

Министерство образования и науки Российской Федерации

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Н.Г.ЧЕРНЫШЕВСКОГО»

Кафедра метеорологии и климатологии

**Метеорологический потенциал самоочищения атмосферы в Саратове**

АВТОРЕФЕРАТ БАКАЛАВРСКОЙ РАБОТЫ

студентки \_\_\_\_\_ 4 \_\_\_\_\_ курса \_\_\_\_\_ 411 \_\_\_\_\_ группы

направления \_\_\_\_\_ 05.03.05 Прикладная гидрометеорология \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ географического факультета \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ Гуцу Юлии Юрьевны \_\_\_\_\_

Научный руководитель

доцент, к.г.н.

\_\_\_\_\_ Н.В.Короткова

Зав. кафедрой

д.ф.-м.н.

\_\_\_\_\_ М.Б. Богданов

Саратов 2016

**Введение.** Состояние воздушной среды является важным элементом городской экосистемы, оказывая большое влияние на все стороны быта и производственной деятельности жителей. Высокая концентрация загрязняющих веществ в атмосфере городов и промышленно развитых центров наносит огромный вред здоровью населения и большой ущерб всем отраслям хозяйств.

Защита атмосферы от загрязнения стала одной из наиболее актуальных современных проблем, при решении которой все большая роль отводится метеорологической науке.

Влияние метеорологических факторов на формирование уровня загрязнения воздуха городов велико. Оно определяет значительное повышение концентрации примесей в отдельные периоды за счет чрезвычайно неблагоприятных для их рассеивания условий. Метеорологические условия в большинстве случаев определяют суточный ход концентрации примесей с максимумом в одних районах днем, а в других – утром и вечером. В связи с этим мероприятия по снижению выбросов следует планировать на те периоды, в которые наиболее вероятны неблагоприятные погодные условия. Метеорологические условия могут увеличивать или уменьшать среднегодовой уровень загрязнения воздуха почти в 2 раза. Этим они искажают характер его тенденции.

Целью настоящей бакалаврской работы является оценка метеорологического потенциала самоочищения атмосферы в различных районах Саратова за 2001 -2003 гг.

Атмосфера, как и вся природная среда в целом, обладает способностью к самоочищению. Вредные вещества, поступающие в атмосферу от антропогенных источников, оседают на поверхности домов, растений, почвы, вымываются атмосферными осадками и переносятся на значительные расстояния от места выброса. Все эти процессы происходят с помощью ветра и зависят от температуры воздуха, солнечной радиации, атмосферных осадков и других метеорологических факторов. Под влиянием всех этих факторов при постоянных выбросах вредных веществ уровень загрязнения приземного слоя

воздуха может меняться в очень широких пределах.

**Основное содержание работы.** Главным фактором, влияющим на распространение примесей в атмосфере, является ветровой режим. Максимум концентрации обычно создается на расстоянии, кратном 10-20 высотам труб источника выбросов. Поэтому при проектировании размещения промышленных предприятий и жилых кварталов учитывается повторяемость различных направлений ветра (роза ветров), особенно со стороны предприятий, и расстояние до предприятия.

Необходимо принимать во внимание не только направление, но и скорость ветра. Выбросы низких и неорганизованных источников скапливаются в приземном слое при слабых ветрах. Наибольшие концентрации примесей в городах наблюдаются часто при скорости ветра 0 – 1 м/с [1, 2].

Большую опасность представляют так называемые застои воздуха, то есть ситуации, когда приземные инверсии температуры наблюдаются при скорости ветра 0-1 м/с. При этой ситуации выбросы вредных веществ не могут подниматься в верхние слои атмосферы и уноситься от источников выбросов. При застоях воздуха все вредные вещества скапливаются у источников выбросов.

**Влияние инверсий и изотермии температуры на загрязнение.** Возрастание температуры с высотой называется инверсией температуры. Инверсия температуры может наблюдаться как у поверхности земли (приземная инверсия), так и на некоторой высоте (высотная инверсия). Если инверсия встречается на небольшой высоте от земли, ее называют приподнятой. Инверсия характеризуется вертикальной протяженностью (т.е. разностью высот от верхней до нижней границы инверсии) и интенсивностью (т.е. разностью значения температуры на верхней и нижней границах инверсии).

Инверсии температуры относятся к числу неблагоприятных погодных ситуаций, характеризующих особенности стратификации нижнего слоя тропосферы. Приземные и приподнятые инверсии температуры, имеющие

устойчивую стратификацию, являются задерживающими слоями, т.к. препятствуют распространению примесей в атмосфере.

**Влияние осадков на формирование уровня загрязнения.** Известно, что осадки приводят к значительному очищению атмосферы. Ливневые осадки больше очищают воздух, чем обложные.

По результатам исследования химического состава осадков и суммарной концентрации, растворенных и нерастворенных в них примесей можно судить о характере загрязнения тех слоев атмосферы, через которые осадки прошли [2].

**Мониторинг загрязнения атмосферного воздуха в Саратове.** Качество атмосферного воздуха является важнейшим фактором, определяющим состояние живой природы и здоровья населения.

Территория Саратова располагается в пределах крупного элемента рельефа – Приволжской возвышенности, которая на востоке приподнята и круто обрывается в сторону Волги. Почти для всего правого берега Волги характерно развитие овражной эрозии и оползней. Городская территория в целом имеет ступенчатое строение рельефа, обуславливающее многоярусность ландшафта. В настоящее время выделяется три крупных ландшафтных района, для каждого из которых существует определенная специфика природных условий: Лысогорское плато, Приволжская котловина, Елшано – Гусельская равнина (в соответствии с рисунком 2.1) [9].

Таким образом, территория Саратова имеет сложный рельеф: котловинный в центральной и южной частях и холмисто – балочный равнинный в северной части города [11-14].

**Организация наблюдений за загрязнением атмосферы.** Мониторинг загрязнения атмосферного воздуха проводится в районах интенсивного антропогенного воздействия (в городах, промышленных и агропромышленных центрах и т.д.) и в районах, удаленных от источников загрязнения (в фоновых районах).

Проблема загрязнения атмосферного воздуха остается в числе приоритетных гигиенических проблем, оказывающих непосредственное

влияние на здоровье населения Саратовской области.

Исходя из особенностей размещения промышленных предприятий на территории города, можно предположить чрезвычайно сложный характер распределения концентраций примесей в его атмосферном воздухе. Поэтому, чем больше постов, и чем чаще на них производятся наблюдения, тем полнее характеризуются временные и пространственные изменения состояния загрязнения атмосферы.

В 2001-2003 гг. в Саратове наблюдения за состоянием воздуха проводились на 6 стационарных постах наблюдения за загрязнением (ПНЗ), расположенных в различных частях города, с различным сосредоточением промышленных предприятий. ПНЗ-1 находится в Заводском районе, вблизи оживленной автомагистрали. Недалеко от него расположены промышленные предприятия, ТЭЦ-1. ПНЗ-2 находится в Заводском районе, в жилом поселке, недалеко от ТЭЦ-2, химического предприятия «Нитрон», ОАО «Крекинг». ПНЗ-5 расположен в Волжском районе, на пересечении улиц Октябрьской и Московской, вблизи улиц с интенсивным движением автотранспорта.

В Ленинском районе находятся ПНЗ-6 и ПНЗ-7. ПНЗ-6 установлен в районе завода «Техстекло», характеризует состояние атмосферы вблизи этого завода и ПО «Рефлектор», а ПНЗ-7 – на проспекте 50-ти летия Октября, отделен от оживленной автомагистрали, ОАО «Жировой комбинат» и ПО «Тантал» сквером.

ПНЗ-8 расположен на пересечении улиц Астраханской и Б. Горной, недалеко от Сенного рынка, где очень интенсивное движение автотранспорта. ПНЗ-3 и ПНЗ-4 в настоящее время не существует.

На постах наблюдения за загрязнением воздуха устанавливаются три программы наблюдений: полная, неполная, сокращенная. В Саратове наблюдения проводятся по неполной программе для получения оперативной информации ежедневно в 07, 13, 19 ч. по местному декретному времени.

**Метеорологический потенциал самоочищения атмосферы.**  
Наибольшее применение при анализе влияния метеорологических условий на

уровни загрязнения атмосферы, а также при экспертизе и проектировании строящихся предприятий получил потенциал загрязнения атмосферы (ПЗА), разработанный в Главной геофизической обсерватории им. А. И. Воейкова [1, 2], который представляет собой отношение средних уровней концентраций вредных примесей при заданных выбросах в конкретном и условном районах. Этот параметр показывает, во сколько раз средний уровень загрязнения воздуха, обусловленный реальной повторяемостью метеорологических условий, в конкретном районе будет выше, чем в условном.

Потенциал загрязнения атмосферы включает повторяемость приземных инверсий температуры, скорости ветра 0-1 м/с, застоев воздуха, туманов, т.е. практически все факторы, способствующие накоплению вредных примесей в атмосфере. Эта характеристика противоположна рассеивающей способности атмосферы (РСА).

Основной недостаток этого метода заключается в том, что он учитывает лишь условия, способствующие накоплению вредных примесей, и не рассматривает процессы их рассеивания в атмосфере. Кроме того, при расчете ПЗА должны быть использованы материалы наблюдений довольно редкой сети аэрологических станций [5].

В работах [15, 17] авторами предложена принципиально иная методика, учитывающая факторы, которые способствуют как загрязнению атмосферы, так и рассеиванию примесей.

Одним из основных метеорологических параметров, благоприятствующих накоплению вредных веществ в приземном слое воздуха, является повторяемость скорости ветра 0—1 м/с. Этот процесс усиливается туманами, в некоторых случаях увеличивается и токсичность примесей. Указанные факторы усугубляют загрязнение атмосферы. Условиями, при которых происходит самоочищение атмосферного воздуха, предлагается считать повторяемость дней с сильным ветром и осадками.

Установлено, что скорость ветра, при которой вредные вещества выносятся из города, должна быть не менее 6 м/с. Осадками, способными

очистить атмосферу от загрязнения, считается величина  $>0,5$  мм в сутки [5].

Для тех районов, в которых число дней с туманами невелико, но значительна повторяемость приземных задерживающих слоев (ПЗС) (как, например, в Саратове), при расчете  $K'$  целесообразно учитывать вместо повторяемости туманов повторяемость ПЗС [15]. Тогда:

$$K' = \frac{P_B + P_O}{P_{ин} + P_{ш}} \quad (1)$$

где  $P_{ш}$  - повторяемость скоростей ветра 0-1 м/с,  $P_{ин}$  - повторяемость дней с ПЗС,  $P_O$  - повторяемость дней с осадками  $>0,5$  мм,  $P_B$  - повторяемость скоростей ветра  $>6$  м/с

Авторами [15] предложено уточнение пределов значений коэффициента самоочищения и выделено пять групп  $K'$ . При  $K' > 1,25$  создаются условия, благоприятные для рассеивания, при  $1,25 > K' > 0,8$  - относительно благоприятные, при  $0,8 > K' > 0,4$  - относительно неблагоприятные, при  $0,4 > K' > 0,25$  - неблагоприятные, и при  $K' < 0,25$  - крайне неблагоприятные [15].

Коэффициент самоочищения атмосферы позволяет оценить вклад метеорологических явлений и их характеристик в формирование уровня загрязнения воздуха. Кроме того, исследование метеорологического потенциала самоочищения атмосферы необходимо для определения оптимального варианта распределения техногенных нагрузок по территории.

В бакалаврской работе был рассчитан метеорологический потенциал самоочищения атмосферы за 2001 –2003 гг. Исходными материалами послужили данные наблюдений метеорологической станции Саратов, а также данные наблюдений на ПНЗ Саратова.

В ряде мест, где отсутствуют аэрологические наблюдения, повторяемость приземных инверсий ( $P_{ин}$ ) может быть определены по повторяемости слабых ветров 0-1 м/с ( $P_{сл}$ ). Связь между этими повторяемостями для Европейской территории России выражается уравнением регрессии [1, 2, 5, 6]:

$$P_{ин} = 31,4 + 0,29P_{сл} \quad (2)$$

Поскольку в 2001-2003 гг. аэрологические наблюдения по Саратову отсутствуют, то повторяемость приземных инверсий ( $P_{ин}$ ) была определена по формуле (2).

Прежде чем рассчитывать повторяемость инверсий, необходимо было определить повторяемость скоростей ветра 0-1 м/с. Слабые ветра способствуют накоплению примесей, а более сильные — проветриванию и удалению примесей от места их выброса.

Для анализа повторяемости скоростей ветра в Саратове и для расчета повторяемости приземных задерживающих слоев в Саратове были взяты наблюдения на ПНЗ за 2001-2003 гг. Использовались данные о скорости ветра за 3 срока наблюдения (07, 13, 19) и были рассчитаны повторяемость (%) слабых ветров на шести ПНЗ.

Из расчетов видно, что наибольшая повторяемость слабых ветров наблюдается в 2001 г. на ПНЗ 1- в сентябре и составляет 38,1%, на ПНЗ-2 в декабре 2000 года (73,3%). На ПНЗ-5 (68%) в июле месяце, на ПНЗ-6 наименьшая повторяемость наблюдалась в мае и составила 76,4%, а на ПНЗ-7 (40,5%) в сентябре месяце.

В 2002 год картина распределения повторяемости слабых скоростей ветра немного иная. На ПНЗ-1 самая наибольшая повторяемость слабых скоростей ветра отмечалась в сентябре месяце и составила 36,8%, 80,5% повторяемость отмечалась на ПНЗ-2 в октябре, на ПНЗ-5 повторяемость 69,0% наблюдалась в июле, 71,3% на ПНЗ-6 в сентябре. Слабые ветры на ПНЗ-7 с наибольшей повторяемостью 63,2% наблюдались в июле, а на ПНЗ-8 повторяемость составила 90,8% в июле месяце.

В 2003 году на ПНЗ-1 слабых ветров наблюдалось 46,9% в октябре, на ПНЗ-2 98,7% в декабре 2002 года, также наибольшая повторяемость слабых ветров наблюдалась на ПНЗ-5 и на ПНЗ-6 в сентябре месяце и составила 83,3% и 87,2% соответственно, на ПНЗ-7 и ПНЗ-8 в июне 80,6%.

За весь рассматриваемый период в декабре 2002 года наблюдалась самая наибольшая повторяемость слабых ветров.

Наименьшая повторяемость слабых ветров отмечалась в 2001 году в ноябре (5,7%) на ПНЗ-1, на ПНЗ-2 44% в июне, на ПНЗ-7 в феврале (6,9%).

В 2002 году наименьшая повторяемость слабых ветров наблюдалась в марте (4,6) на ПНЗ-1, на ПНЗ-2 в феврале (14,5%), на ПНЗ-5 в сентябре (12,6%), на ПНЗ-6 и ПНЗ-7 в марте (37,9% и 12,6), на ПНЗ-8 в мае (27,6%).

В 2003 году составляет: ПНЗ-1 в январе (18,1), на ПНЗ-2 в феврале (53,6), на ПНЗ-5 в апреле (43,6), на ПНЗ-6 в январе (62,5), на ПНЗ-7 в декабре (32,0) и на ПНЗ-8 в январе (40,3) соответственно.

Была рассчитана повторяемость ПЗС, полученная по формуле, для ПНЗ Саратова. Поскольку повторяемость ПЗС пропорциональна повторяемости слабых ветров, то изменения повторяемости первых синхронны повторяемости вторых.

Установлено, что скорость ветра, способного вынести примеси из города, должна быть не менее 6 м/с. Это обусловлено тем, что в промышленном городе обычно существуют два максимума роста концентрации веществ, загрязняющих атмосферу: один при слабых скоростях ветра 0-1 м/с возникает за счет выбросов низких источников, другой при ветрах 4-6 м/с за счет выбросов высоких источников. Повторяемость ветров более 6 м/с в различных районах Саратова незначительна. Наибольшая повторяемость скоростей ветра  $\geq 6$  м/с наблюдалась в феврале 2001 г. на ПНЗ-7 16,7%, в марте 2001 г. - 14,1% на ПНЗ-1 и ПНЗ-7, в апреле 2002 года - 12,6% на ПНЗ-1, а в 2003 году 8,7% на ПНЗ-1. Часто были случаи отсутствия ветров со скоростью  $\geq 6$  м/с.

В бакалаврской работе приведена повторяемость ПЗС по сезонам за исследуемый период. Как видно наибольшая повторяемость ПЗС отмечалась на ПНЗ-2 зимой, весной и осенью, исключение составляет летний сезон, когда повторяемость ПЗС была выше на ПНЗ-8.

Одним из основных механизмов удаления примесей из атмосферы является вымывание их осадками. Установлено, что в Саратове снижение уровня загрязнения воздуха при осадках особенно заметно в холодный период года [19].

**Расчет коэффициента самоочищения атмосферы.** Для расчета коэффициента самоочищения атмосферы использовалась формула (1).

Расчет  $K'$ , где любого района, где имеются наблюдения за метеоэлементами, позволяет детализировать картину метеорологического потенциала самоочищения атмосферы любой осваиваемой территории и позволяет выбрать наиболее оптимальный вариант размещения промышленных предприятия. Кроме этого, предложенный коэффициент самоочищения атмосферы позволяет оценить вклад метеорологических величин и явлений в формирование уровня загрязнения воздуха [20].

В данной работе было проведено исследование коэффициента самоочищения атмосферы за период 2001-2003 гг. Для расчета были использованы данные метеорологических наблюдений на ПНЗ, данные об осадках на метеостанции Саратова и рассчитанные повторяемости ПЗС. Коэффициент самоочищения атмосферы рассчитывался в целом для города и для различных районов города.

В работе представлены средние значения коэффициента самоочищения атмосферы по ПНЗ Саратова в различные месяцы за исследуемый период 2001-2003 гг. Учитывая приведенную выше классификацию градаций коэффициента самоочищения, видно, что за все исследуемые месяцы исследуемого периода в Саратове наблюдались относительно неблагоприятные, неблагоприятные и крайне неблагоприятные условия для рассеивания примесей. Исключение составляют январь, февраль и ноябрь месяцы на ПНЗ-1, а также февраль месяц на ПНЗ-7. Когда условия для рассеивания примесей характеризуются как относительно благоприятные.

Поскольку территория города располагается в условиях сложного рельефа и имеют различную градостроительную освоенность, то следует ожидать, что в районе ПНЗ метеорологический потенциал самоочищения будет различным.

Приведенные результаты исследования показывают, что в некоторых районах Саратова в исследуемый период складывались очень неблагоприятные

условия для рассеивания примесей. К ним относятся ПНЗ-2, ПНЗ-8, где повторяемость слабых ветров значительна и наоборот почти отсутствуют ветра со скоростью более и равно 6 м/с. Лучшие условия рассеивания примесей складываются на ПНЗ-1, а также на ПНЗ-5 и ПНЗ-7, которые находятся в зоне основного воздуховода.

В работе приведены расчеты среднесезонных значений коэффициента самоочищения атмосферы на ПНЗ. Видно, что во все сезоны рассматриваемого периода наблюдались относительно неблагоприятные, неблагоприятные и крайне неблагоприятные условия для рассеивания примесей.

Были рассчитаны среднесезонные значения коэффициента самоочищения атмосферы в Саратове в отдельные годы рассматриваемого периода. Видно, что за исследуемый период в целом по городу также наблюдались относительно неблагоприятные, неблагоприятные и крайне неблагоприятные условия для рассеивания примесей.

В целом по городу за исследуемый период значение коэффициента самоочищения атмосферы составило 0,37, что соответствует неблагоприятным условиям рассеивания примесей.

В работе приведены расчеты коэффициента самоочищения атмосферы в Саратове в разные месяцы на различных ПНЗ в период с 2001 по 2003 гг.

Если рассматривать значения коэффициента самоочищения атмосферы на каждом ПНЗ в различные годы и разные месяцы (таблица 3.10), то максимальное значение коэффициента самоочищения атмосферы наблюдалось в феврале 2001 года на ПНЗ-7 (1,56) и в ноябре 2001 года на ПНЗ-1 (1,64).

Эти значения по классификации характеризуют благоприятные условия для рассеивания. Минимальные значения коэффициента самоочищения наблюдаются в июле 2001 и 2002 гг. на ПНЗ-2, ПНЗ-5, ПНЗ-6 и ПНЗ-8. (0,05 и 0,11 соответственно). Эти значения характеризуют крайне неблагоприятные условия для рассеивания.

**Заключение.** Из исследования метеорологического потенциала самоочищения атмосферы Саратова зимой можно сделать следующие выводы:

В настоящей работе произведена оценка метеорологического потенциала самоочищения атмосферы в Саратове за 2001-2003 гг. Выявлено, что городская атмосфера имеет относительно неблагоприятные, неблагоприятные и крайне неблагоприятные возможности к самоочищению. Это обусловлено взаимодействием трех факторов: метеорологических условий, сложного рельефа местности и градостроительной освоенности.

За исследуемый период наилучшие условия для самоочищения атмосферы складывались в феврале 2001 года на ПНЗ-7 (1,56) и в ноябре 2001 года на ПНЗ-1 (1,64), когда отмечалась значительная повторяемость дней с осадками и дней с сильными ветрами. Во все остальные месяцы и года преобладали процессы, неблагоприятные для рассеивания примесей.

Установлено, что в различных районах города складываются неодинаковые условия для самоочищения атмосферы. Более благоприятные условия для рассеивания примесей отмечаются на ПНЗ-1 в жилом районе, который открыт со стороны Волгоградского водохранилища и в районах естественных воздухопроводов города ПНЗ-5 и ПНЗ-7.