

О НЕКОТОРЫХ АСПЕКТАХ ВЛИЯНИЯ АТМОСФЕРНЫХ ОСАДКОВ НА КАЧЕСТВО ВОЗДУХА ПРИЗЕМНОГО СЛОЯ

Ключевые слова: приземный слой тропосферы, естественные и антропогенные компоненты воздуха, сорбция, атмосферные осадки, пыли.

В статье проанализированы основные факторы, влияющие на образование токсичных загрязняющих веществ в атмосферном воздухе приземного слоя. Показаны условия сорбции загрязняющих веществ из атмосферного воздуха и транспортирования их с осадками к земле, даны наиболее возможные варианты десорбции загрязняющих веществ из осадков при естественной и искусственной подстилающей поверхности.

Keywords: surface layer of the troposphere, natural and anthropogenic components of air, sorption, precipitation, dust.

The article analyses the main factors affecting the formation of toxic pollutants in the ground layer of air, showing the conditions of sorption of pollutants from the air and transporting them to the ground with precipitation, given the most possible variants of the desorption of contaminants from sediments by natural and artificial land surface.

Состав атмосферных осадков является интегральной характеристикой загрязнения не только того слоя атмосферы, в котором формируются облака, но и приземного слоя атмосферы, состояния литосферы в результате сложных и взаимообусловленных гидроаэродинамических, химических, физических, биологических естественных и антропогенных процессов, динамично и непрерывно происходящих на различных высотах тропосферы и на границе раздела фаз.

Облака являются разновидностью аэрозоля – дисперсной системы, состоящей из капель жидкости или твердых частиц, находящихся во взвешенном состоянии в газовой среде (воздухе). Облака влияют на альбедо Земли, переносят воду с поверхностей морей, океанов на сушу в виде выпадающего дождя, снега, града, и образуются в результате конденсации влажного теплого воздуха, конвективно поднимающегося в верхние слои тропосферы. Ядрами конденсации служат присутствующие в воздухе пыль, кристаллы морской и океанической соли, различные загрязняющие минеральные и органические вещества естественного и антропогенного происхождения.

При выпадении атмосферных осадков (дождь, снег, град) ЗВ (минеральные, органические соединения, пыль) снова возвращается на поверхность Земли или в неизменном составе, или, чаще всего, в виде более токсичных соединений, токсичность которых обусловлена, в основном, эффектами синергизма.

Благоприятными условиями для образования более токсичных соединений, попадающими в нижние слои тропосферы и на поверхность Земли с осадками, являются прежде всего:

- увеличение температуры у поверхности земли;
- благоприятный гидроаэродинамический режим, интенсифицирующий массообменные процессы на границе раздела фаз: *жидкость* – воздух (кислород и другие компоненты воздуха) – *загрязняющие вещества*, присутствующие в воздухе, способствует

химическим процессам – окислительно-восстановительным и другим реакциям на границе раздела фаз;

- противоточный режим движения осадков вниз и естественной конвекции воздушных тепловых потоков вверх вместе с пылью и другими ЗВ создает (аналогично противоточному скрубберу) условия физико-химического процесса для очистки приземного воздуха за счет абсорбции (абсорбент – капли дождя), адсорбции (адсорбентом в данном случае является снег или град) и хемосорбции. Соответственно концентрация ЗВ во фрагментах осадков по мере их падения к поверхности земли – возрастает.

При этом концентрация ЗВ в приземном слое воздуха уменьшается, происходит выравнивание концентраций в сорбенте (осадках) и воздухе – воздух в приземном слое очищается, концентрация ЗВ в осадках достигает максимального значения. При соприкосновении осадков с твердой поверхностью земли к межфазному взаимодействию на границе *воздух – жидкость* добавляется еще одна фаза – твердая поверхность земли. На границе раздела фаз *воздух – жидкость – твердое тело* происходят дополнительные массообменные процессы, в значительной степени инициируемые увеличением температуры в результате теплоотдачи земной поверхностью. Сорбированные фрагментами осадков из высотных и приземных слоев тропосферного воздуха загрязняющие вещества, частично диссоциированные в каплях осадков, на границе раздела фаз *жидкость – воздух – твердая поверхность* десорбируют в приземный атмосферный слой. Другая часть диссоциированных молекул ЗВ (в том числе – пыль) вместе с сорбентом-растворителем (каплями осадков) переходит в гумусный слой почвы.

Примечание:

1. Известно, что благодаря прилегающей к поверхности Земли части атмосферы (толщиной около 8 км в полярных высотах и около 16 км - у экватора) сохраняется жизнь. Но наиболее активная жизнедеятельность человека и

окружающей природной среды происходит в атмосфере, высота слоя которой ограничена несколькими десятками метров. Для ЕТР, по мнению автора, высоту локального приземного слоя, в пределах которого строится большинство зданий жилого, служебно-производственного и др. назначения, происходит большая часть выбросов транспорта и прочих антропогенных источников, целесообразно принимать ≈ 30 м.

2. Бытующее мнение об очищающем приземный слой воздуха эффекте при выпадении дождя и снега, может быть подтверждено лишь для условий естественной подстилающей поверхности земли (без асфальтового или иного твердого искусственного покрытия), так как сорбированные осадками из атмосферы ЗВ дренируются вместе с осадками в плодородный слой почвы.

При отсутствии антропогенных выбросов токсичных веществ в атмосферу (подобная ситуация в современных условиях возрастающих нагрузок на атмосферу, трудно представляется) и естественном круговороте компонентов биосферы периодичность и интенсивность атмосферных осадков регулируется природными метеорологическими, геофизическими, климатическими, сезонными и другими факторами, обусловленными естественным алгоритмом жизнедеятельности в биосфере. Но в пропорциональной зависимости в почву из атмосферы вместе с осадками транспортируется и та часть ЗВ, которая выброшена различным транспортом, ракетами, предприятиями и пр. Далее, соответственно, по трофическим цепям, из почвы и воздуха ЗВ, часто трансформируясь в более токсичные, поступают в замыкающее трофическую цепь звено – организм человека.

В основном по причинам отсутствия близрасположенных источников антропогенных выбросов и «очищающего» приземный атмосферный слой действия осадков, считается проживание в сельской местности более безопасным для здоровья человека. Но не следует забывать, что кратковременное, сиюминутное благотворное на здоровье влияние атмосферных осадков в сельской местности приносится в жертву здоровью будущих поколений, вынужденных, видимо, использовать в пищу ту продукцию, которая будет возвращена на землю, достигшей предельного уровня сорбции токсичных веществ.

Следует обратить внимание на то, что частота и интенсивность атмосферных осадков связана с эффективностью сорбции ЗВ и их переноса в нижние слои атмосферы и почву. Так, например, первая порция осадков в максимальной степени абсорбирует (адсорбирует) ЗВ, особенно легкоретивые органические и лиофильные минеральные и органические соединения, в том числе частицы взвешенных веществ (пыли) с сорбированными на них ионами и молекулами солей тяжелых металлов. Соответственно, первая порция осадков максимально загрязняет твердые и сухие глубинные слои почвы. Приземный атмосферный слой, особенно непосредственно у земли (в зоне

дыхания человека) может не только очищаться от ЗВ, но и дополнительно загрязняться в результате десорбции теми ингредиентами, которые «захвачены» осадками в верхних слоях тропосферы и транспортированы в приземный слой.

Последние порции осадков в меньшей степени содержат ЗВ. Гидроаэродинамические процессы в тропосфере с условной долей вероятности можно сравнить с абсорбционной очисткой газов в скруббере, работающем в противоточном режиме – сверху через форсунки распыляется жидкость (абсорбент), снизу подается очищаемый газ.

Можно предположить, что сумма концентраций i -го компонента в газовой фазе (воздухе приземного слоя) C_i^g и в абсорбенте (каплях дождя или снега) C_i^o на одинаковом расстоянии (горизонтальной плоскости) от нулевой отметки величина относительно постоянная:

$$C_i^g + C_i^o = \text{const}, \quad (1)$$

где C_i^g и C_i^o – концентрация i -го компонента в атмосферном воздухе и во фрагментах атмосферных осадков (дожде, снеге, граде).

Равенство (1) сохраняется за пределами приземного слоя (30м) атмосферы, до границы формирования облаков.

$$C_i^g / C_i^o = 0 - 1. \quad (2)$$

В соответствии с выражением (2) дробь C_i^g / C_i^o может меняться в пределах от 0 до 1 в зависимости от множества факторов, которыми можно пренебречь ради выяснения основных, определяющих качество воздуха в приземном слое при выпадении осадков.

Соотношение концентрации i – го ингредиента в воздухе и осадках зависит, прежде всего, от следующих факторов:

- высоты расположения плоскости сечения атмосферы;
- качества подстилающей поверхности, на которую выпадают осадки;
- степени турбулентности и конвекции воздушных потоков в приземном слое;
- интенсивности и периодичности выпадения атмосферных осадков;
- времени отсчета (времени замера C_i^g и C_i^o от начала выпадения осадков);
- свойств (летучесть, гидрофильность, химический состав газовых выбросов, дисперсность и плотность пылей и пр.).

В верхних слоях тропосферы на границе конденсирования влаги и формирования облаков и последующего выпадения осадков C_i^g / C_i^o будет максимально приближено к 1 и далее, по мере приближения осадков к земле значение C_i^g / C_i^o будет минимизироваться и стремиться к 0.

Если осадки выпадают на естественную подстилающую поверхность, то значение C_i^g / C_i^o будет значительно меньше, чем в случае выпадения осадков на непроницаемую искусственную поверхность (асфальт, бетон, кровля зданий), так как их дополнительный фазоразделитель в виде твердой поверхности и ее теплоотдача будут

инициировать испарение и десорбцию (фазовое перераспределение i – го ингредиента из фрагмента осадков в приземный воздух).

По этой причине концентрация токсичных, особенно легколетучих органических ЗВ (ацетон, бензол, ксилол, пары бензина, дизтоплива и т.д.) во время осадков на уровне верхних этажей высотных многоэтажек будет выше, чем на уровне первых двух этажей. Кроме того, во время отсутствия осадков в городских микрорайонах с застройкой многоэтажными зданиями рядом с одноэтажными и среднеэтажными, в частности, пятиэтажными (что характерно для Казани и др. старых городов РФ), высотные здания будут экранировать вертикально восходящие воздушные потоки, препятствовать конвекции и инициировать инверсию, особенно в дневное время при поглощении солнечной радиации. (Как известно, с конвекционными воздушными массами удаляются из приземного слоя загрязняющие вещества – происходит естественная вентиляция приземного воздуха).

Следует подчеркнуть, что скорость осаждения частиц в ламинарном режиме прямо пропорциональна эквивалентному диаметру частиц (уравнение Стокса),- наиболее токсичная для организма мелкодисперсная пыль (эквивалентный

диаметр - 0,1 – 10 мкм) очень плохо осаждается, зависая надолго на уровне верхних этажей.

Для определения влияния на качество приземного атмосферного воздуха, определяющего естественный потенциал жизнедеятельности биоты, необходимо целенаправленно провести исследования зависимости всех аспектов, связанных с круговоротом антропогенных выбросов и атмосферных осадков на различных высотах тропосферы при вариации возможных типичных аэрогидродинамических сезонных условий с учетом температурной стратификации и других параметров.

Литература

1. Резолюция пятой Всероссийской конференции «Новые приоритеты национальной экологической политики в реальном секторе экономики».- М., 2008.
2. Кирсанов В.В.. Интерпретация терминологии по безопасности человека, технических устройств и окружающей природной среды /В.В.Кирсанов // Вестник Казан. технол. ун-та.- 2012.- Т.15, №4.- С.91-93.
3. Старовойтова Е.В., Галеев А.Д., Поникаров С.В. Моделирование парообразования с поверхности аварийного пролива сжиженного газа /Е.В.Старовойтова, А.Д.Галеев, С.В.Поникаров // Вестник Казан. технол. ун-та.- 2012.- Т.15, №4.- С. 110 - 112