

*Долгасова О.В., Баранова Е.М., Некрасова Е.Г.*

## **РН КАК ИНТЕГРАЛЬНЫЙ ПОКАЗАТЕЛЬ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ СИТУАЦИИ ГОРОДА ТВЕРИ И ТВЕРСКОЙ ОБЛАСТИ**

*Тверской государственный медицинский университет  
Кафедра химии  
Тверь*

**Ключевые слова:** водородный показатель, экологическая обстановка, атмосферные осадки.

**Резюме:** Проведен анализ водородного показателя атмосферных осадков (дождевой и талой воды) в различных районах города Твери и Тверской области. Показано незначительное превышение рН в промышленных районах города Твери и вблизи автомагистралей.

**Resume:** The analysis of pH of atmospheric precipitation (rain and melted water) in various parts of the city of Tver and Tver region. Shows a slight excess pH in industrial areas of the city of Tver and areas close to highways.

**Актуальность.** Невозможно отрицать, что экологическая обстановка влияет на здоровье человека. Загрязненный воздух приводит к ряду заболеваний, прежде всего, дыхательной системы. У людей, проживающих в промышленных районах, часто бывают проявления аллергии, хронические бронхиты, пневмонии, бронхиальная астма. В наиболее тяжелых случаях дело доходит до рака легких.

Известно, что ежедневно в атмосферу выбрасывается огромное количество вредных веществ, наибольшее значение из которых имеют кислотные оксиды. Мы решили измерить простой, на первый взгляд, водородный показатель (рН) атмосферных осадков, который на самом деле является интегральным (зависит от соотношения концентраций свободного диоксида углерода, серы и оксидов азота).

**Цель:** измерить водородный показатель атмосферных осадков в черте города Твери и за его пределами, изучить влияние выбросов промышленных предприятий на значение рН.

**Задачи:** измерить рН атмосферных осадков; изучить влияние выбросов промышленных предприятий на значение рН;

**Материал и методы.** Иономер лабораторный И-160МИ, колбы с притертыми крышками, мерный цилиндр.

**Результаты и их обсуждение.** Мониторинг загрязнения атмосферного воздуха на всей территории Тверской области проводятся 3 раза в сутки: в 7, 13 и 19 часов. Характеристика загрязнения атмосферного воздуха в городе Твери по данным наблюдений на стационарном посту в октябре 2016 г представлена в таблице 1 (сайт Тверского центра по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды [1]).

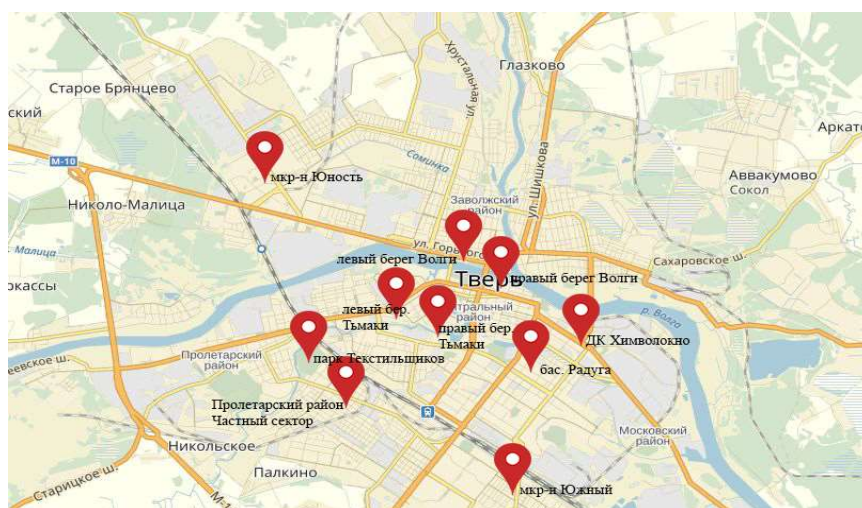
**Таблица 1.** Характеристика загрязнения атмосферного воздуха в городе Твери. Октябрь 2016

Примеси	Количество дней с превышением ПДК	Максимальная концентрация		
		мг/м <sup>3</sup>	доли ПДК <sub>м.р.</sub>	дата
Взвешенные вещества	1	0,700	1,4	10.10.16
Диоксид серы	0	0,008	0,02	08.10.16
Оксид углерода	0	2,0	0,4	18.10.16
Диоксид азота	0	0,060	0,3	22.10.16
Оксид азота	0	0,091	0,2	20.10.16
Сероводород	0	0,003	0,4	01.10.16
Формальдегид	0	0,026	0,5	03.10.16

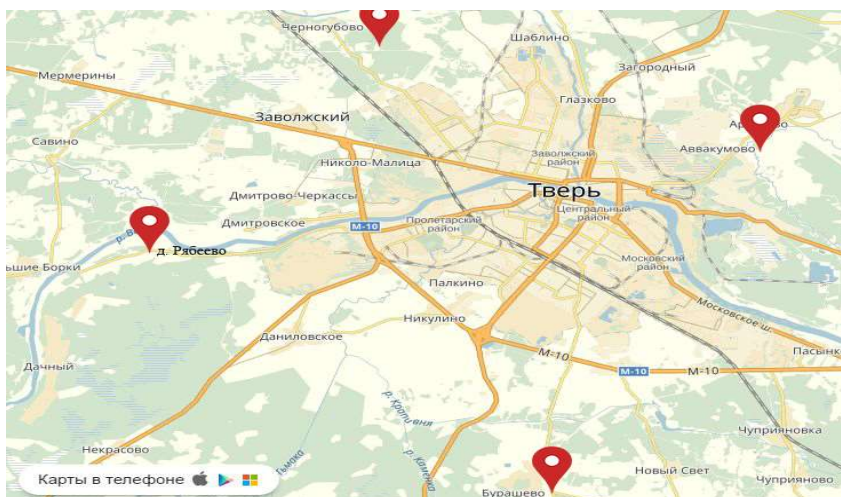
Основными источниками загрязнения воздушного бассейна являются промышленные предприятия и автотранспорт, который хорошо развит в Тверском регионе, что так же было подтверждено нашими исследованиями.

Мониторинг загрязнения дождевой воды в Тверской области проводится с 1993 г. в одном пункте наблюдений, расположенном на метеорологической станции, на территории аэропорта Змеёво. В пробах атмосферных осадков при каждом их выпадении определяются показатели рН и удельная электропроводность. Наблюдения за загрязнением снежного покрова проводятся на четырех метеостанциях (Тверь, Кашин, Красный Холм и Белый). Отбор проб производится один раз в год в период максимального накопления снега. В пробах снежного покрова определяются водородный показатель рН.

Для нашего исследования были взяты точечные пробы атмосферных осадков, которые отбирают при отдельном дожде или снегопаде в различных районах города и за его пределами (рис. 1,2).



**Рис. 1** Отборы осадков в городе Твери



**Рис. 2** Отборы осадков за чертой города Твери

Для сборных емкостей и сосудов для хранения проб используют посуду из химически стойкого материала, например, полиэтиленовую. Пробы твердых осадков (снег, град) переводят в талую воду при комнатной температуре в сборных емкостях. Для обеспечения точного учета отбираемых проб была произведена их регистрация, согласно ГОСТ (17.1.5.05-85).

В полученном материале было измерено рН с помощью иономера лабораторного И-160МИ.

**Таблица 2.** Результаты проведенных исследований дождевой воды

Вода	Источник	Дата	рН
дождевая	Правый б Тьмаки	27.07.16	5,85
дождевая	пос. Аввакумово	27.07.16	6,29
дождевая	ДК Химволокно	20.07.16	5,54
дождевая	с. Лесное	11.07.16	6,08
дождевая	с. Бурашево	19.07.16	5,27
дождевая	с. Бурашево	20.08.16	4,86
дождевая	бас. Радуга	20.07.16	4,96
дождевая	бас. Радуга	24.08.16	6,03

**Таблица 3.** Результаты проведенных исследований снежной воды

Вода	Источник	Дата	рН
снежная	Пролетарский р-н Частный сектор	15.03.16	6,18
снежная	Пролетарский р-н Частный сектор	11.11.16	5,22
снежная	Правый б Тьмаки	15.03.16	6,77
снежная	Левый б Тьмаки	15.03.16	6,83
снежная	пос. Аввакумово	15.03.16	7,06
снежная	д. Рябеево	15.03.16	6,02
снежная	Парк Текстильщиков	15.03.16	5,77
снежная	Парк Текстильщиков	08.11.16	6,20

снежная	мкр-н Южный	15.03.16	6,77
снежная	мкр-н Южный	14.11.16	5,38
снежная	ДК Химволокно	04.11.16	5,84
снежная	Левый б Волги	15.03.16	6,25
снежная	Правый б Волги	05.11.16	5,43
снежная	д. Черногоубово	15.03.16	6,75
снежная	мкр-н Юность	09.11.16	5,27

pH – это интегральный показатель содержания кислотных оксидов в воздухе. В чистой воде при 22 °С концентрации ионов водорода  $[H^+]$  и гидроксид-ионов  $[OH^-]$  одинаковы и составляют  $10^{-7}$  моль/л, это следует из определения ионного произведения воды  $K_w=[H^+]\cdot[OH^-]=10^{-14}$ (при 25 °С). Когда концентрации обоих видов ионов в растворе одинаковы, говорят, что раствор имеет нейтральную реакцию. При добавлении к воде кислоты концентрация ионов водорода увеличивается, а концентрация гидроксид-ионов соответственно уменьшается, при добавлении основания - наоборот, повышается содержание гидроксид-ионов, а концентрация ионов водорода падает. Когда  $[H^+] > [OH^-]$  говорят, что раствор является кислотным, а при  $[OH^-] > [H^+]$  - основным.

Для определения значения pH растворов широко используют различные методики. Использование специального прибора - pH-метра - позволяет измерять pH в широком диапазоне и точно до 0,01 единицы pH. Ионметрический метод определения pH основывается на измерении милливольтметром ЭДС гальванической цепи, включающей специальный стеклянный электрод, потенциал которого зависит от концентрации ионов  $H^+$  в окружающем растворе. Способ отличается удобством и высокой точностью, особенно после калибровки индикаторного электрода в избранном диапазоне pH, позволяет измерять pH непрозрачных и цветных растворов и потому широко используется.

Одной из задач исследования является измерение pH атмосферных осадков. Принято считать, что незагрязненные атмосферные осадки характеризуются  $pH \approx 5,6$ , что определяется равновесной концентрацией растворенного диоксида углерода  $CO_2+H_2O \leftrightarrow H_2CO_3$ . Для снеговой воды фоновой пробы характерен  $pH=6,85$ .

Значения водородного показателя отобранных проб дождевой воды варьируется в пределах pH 4,86-6,7. Значение pH, приближенное к норме, равно 5,54 (ДК Химволокно). К «кислым» растворам относятся образцы дождевой воды, pH которых изменяется в пределах 4,86-5,54 (село Бурашево, которое расположено в 7 километрах от автомагистрали «Москва – Санкт-Петербург», так же там находится завод по производству подшипниковых узлов ООО «СКФ Тверь»).

В лесах идет активный процесс фотосинтеза ( $6CO_2+6H_2O \leftrightarrow C_6H_{12}O_6+6O_2$ ). Когда дождевая капля попадает в воздух, она поглощает углекислый газ  $CO_2+H_2O \leftrightarrow H_2CO_3$ . Согласно принципу Ле-Шателье (если на систему, находящуюся в устойчивом равновесии, воздействовать извне, изменяя какое-либо из условий равновесия (температура, давление, концентрация, внешнее электро-

магнитное поле), то в системе усиливаются процессы, направленные на компенсацию внешнего воздействия), при уменьшении количества углекислого газа (левая часть уравнения) равновесие в системе смещается влево. Следовательно, количество угольной кислоты, находящейся в правой части уравнения, уменьшается, значение рН увеличивается (пос. Аввакумово, с. Лесное)

Значения водородного показателя отобранных проб талой воды варьируется в пределах рН 5,22-7,06. Значение рН, приближенное к норме, отмечалось на правом берегу Тьмаки – 6,77, левый берег Тьмаки – 6,83, д. Черногубово – 6,75.

Значения рН талой воды ближе к кислотным наблюдались в черте города рядом с промышленными районами и с автотранспортными дорогами. Так в микрорайоне Юность находится Центросвармаш, недалеко расположен Тверской вагоностроительный завод, которые влияют на значение рН=5,27. Изменение водородного показателя незначительно, по-видимому, в связи с переходом от социалистической социально-экономической формации к капиталистической и экономическим кризисом (многие промышленные предприятия были закрыты, что позитивно повлияло на состояние окружающей среды). По набережной Степана Разина, расположенной на правом берегу Волги, автотранспортные средства объезжают пробки (в связи с загруженностью улицы Советской), что повлияло на экологическую обстановку рекреационной зоны (рН=5,43).

Значение водородного показателя талой воды смещено в кислую сторону, так как снег, по данным литературы [5], является природным адсорбентом. Он образуется, когда микроскопические капли воды, с растворенным в них  $\text{CO}_2$ , в облаках притягиваются к пылевым частицам и замерзают. Появляющиеся при этом кристаллы льда, не превышающие поначалу 0,1 мм в диаметре, падают вниз и растут в результате конденсации на них влаги из воздуха.

**Выводы.** Основной вклад в изменение водородного показателя вносят оксиды азота, серы и углерода. По данным Тверского метеоцентра содержание оксида углерода в черте города повышено, что и было доказано в наших исследованиях.

Известно, что с повышением содержания углекислоты в воде, повышается и содержание свинца, что негативно сказывается на экологической обстановке города, поэтому в планах наших дальнейших исследований стоит измерение концентрации катионов свинца в ливневых водах.

#### Литература

1. <http://www.tvermeteo.ru/>
2. Каплина С.П., Каманина И.З. Экологическое состояние окружающей среды урбанизированных территорий // Фундаментальные исследования. – 2014. - №6. – С. 760-764
3. Лунева Е.В., Савельев А.А., Хомяков П.В., Торсуев Н.П. К методике удлинения рядов наблюдений за химическим составом атмосферных осадков // Журн. экологии и промышленной безопасности. – 2011. - №2. – С. 35-38
4. <http://www.metaprom.ru/regions/tver.html>
5. <https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%BD%D0%B5%D0%B3>