

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 иницируемые 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 земле, 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 легколетучие 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_{iv} и в абсорбенте (каплях дождя или снега) C_{io} на одинаковом расстоянии (горизонтальной плоскости) от нулевой отметки величина относительно постоянная: $C_{iv} + C_{io} = \text{const}$, (1) где C_{iv} и C_{io} – 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. $C_{iv} / C_{io} = 0 - 1$. (2) В соответствии с выражением (2) дробь C_{iv} / C_{io} 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_{iv} и C_{io} 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_{iv} / C_{io} будет максимально приближено к 1 и далее, по мере приближения осадков к земле значение C_{iv} / C_{io} будет минимизироваться и стремиться к 0. Если осадки выпадают на естественную подстилающую поверхность, то значение C_{iv} / C_{io} 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 многоквартирных домов будет выше, чем на уровне первых двух этажей. Кроме того, во время отсутствия осадков в городских микрорайонах с застройкой многоквартирными 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.