только в пределах территории республики, но также с данными на территории стран — соседей.

В зависимости от условий и длительности сбора осадков могут применяться разные методы отбора проб. Нами использовались суммарные месячные пробы, включающие все осадки, выпавшие в течение каждого календарного месяца.

Пробы анализируются не позднее, чем через 10 суток после поступления в лабораторию, где определяются следующие макрокомпоненты: значение pH , удельная электропроводность, активная и общая кислотность, массовые концентрации макрокомпонентов: сульфат-ионов, нитрат-ионов, хлорид-ионов, гидрокарбонат-ионов, ионов аммония, натрия, калия, кальция и магния — и микрокомпонентов: фосфат-ионов, ионов цинка, свинца, кадмия, марганца и никеля. Отдельно определялись концентрации тяжелых металлов (микроэлементов) в осадках: свинца, кадмия, меди и мышьяка. Кроме величин pH в осадках определялся также вклад сульфатов морского происхождения с использованием данных о содержании катионов натрия. Основным кислотообразующим анионом был взят: SO_4^{2-} .

$$\left| \text{SO}_4^{2-} \right|_{\text{изб}} = \left| \text{SO}_4^{2-} \right|_{\text{общ}} - 0,25 \left| \text{Na}^+ \right|,$$

где $\left| \text{SO}_4^{2-} \right|_{\text{изб}}$ и $\left| \text{SO}_4^{2-} \right|_{\text{общ}}$ — содержание «избыточных», т. е. не морского происхождения сульфатов и общих сульфатов соответственно.

$\left| \text{Na}^+ \right|$ — содержание натрия.

Для анализа условий закисления были рассчитаны отношения эквивалентных концентраций катионов:

$$K = \left(\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} + \text{NH}_4^+ + \text{Na}^+ \right)$$

и анионов:

$$A = \left(\text{SO}_4^{2-} + \text{NO}_3^- \right).$$

Затем было найдено отношение K/A . Если величина этого отношения равна или больше единицы, то происходит полная нейтрализация кислотности анионов сильных кислот и угрозы закисления поверхностных вод и почвы нет. В противном случае, чем меньше единицы величина отношения, тем больше вероятность закисления.

На Международной конференции по проблемам кислотности окружающей среды было рекомендовано считать, что закисление поверхностных вод возможно, если количество выпадающей серы с осадками превышает $0,5 \text{ г}/\text{м}^2$ год [5]. Эта величина соответствует среднему значению pH , равному 4,7. Соответственно, если содержание серы превышает $0,5 \text{ г}/\text{м}^2$ год, то условия для закисления имеют место, а если содержание ниже, то — нет. Поэтому в работе выполнены расчёты величины выпадающей серы, содержащейся в соединениях, на единицу площади по станциям региона как в целом за год, так и за вегетационный период с учетом данного критерия.

Результаты. Распределение основных веществ в осадках представлено в таблице 1.

Из анионов наибольшие средние концентрации имеет анион SO_4^{2-} . При этом максимум концентраций наблюдается в Костанае, $21,1 \text{ мг}/\text{л}$. В Павлодаре и Астане концентрации составляют $20,4$ и $19,39 \text{ мг}/\text{л}$ соответственно. В Караганде, наиболее промышленно-развитом центре, они составляют только $9,4 \text{ мг}/\text{л}$. Таким образом, пространственное распределение концентраций не вполне согласуется с объёмами выбросов этого вещества промышленными предприятиями в соответствующих пунктах. Очевидно метеоусловия, пространственный перенос играют заметную роль. В то же время минимум SO_4^{2-} , $3,67 \text{ мг}/\text{л}$, имеет место в курортной зоне региона, где промышленных предприятий нет.

Концентрации анионов HCO_3^- несколько ниже, чем SO_4^{2-} , но они тоже высокие. При этом они неплохо согласуются с пространственным распределением SO_4^{2-} , оставаясь на всей рассматриваемой территории несколько ниже, чем концентрации SO_4^{2-} . Только в пунктах Иртыш

Таблица 1. Содержание анионов и катионов в атмосферных осадках на исследуемой территории

Станции	Осадки, мм	SO_4^{2-}	Cl^{2-}	NO_3^-	HC_3^-	NH_4^+	Na^+	K^+	Mg^{2+}	Ca^{2+}
		анионы						катионы		
Костанай	308,9	21,10	9,62	1,76	15,93	1,93	4,91	2,73	4,25	5,96
Петропавловск	372,0	7,91	6,29	0,90	6,12	0,80	3,00	1,34	1,26	3,32
Боровое	359,4	3,67	1,97	1,55	3,15	0,50	1,34	0,69	0,55	1,34
Шучинск	375,5	10,77	3,43	1,24	11,43	1,09	2,62	1,61	2,08	3,48
Астана	328,7	19,39	11,62	1,78	15,63	0,99	4,37	4,35	3,33	6,96
Караганда	373,7	9,54	4,55	1,36	5,50	0,65	3,01	0,63	1,19	3,19
Ертис	281,4	5,37	2,15	1,25	7,59	0,31	1,30	0,98	1,14	2,70
Павлодар	293,8	20,04	8,86	2,06	9,95	0,86	6,91	1,90	2,64	5,84

и Щучинск концентрации HCO_3^- выше, чем концентрации SO_4^{2-} (табл. 1). Пространственное распределение анионов Cl^{2-} и NO_3^- следуют за распределением SO_4^{2-} и HCO_3^- . Из катионов самые высокие концентрации имеют Ca^{2+} и Na^+ , при этом различия в величинах концентраций не велики. Только в Павлодаре концентрации Na^+ превышают концентрации Ca^{2+} , а в Боровом они равны и минимальны в регионе, 1,34 мг/л. Концентрации Mg^{2+} и K^+ следуют за пространственным распределением Ca^{2+} и Na^+ , но их концентрации заметно ниже (табл. 1).

Общей для пространственного распределения анионов и катионов является достаточно выраженная закономерность, согласно которой уровню концентраций одного из веществ соответствуют такие же уровни концентраций всех других веществ. Это указывает на высокое сходство условий формирования всех веществ, наблюдающихся в конкретном пункте. Далее в таблице 2 представлены результаты анализа динамики pH .

Средняя величина pH в регионе в течение вегетационного периода составляет 6,11 при пространственной изменчивости в пределах от 0,04 до 0,57. При этом максимальная изменчивость наблюдается там, где величины pH наименьшие.

В [6, 7] и др. предложен метод по расчёту «избыточных», т. е. неморских сульфатов в осадках с использованием данных по натрию. Сам метод расчетов описан

выше. Известно, что антропогенное закисление осадков обусловлено растворением в каплях облаков и осадков «избыточных» сульфатов, т. е. сульфатов неморского происхождения. Если бы «избыточных» сульфатов не было, то не было бы и никакого закисления. Такие сульфаты могут иметь биогенное, терригенное или антропогенное происхождение. Однако в большинстве случаев в промышленных районах сульфаты имеют антропогенное происхождение. По этой причине они представляют особый интерес. Рассмотрим результаты расчётов (табл. 3).

Из таблицы 3 можно видеть, что среднее за вегетационный период содержание «избыточных» сульфатов существенно изменяется по территории. Экстремумы «избыточных» сульфатов, по сути, наблюдаются там же, где и экстремумы SO_4^{2-} : максимумы в районах Костаная и Астаны, более 15 мг/л, а минимум в районе Щучинск — Боровое, 2–7 мг/л.

Межгодовая изменчивость сульфатов велика. Наименьшие и наибольшие значения «избыточных» сульфатов, вычисленные за семилетний период для четырёх месяцев вегетационного периода, различаются от двух до десяти раз.

Были рассчитаны количество выпадающей серы в нескольких вариантах: в целом за год, за вегетационный период. В таблице 4 представлены результаты расчётов количества серы, выпадающей в течение года.

Таблица 2. Динамика pH в течение вегетационного периода

Станции	Месяцы				среднее	ΔpH
	май	июнь	июль	август		
Костанай	6.25	6.33	6.08	6.03	6.17	0.30
Петропавловск	6.21	6.15	5.96	5.94	6.06	0.27
Боровое	5.54	6.09	5.82	5.92	5.84	0.55
Щучинск	5.64	6.07	5.99	6.21	5.98	0.57
Астана	6.72	6.53	6.36	6.70	6.58	0.36
Караганда	6.11	5.89	5.89	5.79	5.92	0.32
Ертис	6.02	6.06	6.05	6.04	6.04	0.04
Павлодар	6.19	5.97	5.97	6.24	6.09	0.27
Сумма	48.68	49.09	48.12	48.87	48.68	2.68
Среднее	6.09	6.14	6.02	6.11	6.09	0.34

Таблица 3. Содержание «избыточных» сульфатов в осадках в вегетационный период (мг/л)

Месяцы	Aстана	Боровое	Щучинск	Караганда	Костанай	Павлодар	Петропавловск
	$\text{SO}_4^{2-} - 0.25\text{SO}_4^{2-} - 0.25\text{Na}^+\text{SO}_4^{2-} - 0.25\text{Na}^+\text{SO}_4^{2-} - 0.25\text{Na}^+\text{SO}_4^{2-} - 0.25\text{Na}^+\text{SO}_4^{2-} - 0.25\text{Na}^+\text{SO}_4^{2-}$	$\text{SO}_4^{2-} - 0.25\text{Na}^+$					
май	18.68	4.43	10.30	9.21	19.91	14.50	15.74
июнь	15.00	3.60	9.40	9.00	18.10	16.70	7.46
июль	9.69	1.74	7.50	6.64	8.86	8.41	6.82
август	18.02	1.91	7.97	15.11	13.33	15.09	4.89
Сумма	61.39	11.68	35.17	39.96	60.20	54.70	34.91
Среднее	15.35	2.92	8.79	9.99	15.05	13.68	8.73

величины наблюдались вблизи промышленных центров Ленинграда и Свердловска. Сходная ситуация имеет место и в нашем регионе, хотя наблюдающиеся у нас концентрации выше. Максимальные концентрации ионов имеют место вблизи промышленных центров Павлодара и Караганды, а также в Кустане, который крупным промышленным центром не является, но находится под влиянием выбросов предприятий, расположенных на Южном Урале в России.

Согласно [7, 9] средние годовые величины концентраций ионов в Иркутске за период с 2000 по 2010 г. повысились с 20 до 30 мг/л с минимумом в 2005 г. Эти величины близки к нашим средним по региону, но ниже максимальных средних. Энергетическая и металлургическая промышленность Казахстана и Южного Урала России характеризуются большими объёмами выбросов.

Значительное содержание ионов в осадках предполагает наличие и значительного количества сульфатов серы, поскольку сульфаты, согласно ряду работ [10–15] и нашим исследованиям, вносят основной вклад в суммарную минерализацию осадков, около 50%. Наибольшие средние концентрации сульфатов имеют место там же, где и максимальные концентрации ионов, т. е. в Кустане, Астане, Павлодаре (13–15 мг/л), а минимальные — в районе станции Боровое (2,85 мг/л), где практически нет промышленных предприятий.

Из анализа вычисленных нами величин «избыточных» сульфатов видно, что они, по сути, наблюдаются там же, где и экстремумы SO_4^{2-} : максимумы в районах Костаная и Астаны, более 15 мг/л, а минимум в районе Щучинск — Боровое, 2–7 мг/л. Учёт катионов натрия в формуле расчётов оказывает слабое влияние на оценку роли сульфатов в целом. Примерно такие же результаты получены в [6, 7].

На важную роль нейтрализующих катионов в процессе закисления отмечается в [8, 11–14] и других работах. Связь, однако, между сульфатом серы или серой в осадках и кислотностью осадков не очевидна. Автор [6] нашёл для шести станций ЕМЕР обратную линейную связь между концентрациями «избыточной» сульфатной серы и кислотностью осадков. Более того, в работе говорится, что «величина угла наклона проявляется тем отчётивее, чем ниже средневзвешенное значение pH осадков», т. е. чувствительность pH к изменению концентраций сульфатной серы велика. Однако, в [8] на основе анализа данных че-

тырёх станций, расположенных в разных регионах страны за двенадцатилетний период (1962–1974 гг.) такой связи не получено.

В [16] на новейшем материале аналогичные исследования выполнены для региона российской Арктики, и авторы получили следующее: «Статистический регрессионный анализ показал отсутствие корреляции между средними по региону потоками серы и показателем pH в снежном покрове...».

Из всего сказанного о связи содержания серы и величиной pH видно, что наши данные, изложенные выше, согласуются с рядом обстоятельных исследований проблемы. Однако механизм закисления пока не ясен.

Заключение

В результате выполненной оценки химизма осадков над Северным Казахстаном и их возможного кислотного воздействия на растительность и почвы получено следующее:

1. Анионы SO_4^{2-} составляют около 40% в общей сумме анионов. Вклад нитратного аниона NO_3^- составляет 10%. Суммарный вклад анионов, способствующих закислению, близок к 50%.

2. Из катионов, нейтрализующих влияние сульфатов и нитратов, преобладающими являются Ca^{2+} и Na^+ . В сумме они составляют до 60% всех катионов из катионов, нейтрализующих влияние сульфатов и нитратов, преобладающими являются Ca^{2+} и Na^+ . В сумме они составляют до 60% всех катионов.

3. Несмотря на превышение в среднем за год катионов над анионами в вегетационный период число месиц, когда кислотообразующие анионы преобладают над нейтральными анионами относится как два к одному. Условия для воздействия на растительность и постепенное закисление почвы имеются.

4. Корреляции между динамикой закисляющих анионов и величиной pH для данного региона не обнаружено, хотя такая связь, безусловно, существует. Её механизм более сложен.

5. В настоящее время признаков, способствующих, закислению почвы не обнаружено, хотя предрасположенность имеет место, особенно в вегетационный период. Пониженные средние месячные величины pH в вегетационный период указывают на возможность прямого отрицательного воздействия на растительность при отдельных дождях.

Литература:

1. Национальный атлас Республики Казахстан. Т. I, II, III. — Алматы: ТОО Институт географии АО «Национальный научно-технологический холдинг «Парасат» МОН РК, 2010. — с. 149.
2. РД 52.04.186–89 // Методические указания по определению химического состава осадков. — М.: 1991. — 90 с.
3. Руководство по химическому анализу поверхностных вод суши./ Под редакцией А.Д. Семёнова. — Л.: Гидрометеоиздат, 1977. — 471 с.
4. WMO operations manual for chemical constituents in air and precipitation. WMO № 299, World Meteorological Organization. Geneva, 1974.
5. The Stockholm conference on acidification of the environment. — Report from the expert meetings. 21–24 June 1982. SCA/MC/3. Stockholm, Sweden, 1982.

страны
и связи

иссле-
ники, и
врегист-
межу-
и pH в

и вели-
че, со-
блемы.

ов над
о воз-
оцнее:
бщей
остав-
ющих

ратов
и+. В
нов,
реоб-
став-

кати-
о ме-
дают
ному.
нное

ани-
ено,
низм

щих,
оло-
пен-
в ве-
ного
от-

дио-
0 с.
тро-
ical
апе

6. Рябошапко, А. Г. Закисление атмосферных осадков западных районов СССР// Метеорология и гидрология. — № 2. — 1984. — с. 39–45.
7. Сороковикова, Л. М., Нецветаева О. Г., Томберг И. В., Ходжер Т. В., Погодаева Т. В. Влияние атмосферных осадков на химический состав речных вод Южного Байкала //Оптика атмосферы и океана — Т. 17. — № 5–6–2004. — с. 423–427.
8. Петренчук, О. П. Экспериментальные исследования атмосферного аэрозоля. — Л.: Гидрометеоиздат, 1979. — 264 с.
9. Маринайт, И. И., Голубокова Л. П., Нецветаева О. Г., Филиппова У. Г., Агупова Т. М. многолетние исследования атмосферных выпадений в Иркутске / Известия Иркутского госуд. Унив. Серия «Науки о Земле». — Т. 6. — № 2. — 2013. — с. 138–147.
10. Galloway, J. N. Acidification of the world: natural and anthropogenic//Water, Air and Soil Pollut. 2001. V. 130. № 1/4. — P. 17–24.
11. Lavrinenko, R. Seasonal trends of N compound concentrations and wet deposition: Abstract//Acid rain 2000. 6-th Int. Conf. on acidic Deposition. Sukuba, Dec. 2000. Kluver academic Publishers, 2000. — P. 79.
12. Acidic deposition and aquatic ecosystems. Regional case studies/Ed. D. F. Charls, Springer-verlag, 1991. — 774 p.
13. Takahashi, A., Fujita S. Long-term in nitrate to non seasolt sulfate ratio in precipitation collected in western Japan// Atmos. Environ. 2000. V. 34. — P. 4551–4555.
14. Likens, G. S. Acid precipitation.-Chem. Eng. News, 1976. Nov. 22.
15. Чередниченко, В. С. Сравнительный анализ концентраций загрязняющих веществ в атмосферных осадках и в снежном покрове /Научный журнал Вестник КРСУ. Серия географическая. — Бишкек, 2011 — с. 6–27.
16. Ветров, В. А., Кузовкин В. В., Манzon Д. А. Кислотность атмосферных осадков и атмосферные выпадения серы и азота в Арктической зоне Российской Федерации по данным мониторинга химического состава снежного покрова. Арктика: экология и экономика № 3 (15), 2014. — с. 46–51.

Влияние концентраций приземного озона на здоровье населения города Алматы

Мунайтпасова Аида Нургалиевна, старший преподаватель
Казахский национальный университет имени аль-Фараби (г. Алматы)

В статье рассматривается связь концентрации приземного озона с заболеваниями кровообращения, дыхательных путей и кожи. Рассчитаны коэффициенты корреляции между этими величинами.

Ключевые слова: приземный озон, заболевания систем кровообращения, болезни дыхательных путей, заболевания кожи и подкожной клетчатки.

Проблема приземного озона является одной из важнейших проблем современности. Вред приносимый приземным озоном начали исследовать сравнительно недавно. В последние годы возросло количество исследований, связанных с воздействием приземного озона на природную среду, имеющий как глобальный, так и региональный масштаб. Актуальность таких исследований обусловлена существованием экспериментальных данных, свидетельствующих об отрицательном влиянии озона на здоровье человека, на растительный и животный мир [1].

Индустриально развитые страны столкнулись с проблемой приземного озона несколько десятилетий назад. Вначале считалось, что это проблема только больших городов [2]. Но дальнейшие исследования показали, что опасно высокие концентрации приземного озона наблюдаются и в малоурбанизированных районах, охватывая большие территории и нанося значительный ущерб растительности и здоровью населения. В США интенсивные исследования по оценке влияния приземного озона на здо-

ровье человека начались в 1952 году. В развитых странах Европы также были активизированы работы в этом направлении. Были проведены многочисленные исследования в этой области и получены исчерпывающие результаты. В работе Д. В. Бейтс [3] отмечается, что влияние приземного озона на здоровье населения настолько хорошо изучено за рубежом, что по количеству вызовов скорой медицинской помощи можно косвенно определять концентрации озона в воздухе. Этот же автор на основании многочисленных исследований показал, что увеличение концентрации озона на 20 мкг/м³ приводит к увеличению смертности на 0,64 % от сердечно-сосудистых заболеваний и заболеваний органов дыхания, а в исследованиях [4] авторы получили увеличение смертности в результате сердечно-сосудистых заболеваний от озона на 0,45 % при увеличении его часовых концентраций на 10 мкг/м³. В обширном исследовании [5] отмечается, что озон оказывает негативное воздействие на здоровье человека независимо от других загрязнителей воздуха. В этой

