

## ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ И ХИМИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ АТМОСФЕРНЫХ ОСАДКОВ В ОСЕННЕ-ЗИМНИЙ ПЕРИОД КАК ИНДИКАТОРА ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОЗДУХА Г. ВОРОНЕЖА

Т. И. Прожорина, Е. Г. Нефедова

Воронежский государственный университет, Россия

Поступила в редакцию 23 марта 2013 г.

**Аннотация:** Атмосфера городов в значительной степени подвержена негативным антропогенным воздействиям. Химический состав атмосферных осадков зависит от характера загрязнения атмосферы и, поэтому может отражать степень этого воздействия. В статье приведены результаты исследований химического состава дождевых осадков и описаны зависимости между их химическими и метеорологическими параметрами.

**Ключевые слова:** атмосферные осадки, химический состав, метеорологические параметры

**Abstract:** The atmosphere of cities is largely subject to negative anthropogenic impacts. The chemical structure of atmospheric precipitation depends on the nature of the contamination of the atmosphere and, therefore, may reflect the extent of this impact. The article shows the results of researches of chemical structure of rainfall and describes the dependence between their chemical and meteorological parameters.

**Key words:** atmospheric precipitation, chemical composition, meteorological parameters.

Атмосферные осадки в значительной мере могут служить ценным источником информации о поступлении загрязняющих веществ в городские экосистемы [1, 2].

С сентября 2012 года на гидрометеорологической обсерватории и эколого-аналитической лаборатории факультета географии, геоэкологии и туризма Воронежского государственного университета организован мониторинг метеорологических и химических параметров атмосферных осадков (дождя и снега).

В данной статье мы попытались установить зависимости между химическими (4 показателя) и метеорологическими (7 показателей) параметрами дождевых осадков. По результатам оценки степени загрязнения дождя можно сделать выводы о загрязненности атмосферы изучаемой территории. Одновременно проводится установление соответствия выявленных зависимостей с данными о загрязнении атмосферы, полученными с близлежащего стационарного поста наблюдений за загрязнением атмосферного воздуха (г. Воронеж, ПНЗ № 9, ул. Л. Рябцевой), предоставленными службой Росгидромета за 2012 г.

За период наблюдений (сентябрь-декабрь 2012 г.) были отобраны все выпавшие пробы дождя (17 проб), которые анализировались на следующий день после выпадения осадков, что позволяет считать их репрезентативными.

В ходе наблюдений фиксировалась интенсивность осадков (мл), от которой зависят многие химические параметры (рис. 1). При малом количестве осадков важную роль играет подоблачное вымывание и испарение капель дождя, из-за чего концентрация веществ возрастает. С увеличением количества осадков средние концентрации веществ уменьшаются [4].

Анализ зависимости минерализации, pH и общей жесткости от интенсивности осадков проводился при помощи линейного коэффициента корреляции. В большинстве случаев он довольно низок и не позволяет говорить о сильной зависимости (только коэффициент корреляции между pH осадков и их интенсивностью составил -0,76).

Анализ графиков позволил выявить довольно четкую обратную зависимость химических показателей от интенсивности осадков (для анализа использовался полиномиальный тип линии тренда 5-й степени, как наиболее явно отражающий особенности колебаний исследуемых параметров).

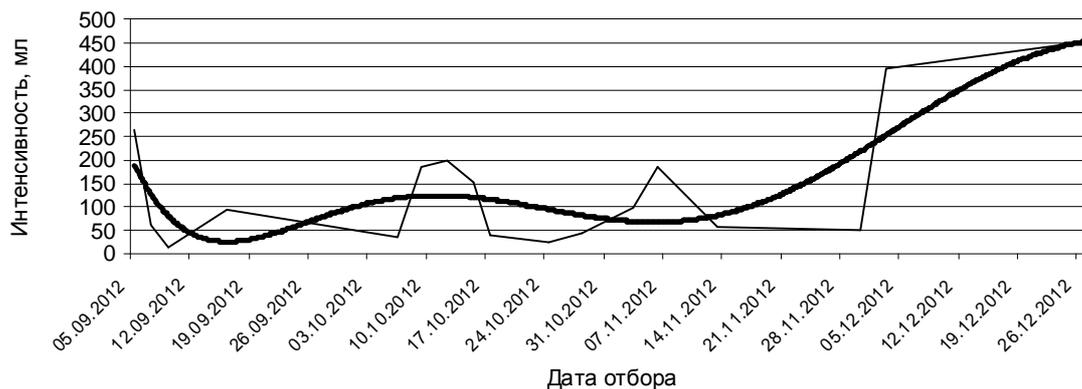


Рис. 1. График хода интенсивности осадков (сентябрь - декабрь 2012 г.)

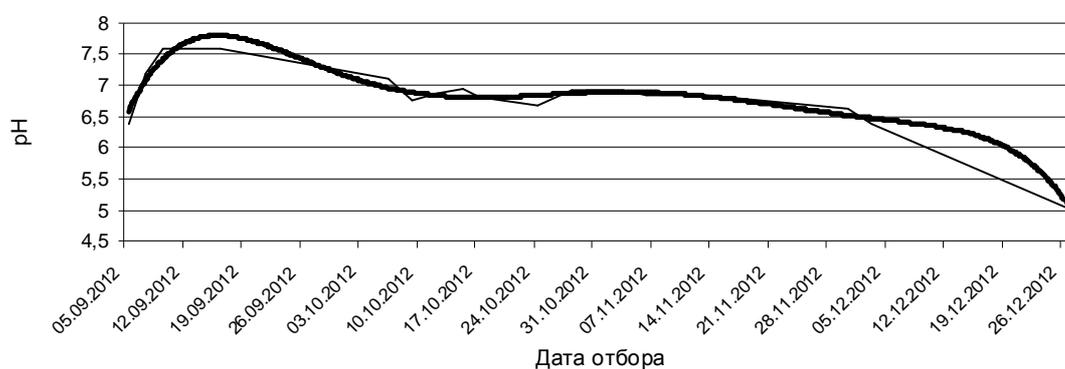


Рис. 2. График хода рН осадков (сентябрь - декабрь 2012 г.)

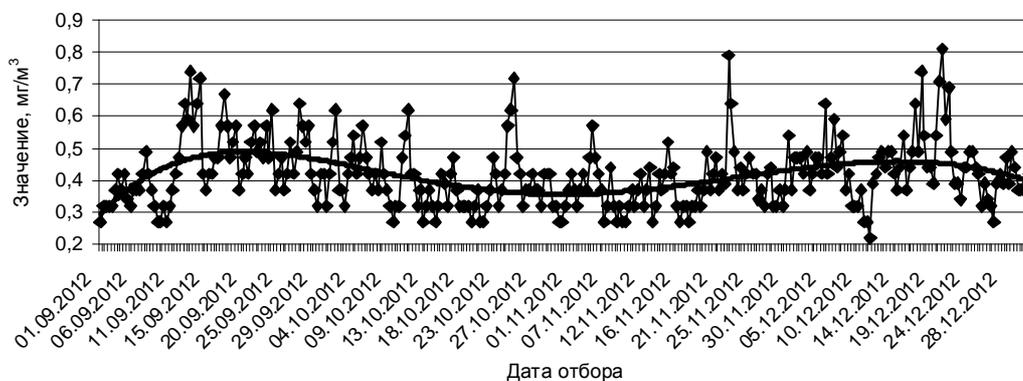


Рис. 3. Суммарное содержание в атмосфере диоксидов серы и азота (по данным ПНЗ №9, 2012 г.)

В точке наблюдений значения рН колеблются от 4,98 до 7,6. Причем в большинстве случаев отмечаются значения, превышающие 6,5 единиц или находящиеся вблизи этого значения (рис. 2). То есть осадки обладают более щелочной реакцией, чем осадки незагрязненных местностей (около 5,6-5,7). При этом за время сезона наблюдений значения рН постепенно понижаются, что связано, возможно, с подкислением атмосферы оксидами серы

и азота, поступающими в результате сжигания топлива после начала отопительного сезона (рис. 3).

Другой причиной может выступать постепенное промывание атмосферы осадками. Как уже было отмечено ранее, между рН осадков и их интенсивностью наблюдается довольно сильная отрицательная корреляционная зависимость (коэффициент равняется -0,76). То есть с повышением интенсивности осадков, повышается также и их кислотность.

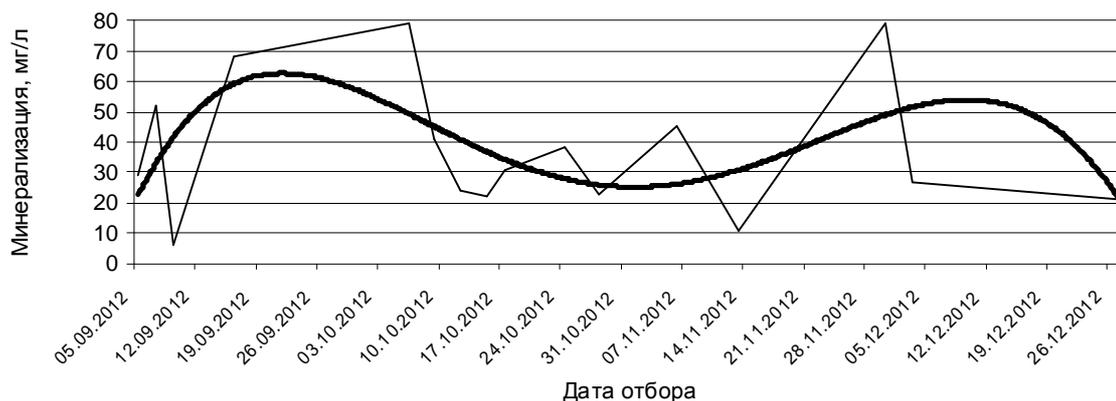


Рис. 4. График хода минерализации осадков (сентябрь - декабрь 2012 г.)

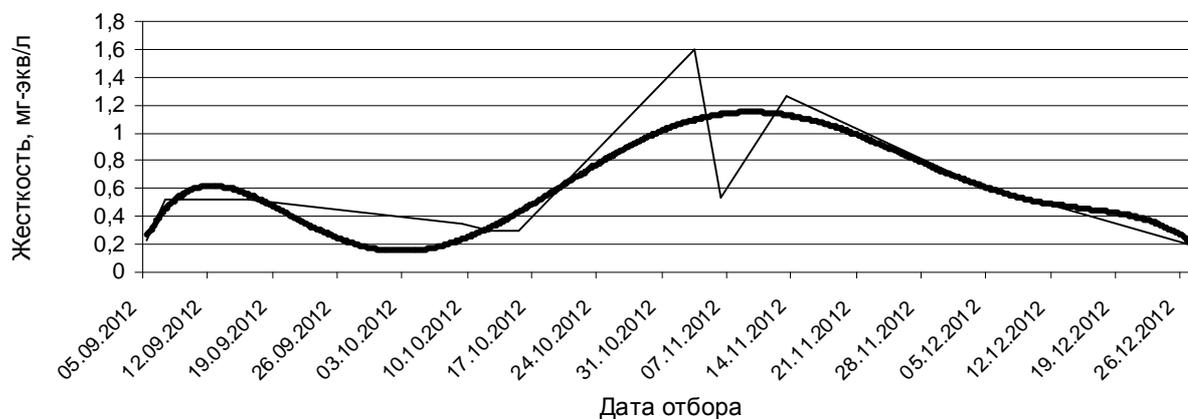


Рис. 5. График хода жесткости осадков (сентябрь - декабрь 2012 г.)

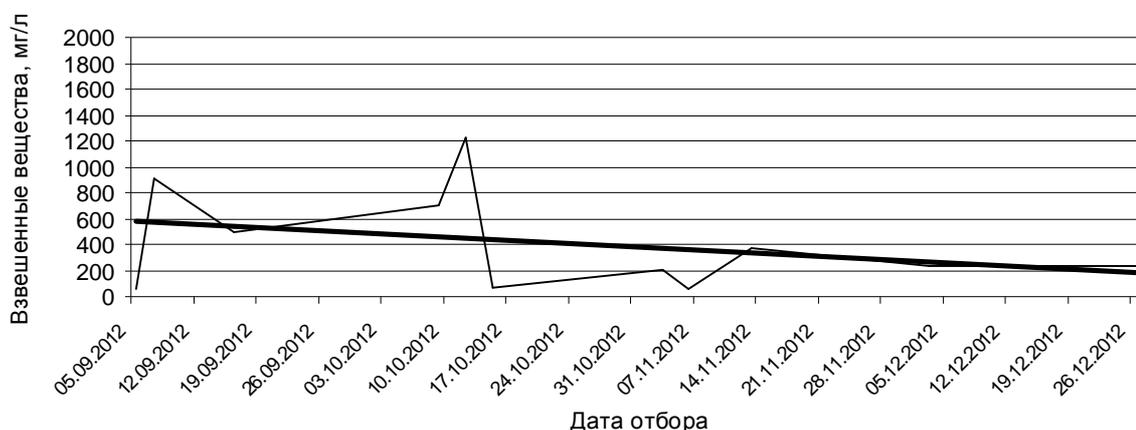


Рис. 6. График хода взвешенных веществ (сентябрь - декабрь 2012 г.)

Значения минерализации в точке наблюдения изменяются в широком диапазоне: от 6 до 79 мг/л. Среднее значение минерализации равняется 38 мг/л, что соответствует зональным характеристикам [3]. Визуально прослеживается обратная зависимость между минерализацией осадков и их интенсивностью, а также прямая зависимость между минерализацией и суммарным содержанием ди-

оксидов серы и азота (рис. 1, 3, 4), а именно при выпадении большего количества осадков их минерализация уменьшается.

Значение жесткости в конце сезона наблюдений сопоставимо со значениями жесткости в начале сезона, но несколько ниже (0,22 и 0,19 ммоль/л соответственно) (рис. 5). Визуально наблюдается обратная зависимость между значе-

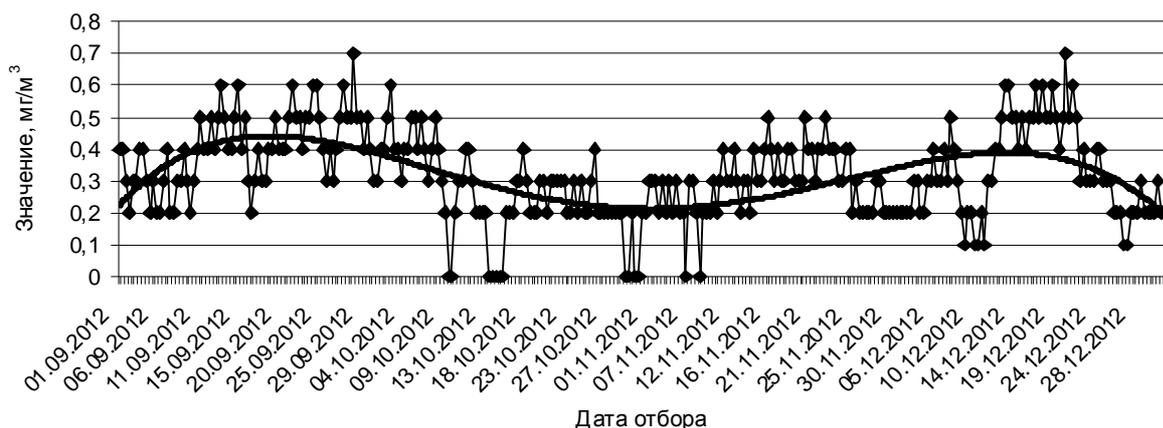


Рис. 7. Содержание пыли в атмосферном воздухе (по данным ПНЗ №9, 2012 г.)

ниями жесткости и интенсивностью осадков. Величина линейного коэффициента корреляции равняется  $-0,4$  (средняя обратная зависимость).

Содержание взвешенных веществ колеблется от  $5,8$  мг/л до  $123,4$  мг/л (рис. 6). На протяжении периода исследований наблюдается общая тенденция снижения содержания взвешенных веществ, что, вероятнее всего, связано с промыванием атмосферы осадками и ее очищением: наименьшее содержание взвешенных веществ соответствует периодам выпадения наибольшего количества осадков. В том числе визуально прослеживается прямая зависимость количества взвешенных веществ в атмосферных осадках с содержанием пыли в атмосферном воздухе (рис. 7). Корреляция между интенсивностью осадков и содержанием взвешенных веществ отрицательная слабая ( $-0,27$ ).

Выпадение более кислых осадков при повышенном влагосодержании воздуха отмечено еще в работе [2]. В исследуемой точке она также прослеживается. Коэффициент корреляции между влажностью воздуха и величиной pH составляет  $-0,47$ , то есть связь отрицательная средней силы.

Таким образом, результаты анализа показали, что исследуемые химические параметры осадков находятся в пределах зональных характеристик. Однако следует отметить, что значительная часть проб имеет реакцию среды более щелочную, чем осадки незагрязненных местностей. Существенное повышение кислотности осадков почти совпадает по времени с началом отопительного сезона. При этом наблюдается прямая зависимость между pH осадков и содержанием оксидов серы и азота в атмосферном воздухе.

Также прослеживается зависимость содержания взвешенных веществ в атмосферных осадках

от содержания пыли в атмосфере. Можно отметить, что в целом за период наблюдений содержание взвешенных веществ в осадках уменьшается.

Выявленные зависимости между химическим составом осадков и некоторыми метеорологическими параметрами соответствуют описанным в литературе особенностям формирования химического состава осадков. В частности, можно отметить наличие обратной зависимости кислотности, минерализации и жесткости осадков от их интенсивности. Также прослеживается отрицательная связь между влажностью воздуха и показателем pH осадков.

В результате исследования получены данные о химическом составе атмосферных осадков, выявлены зависимости их химического состава от метеорологических параметров, а также от содержания некоторых иных компонентов в составе атмосферы. Полученные зависимости позволяют сделать предварительные выводы о загрязненности атмосферного воздуха г. Воронежа по химическому составу осадков.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Василенко В. Н. Мониторинг загрязнения снежного покрова / В. Н. Василенко [и др.]. – Л. : Гидрометеоздат, 1985. – 182 с.
2. Качественная оценка загрязнения окружающей среды (по данным о химическом составе атмосферных осадков) / П. Ф. Свистов, А. И. Полищук, Н. А. Першина // Труды главной геофизической обсерватории им. А. И. Воейкова. – СПб., 2010. – № 2 (Спец. вып.). – С. 4-17.
3. Никаноров А. М. Гидрохимия / А. М. Никаноров. – СПб. : Гидрометеоздат, 2001. – 449 с.
4. Суркова Г. В. Химия атмосферы / Г. В. Суркова. – М. : Изд-во МГУ, 2002. – 210 с.

*Исследование метеорологических и химических параметров атмосферных осадков в осенне-зимний период как индикатора загрязнения воздуха г. Воронежа*

Прожорина Татьяна Ивановна

кандидат химических наук, доцент кафедры геоэкологии и мониторинга окружающей среды факультета географии, геоэкологии и туризма Воронежского государственного университета, г. Воронеж, т. (4732) 66-56-54, E-mail: [coriandre@rambler.ru](mailto:coriandre@rambler.ru)

Нефедова Евгения Геннадьевна

магистрант, специальность экология и природопользование факультета географии, геоэкологии и туризма, г. Воронеж, т. 8-951-564-05-51, E-mail: [nefedovaeugenia@rambler.ru](mailto:nefedovaeugenia@rambler.ru)

Prozhorina Tat'yana Ivanovna

Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor of the chair of geoecology and environmental monitoring, department of geography, geoecology and tourism, Voronezh State University, Voronezh, tel. (4732) 66-56-54, E-mail: [coriandre@rambler.ru](mailto:coriandre@rambler.ru)

Nefedova Yevgenia Gennad'yevna

Master of the chair of management of nature, department of geography, geoecology and tourism, Voronezh State University, Voronezh, tel. 8-951-564-05-51, E-mail: [nefedovaeugenia@rambler.ru](mailto:nefedovaeugenia@rambler.ru)