



УДК 551.582(571.53)

DOI <https://doi.org/10.26516/2073-3402.2019.27.3>

Потенциал самоочищения атмосферы

А. В. Аргучинцева, Е. А. Кочугова

Иркутский государственный университет, г. Иркутск

Аннотация. Рассматриваются различные подходы, предлагаемые начиная с середины прошлого века отечественными и зарубежными авторами, к оценке возможности (потенциала) как загрязнения, так и самоочищения (называемого иногда коэффициентом вентиляции) атмосферного воздуха, базирующиеся в основном на стандартных наблюдениях станций гидрометеорологической сети. Обсуждаются разночтения и смысловые понятия соответствующих индексов, их положительные стороны и недостатки. Дискутируется вопрос о преимуществах понятия самоочищения атмосферы по сравнению с понятием загрязнения, так как источники выбросов загрязняющих веществ не рассматриваются. Дается сравнение по градациям средних многолетних годовых ветровых характеристик для регионов Западной Сибири и г. Иркутска, на основе которого делается заключение о том, что следование рекомендациям градаций учета штилевых и сильных ветров в случае Иркутска исключает из учета более 60 % наблюдений. Авторы статьи предлагают для Иркутска иную градацию и несколько иную запись формулы для расчета потенциала самоочищения атмосферы, основываясь на корректности ее использования с точки зрения основ теории вероятностей. Акцентируется внимание на том, что в последнее время почти все авторы отмечают изменение условий самоочищения атмосферы в сторону их ухудшения, в том числе и в Иркутске.

Ключевые слова: потенциал самоочищения атмосферы, обзор разновидностей подходов, Иркутск.

Для цитирования: Аргучинцева А. В., Кочугова Е. А. Потенциал самоочищения атмосферы // Известия Иркутского государственного университета. Серия Науки о Земле. 2019. Т. 27. С. 3–15. <https://doi.org/10.26516/2073-3402.2019.27.3>

Введение

Из-за пониженной рассеивающей способности атмосферы воздух и водоемы крупных промышленных городов Сибирского федерального округа отличаются сильной загрязненностью. Источниками такого загрязнения являются промышленные предприятия, теплоэнергетика, автотранспорт, выбрасывающие ежегодно в атмосферу сотни тонн вредных веществ.

В ФГБУ ГГО (Главная геофизическая обсерватория им. А. И. Воейкова) по данным 672 станций в 244 городах государственной наблюдательной сети сформирован список городов с наибольшим уровнем загрязнения атмосферного воздуха. В приоритетный список в 2017 г., включающий 21 город с очень высоким уровнем загрязнения воздуха, для которых комплексный индекс загрязнения атмосферы (ИЗА) не менее 14, вновь вошел Иркутск. В 2015 г. Иркутск был исключен из этого списка в связи с прекращением

наблюдений трех приоритетных веществ на опорных постах города. В 2017 г., после восстановления наблюдений в полном объеме, уровень загрязнения вновь оценивается как очень высокий [Ежегодник, 2018].

Степень загрязнения воздуха у земной поверхности обуславливается не только количеством и интенсивностью выбрасываемых загрязняющих веществ и параметрами источников, но и пространственно-временными масштабами, зависящими от топографических особенностей и метеорологических условий местности. Долгое время в атмосфере слаженно работал механизм самоочищения, но увеличение объемов антропогенных выбросов привело к невозможности полной нейтрализации загрязнения и, как следствие, формированию высоких концентраций примесей. Предпринимаются различные попытки оценки возможности самоочищения атмосферы – от сложных математических моделей, довольно трудно реализуемых на практике и, скорее всего, представляющих научный интерес, до простых способов, базирующихся на климатических особенностях местности.

Цель работы – рассмотреть имеющиеся простые подходы к оценке возможности атмосферы к рассеянию загрязняющих веществ, акцентировать внимание на их достоинствах и недостатках, а также внести свои конструктивные предложения и дополнения.

История вопроса

В настоящее время усиливающееся загрязнение воздушной среды как от местных источников, так и за счет дальнего переноса («подарок» соседних стран) все чаще тревожит человечество. Ресурсы самоочищения небезграничны. В зарубежных странах этот вопрос стал рассматриваться практически с конца 50-х – начала 60-х гг. прошлого столетия [Niemeyer, 1960; Holzworth, 1970]. Авторы называли показатель APP (Air Pollution Potential – потенциал загрязнения атмосферы), или PPA (Potential of Air Pollution), подразумевая под ним меру атмосферных условий, которые не в состоянии разбавлять или переносить загрязнители независимо от наличия источников.

В нашей стране, пожалуй, впервые попытка связать климатические условия местности с возможностью рассеяния загрязнителей, выбрасываемых в атмосферу антропогенными источниками, сделана в работе [Крючков, 1979]. В предлагаемой методике применялись среднегодовые значения: скорость ветра, количество осадков, повторяемость штилей. Недостаток методики заключается в необоснованности выбранных ограничений для сделанных выводов – например, утверждения: при среднегодовой скорости ветра менее 3 м/с, повторяемости штилей 50–75 % и сумме осадков менее 300 мм в год самоочищение атмосферы не происходит; при скорости ветра 3–5 м/с, повторяемости штилей 30–50 % и годовом количестве осадков 300–450 мм условия самоочищения атмосферы оценивались как средние, а выше указанных параметров – хорошие. Следует отметить, что при использовании этой методики можно столкнуться с трудностью (неопределенностью) оценки, если отдельные метеопараметры войдут не в указанные классы градаций.

В дальнейшем потенциал загрязнения атмосферы (ПЗА) получил широкое распространение [Безуглая, 1980; Muller, Jackson, 1985] с различными вариациями расчетных формул. Так, ПЗА, разработанный в Главной геофизической обсерватории им. А. И. Войкова [Безуглая, 1980], показывает, во сколько раз средний уровень загрязнения воздуха в конкретном районе будет выше, чем в условном при заданных выбросах. За условный принимается район с минимальными выбросами. При этом, чем меньше значение ПЗА, тем способность к самоочищению у атмосферы выше. Для расчета ПЗА используется информация о среднегодовых значениях: повторяемость приземных инверсий температуры, скорости ветра 0–1 м/с, застоев воздуха и количества часов с туманом (табл. 1), т. е. факторов, способствующих только накоплению вредных примесей в атмосфере.

Таблица 1

Средние годовые значения климатических параметров, определяющих ПЗА
[Климатические характеристики условий ... , 1983]

Потенциал загрязнения атмосферы	Значения ПЗА	Приземные инверсии			Повторяемость, %		Высота слоя переминовения, км	Продолжительность туманов, ч
		повторяемость, %	мощность, км	интенсивность, °С	скорости ветра 0–1 м/с	застоев воздуха		
Низкий	< 2,4	20–30	0,3–0,4	2–3	10–20	5–10	0,7–0,8	80–350
Умеренный	2,4–2,7	30–40	0,4–0,5	3–5	20–30	7–12	0,8–1,0	100–550
Повышенный: континентальный район морской район	2,7–3,0	30–45	0,3–0,6	2–6	20–40	8–18	0,7–1,0	100–600
		30–45	0,3–0,7	2–6	10–30	10–25	0,4–1,1	100–800
Высокий	3,0–3,3	40–50	0,3–0,7	3–6	30–60	10–30	0,7–1,6	50–200
Очень высокий	> 3,3	40–60	0,3–0,9	3–10	50–70	20–45	0,8–1,6	10–600

Замечание. Следует указать на недостатки таблицы – это совпадение верхних и нижних значений предлагаемых интервалов разбиения, а также явно прослеживающаяся система вложенности интервалов, что приводит к неоднозначности отнесения характеристик к тому или иному интервалу.

Как известно, на распространение примеси также влияют упорядоченные вертикальные движения, обусловленные неоднородностью подстилающей поверхности. В ряде работ при расчетах учитывают максимальные высоты смешивания [Viswanadham, Santosh, 1989; Gassmann, Mazzeo, 2000], пытаются связать топографию с климатическими особенностями [Yu, Cai, Xu, Song, 2018]. В отрицательных формах рельефа воздух застаивается, что приводит к накоплению вредных веществ вблизи подстилающей поверхности (особенно от низких источников выбросов). В связи с этим для районов со сложной орографией предложена методика расчета ПЗА с учетом теплосбалансовых измерений [Grigorjan, 1987].

Для расчета ПЗА необходимы аэрологические данные, но сеть аэрологических станций на территории Российской Федерации очень редка. Поэтому ПЗА трудно использовать в оперативной практике, а повторяемость инверсий и застоев воздуха часто рассчитывают по эмпирическим форму-

лам. Тем не менее значения ПЗА применяют во всех нормативных документах для учета климатических факторов при строительстве промышленных объектов, разработке территориальных комплексных схем охраны окружающей среды.

Необходимо отметить, что некоторые авторы [Lu, Deng, Liu, Hwang, Shi, 2012; Tyer, Ernest, 2013; Abiye, Akinoba, 2016] называют ПЗА коэффициентом вентиляции.

Почти одновременно авторами Т. С. Селегей и И. П. Юрченко [Селегей, Юрченко, 1990] предложен достаточно простой способ расчета метеорологического потенциала атмосферы (МПА). Этот метод учитывает факторы, способствующие как загрязнению атмосферы, так и ее самоочищению. В расчетной формуле используется информация, имеющаяся на любой станции сети Росгидромета, на основе которой можно рассчитать повторяемости: малых скоростей ветра 0–1 м/с и ветра более 6 м/с, осадков более 0,5 мм в сутки, а также дней с туманом. При МПА < 1 преобладают процессы, благоприятствующие очищению атмосферы. При МПА > 1, наоборот, распространены процессы, способствующие накоплению вредных примесей. Несмотря на одобрение специалистами представленного метода, его подвергают критике из-за несоответствия названия показателя его смыслу [Переведенцев, Хабутдинов, 2012] и недостаточной обоснованности вариативных интервалов показателя.

Практически тот же алгоритм пополнялся набором метеорологических величин, которые, по мнению предлагавших, позволяли более корректно учесть условия накопления и рассеяния примесей в атмосфере. Появилось название – «климатический потенциал самоочищения атмосферы» (КПСА) [Линевиц, Сорокина, 1992; Сорокина, 1995]. В качестве факторов, способствующих накоплению примесей в атмосфере, использовались средние многолетние значения числа дней с туманом, относительной влажностью более 80 % и штилем, а вызывающих рассеяние, – число дней с ветром более 15 м/с и осадками ≥ 5 мм. Преимущество метода состоит в нормировании, которое позволяет оценить роль каждого фактора в их совместном влиянии на загрязнение атмосферного воздуха.

Метеорологический параметр загрязнения (МПЗ) был предложен в работе И. Н. Кузнецовой [2012]. Параметр основан на учете интенсивности вертикального и горизонтального обменов, вымывания примесей осадками и конкретной синоптической обстановке. К сожалению, МПЗ является локальным параметром и может использоваться лишь для прогноза загрязнения воздуха в Москве и Московской области.

В 2015 г. Т. С. Селегей с соавторами [Селегей, Филоненко, Ленковская, 2015] решили усовершенствовать методику определения метеорологического потенциала атмосферы и изменить прежнее название на новое – «метеорологический потенциал загрязнения атмосферы» (МПЗА). На примере Западной Сибири было проведено уточнение интервалов вариации расчетного индекса по МПЗА, согласно которому: при МПЗА < 0,8 складываются неблагоприятные условия для рассеяния примесей; при $0,8 \leq \text{МПЗА} < 1,2$ от-

мечается буферная зона или зона риска, в которой с одинаковой вероятностью могут иметь место процессы, способствующие как загрязнению, так самоочищению; показатели $1,2 \leq \text{МПЗА} < 2,4$ и $\text{МПЗА} \geq 2,4$ соответствуют неблагоприятным и крайне неблагоприятным условиям для рассеяния примесей.

Из-за сокращения пунктов и частоты аэрологического зондирования атмосферы учет информации о температурных инверсиях для расчета МПЗА не представляется возможным. В настоящее время аэрологическая сеть Росгидромета включает только 115 станций аэрологического зондирования¹. Кроме того, по мнению авторов, использование информации об инверсионном распределении температуры нецелесообразно, так как факторы термического вертикального перемешивания примесей в приземном слое уже учтены через повторяемость штилей и число дней с туманом. Например, в Западной Сибири в 75–90 % случаев эти факторы сопровождаются инверсиями [Селегей, Филоненко, Ленковская, 2015].

Математические модели по определению потенциала загрязнения атмосферного воздуха весьма перспективны, но в настоящее время служба Росгидромета не способна наполнять такие модели оперативными данными. Поэтому наибольшее распространение получили методики, использующие доступную метеорологическую информацию, а потому легко адаптирующиеся для любой территории.

Дискуссия

Итак, проанализировав различные подходы к анализу рассеивающей способности атмосферы, видим, что путаницу могут вызвать не только аббревиатуры – ПЗА, МПА, КПСА, МПЗ, МПЗА, но и смысловая нагрузка каждой из них. В принципе, интерес представляют прежде всего процессы самоочищения, т. е. возможность атмосферы справляться с нагрузкой антропогенного и естественного происхождения. Это необходимо и для селитебных зон, и для особо охраняемых территорий и пр. Поэтому, возможно, более правильно было бы оперировать определением «потенциал самоочищения атмосферы» (ПСА), в котором само понятие «атмосфера» уже включает оперируемые метеорологические характеристики. Авторы статьи попытались более правильно математически обосновать постановку вопроса о потенциале атмосферы к самоочищению, сравнить с результатами расчета по другим формулам, провести анализ.

Исходные данные и их анализ

В качестве исходных данных для расчета потенциала рассеивающей способности атмосферы г. Иркутска были привлечены данные метеорологических наблюдений за период с 1966 по 2017 г., находящиеся в свободном доступе на сайте архива Всероссийского научно-исследовательского инсти-

¹ Методическое письмо об итогах работы в 2012 г. функционирующей сети «МРЛ-штормоповещения» и сети доплеровских метеорологических радиолокаторов с диапазона (ДМРЛ-С), создаваемой в рамках ФЦП. СПб., 2013.

туда гидрометеорологической информации – Мирового центра данных (meteo.ru). Временные ряды были составлены по 8-срочным наблюдениям за скоростью ветра, атмосферными явлениями и количеством осадков. Для выделения числа случаев с туманами была использована характеристика «погода между сроками».

Рассматриваемый временной отрезок (52 года) был разбит условно на два периода по 26 лет каждый: 1966–1991 и 1992–2017. Анализ (рис. 1) показал, что за последний период (1992–2017) произошел сдвиг среднемесячной повторяемости штилей примерно на 6 % в сторону увеличения (см. рис. 1, а), соответственно, повторяемость сильных ветров (не менее 6 м/с) сократилась (см. рис. 1, б). Такой систематический сдвиг, вероятно, обусловлен, например, городской застройкой в окрестностях метеостанции, подросшими деревьями, т. е. характеристики ветра сильно зависят от локальных условий местности. Полученные результаты свидетельствуют о снижении способности атмосферы к самоочищению.

Авторы также проанализировали несколько другую ситуацию, отнеся к слабым ветрам интервал 0–3 м/с и к существенным – не менее 4 м/с (рис. 2), что привело практически к тем же выводам.

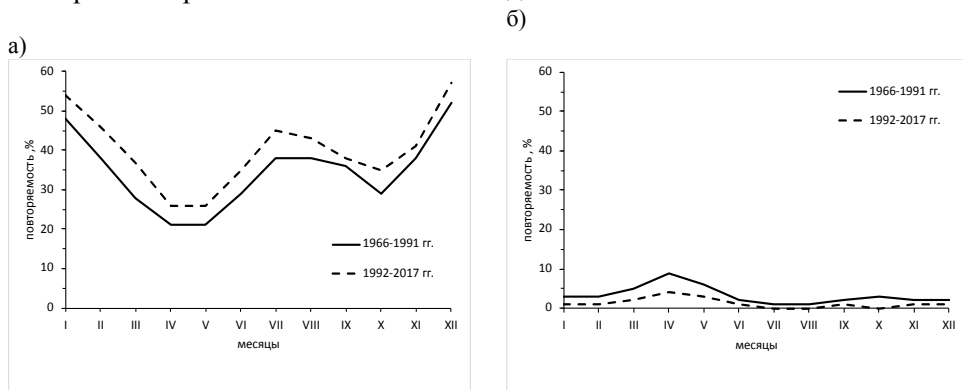


Рис. 1. Динамика повторяемостей (%) ветровых ситуаций в г. Иркутске за два периода: а) штилей (0–1 м/с); б) сильных ветров (≥ 6 м/с)

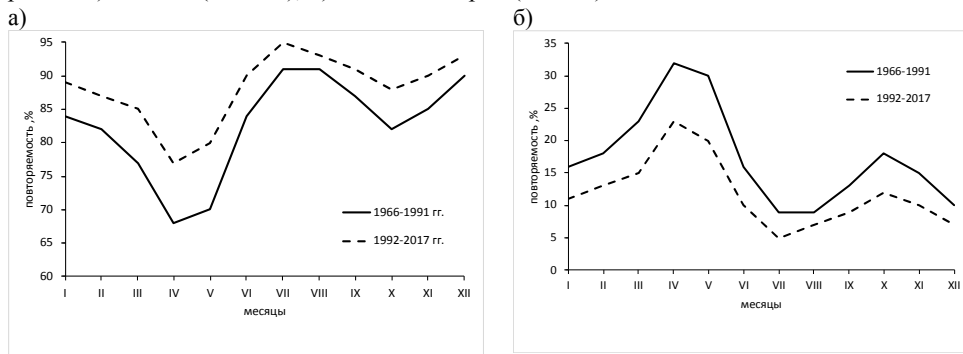


Рис. 2. Динамика повторяемостей (%) ветровых ситуаций в г. Иркутске за два периода: а) слабых (0–3 м/с) и б) существенных ветров (≥ 4 м/с)

Обусловленная Сибирским антициклоном штилевая ситуация имеет место в основном в зимний период, а циклоническая деятельность наиболее проявляется в апреле-мае, что наглядно демонстрируется для месяцев-представителей – января и мая (рис. 3, соответственно *а, б*).

Следует отметить, что разработка МПА была проведена на основе материалов наблюдений на станциях, расположенных на территории Западной Сибири. Эта часть Сибири значительно отличается по ветровому режиму от условий г. Иркутска. Средняя скорость ветра в Иркутске небольшая и составляет, по многолетним данным, 2,3 м/с, в то время как для Томска и Огурцово она равна 3,6 и 3,8 м/с соответственно.

Попробуем сравнить ветровую ситуацию Иркутска с данными пунктов Томска и Огурцово, для которых проводились расчеты Т. С. Селегей и И. П. Юрченко (рис. 4).

Видим, что если для Иркутска следовать рекомендациям [Селегей, Юрченко, 1990] использования ветровой информации 0–1 м/с и не менее 6 м/с, то более половины данных вообще оказывается не учтенной (см. рис. 4, *а*). Если принять во внимание слабые ветра (0–3 м/с) и существенные (ощутимые) – от 4 м/с, то в расчетах будет участвовать весь диапазон данных о ветре (см. рис. 4, *б*).

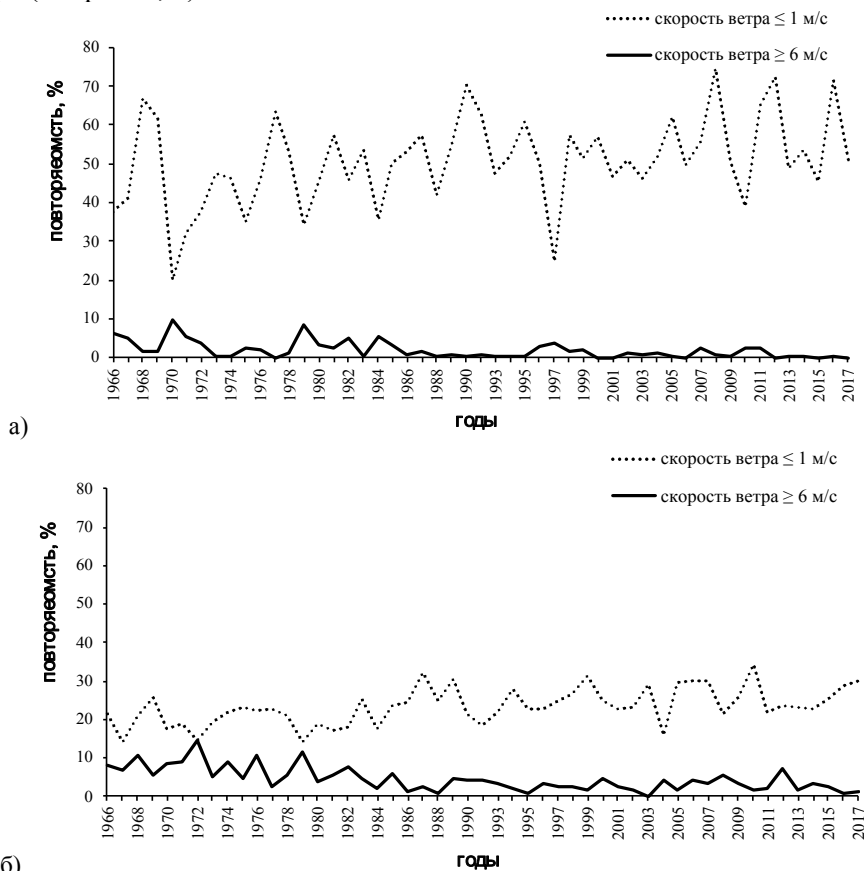


Рис. 3. Многолетняя динамика повторяемостей слабых и сильных ветров: *а)* в январе, *б)* в мае

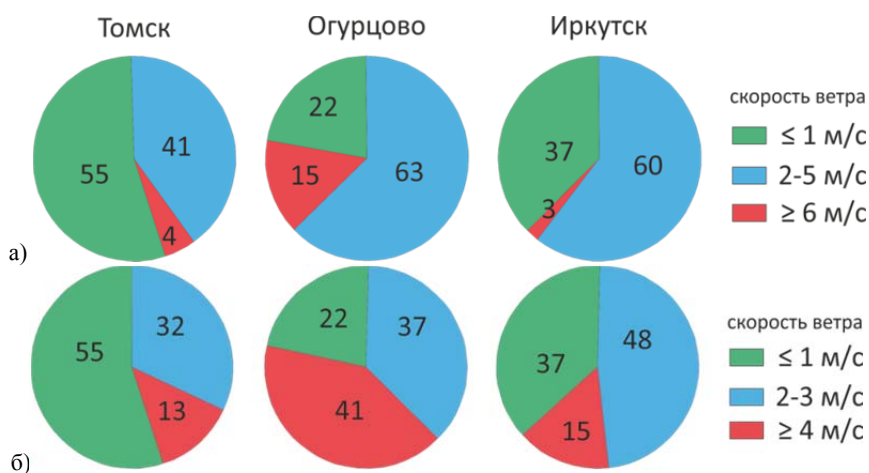


Рис. 4. Среднегодовое распределение скорости ветра по различным градациям

Предлагаемые варианты расчета потенциала самоочищения атмосферы

Согласно методике Т. С. Селегей и И. П. Юрченко, расчет ведется по формуле:

$$МПА = \frac{P_u + P_m}{P_o + P_e}, \quad (1)$$

где P_u – повторяемость случаев со скоростью ветра 0–1 м/с, P_m – повторяемость дней с туманом, P_o – повторяемость дней с осадками более 0,5 мм, P_e – повторяемость случаев со скоростью ветра ≥ 6 м/с (%). Эффект накопления загрязняющих примесей в атмосфере усиливают туманы, в некоторых случаях увеличивая токсичность примесей. Как видим, одним из основных метеорологических параметров, способствующих накоплению вредных ингредиентов в слое воздуха, является повторяемость ветров малых скоростей (0–1 м/с). В качестве факторов, благоприятствующих очищению атмосферного воздуха, предлагается считать повторяемость дней с осадками и сильным ветром (не менее 6 м/с), способным вынести вредные примеси из очага загрязнения. Это обусловлено тем, что в промышленном городе обычно существует два максимума роста концентраций загрязняющих веществ: один при ветрах 0–1 м/с за счет выбросов многочисленных низких источников, другой при ветрах 4–6 м/с за счет выбросов высоких источников. Для осадков, способных очистить атмосферу от загрязнения, предлагается величина 0,5 мм и более в сутки, при которой возможно «прибить» придорожную пыль и другие аэрозоли.

Поскольку записанная таким образом формула характеризует условия накопления примесей, а не рассеяния, было решено для сравнения совместимости с нашими расчетами в формуле (1) поменять местами числитель и знаменатель, т. е. в качестве метеорологического потенциала атмосферы использовать величину $1/МПА$. Далее, основываясь на полученных результатах (см. рис. 4),

в качестве условий, неблагоприятных для рассеяния примесей, принять ветер 0–3 м/с, а благоприятствующих – ветер не менее 4 м/с. Следуя правилам теории вероятностей, предлагаемый индекс ПСА записать через обобщенную формулу сложения вероятностей с учетом таких понятий, как совместные и несовместные, зависимые и независимые события, относя, например, возможность совместных осадков P_o и существенного ветра P_e к независимым событиям, а возможность совместных слабых ветров P_{cl} и туманов P_m – к зависимым событиям с учетом условных вероятностей $P_{T/cl}$ (вероятность возникновения туманов при условии, что был слабый ветер).

Поэтому формула для расчета ПСА несколько усложняется по сравнению с (1):

$$PSA = \frac{P_o + P_e - P_o \cdot P_e}{P_{cl} + P_m - P_{cl} \cdot P_{m/cl}} \quad (2)$$

Сравним расчеты (табл. 2) для г. Иркутска, выполненные по формулам (1) и (2), принимая критерии, используемые в (1), т. е. $P_e \geq 6$ м/с, $P_{cl} = P_{m}$. Анализ показывает, что при правильной математической постановке задачи учет вклада дополнительных слагаемых в (2) для Иркутска очень мал. Поэтому для облегчения практических расчетов можно пользоваться (1).

Таблица 2

Среднемесячные значения: 1/МПА и ПСА
в г. Иркутске за период 1966–2017 гг.

Критерии	Месяцы											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1/МПА	0,43	0,43	0,63	1,17	1,26	0,88	0,68	0,56	0,57	0,62	0,54	0,38
ПСА	0,43	0,42	0,62	1,11	1,21	0,87	0,69	0,57	0,58	0,61	0,54	0,40
Число случаев, способствующих самоочищению атмосферы	1	3	8	25	31	11	4	1	3	4	0	1

Результаты расчетов (см. табл. 2) показали, что Иркутск расположен в зоне развития процессов, способствующих накоплению в воздухе загрязняющих примесей. В целом за весь рассмотренный период (52 года) зафиксировано лишь 14,9 % случаев с атмосферными процессами, благоприятствующими очищению атмосферы.

Далее выясним, насколько учет слагаемых в (2), отражающих совместность и несовместность, зависимость и независимость событий, влияет на индекс самоочищения (табл. 3). ПСА_{сокр} рассчитан при градациях слабых ветров (0–3 м/с) и существенных (не менее 4 м/с), без учета последних слагаемых в числителе и знаменателе. ПСА найден при тех же ветровых градациях, но по полной формуле (2). Сравнение ПСА и ПСА_{сокр} (см. табл. 3), так же как и сравнение 1/МПА с ПСА (см. табл. 2), показывает, что для Иркутска вклад дополнительно введенных слагаемых несущественен, при этом значения индексов по формуле (2) занижены по сравнению с (1).

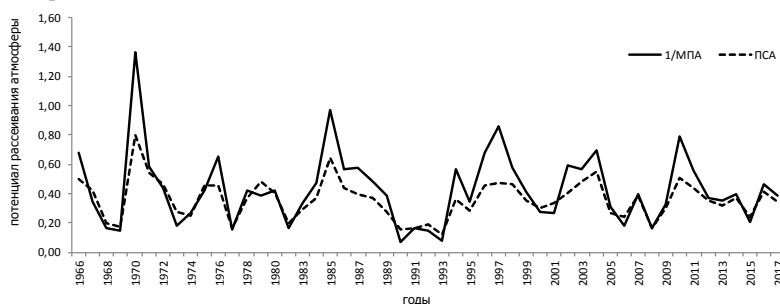
Таблица 3

Среднемесячные значения метеорологического потенциала самоочищения атмосферы в г. Иркутске

Критерии	Месяцы											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1/МПА	0,43	0,43	0,63	1,17	1,26	0,88	0,68	0,56	0,57	0,62	0,54	0,38
ПСА _{сокр}	0,38	0,37	0,44	0,66	0,68	0,49	0,42	0,38	0,39	0,40	0,38	0,32
ПСА	0,36	0,33	0,40	0,59	0,60	0,45	0,41	0,37	0,38	0,36	0,37	0,32

Данные таблицы позволили выделить для Иркутска месяцы, благоприятные и неблагоприятные для рассеяния примесей. Так, в мае преобладают процессы, способствующие очищению атмосферы, а в феврале – накоплению примесей. Многолетняя динамика коэффициентов самоочищения атмосферы представлена на рис. 5.

а) январь



б) май

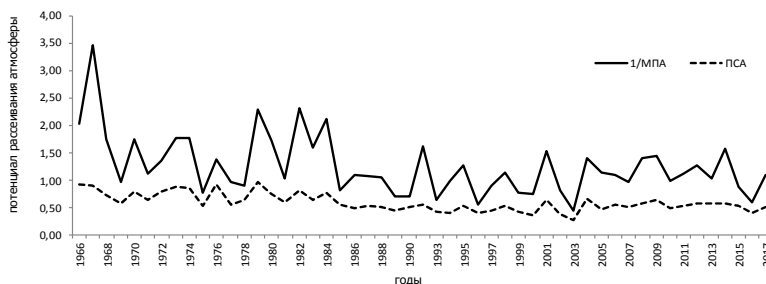


Рис. 5. Многолетняя динамика коэффициентов самоочищения атмосферы в г. Иркутске

Заключение

Проведены сравнительные оценки возможности самоочищения атмосферы в Иркутске. Показано, что количество штительных ситуаций в последние годы возросло. При расчетах учетом вклада совместных реализаций слабых ветров и туманов можно пренебречь в связи с их малой повторяемостью в Иркутске.

Список литературы

- Безуглая Э. Ю.* Метеорологический потенциал и климатические особенности загрязнения воздуха городов. Л. : Гидрометеоздат, 1980. 184 с.
- Ежегодник. Состояние загрязнения атмосферы в городах на территории России за 2017 г. СПб. : Росгидромет, 2018. 233 с.
- Климатические характеристики условий распространения примесей в атмосфере : справ. пособие / под ред. Э. Ю. Безуглой, М. Е. Берлянда. Л. : Гидрометеоздат, 1983. 328 с.
- Крючков В. В.* Природа и человек. М. : Наука, 1979. 127 с.
- Кузнецова И. Н.* Особенности атмосферных процессов, влияющих на загрязнение воздуха в Московском регионе, и методы их краткосрочного прогноза : автореф. ... д-ра геогр. наук. М., 2012. 41 с.
- Линевич Н. Л., Сорокина Л. П.* Климатический потенциал самоочищения атмосферы: опыт разномасштабной оценки // География и природ. ресурсы. 1992. № 4. С. 160–165.
- Переведенцев Ю. П., Хабутдинов Ю. Г.* Метеорологический потенциал самоочищения и качество атмосферного воздуха в Казани в последние десятилетия // Вестн. Удмурд. ун-та. 2012. Вып. 3. С. 23–28.
- Селегей Т. С., Филоненко Н. Н., Ленковская Т. Н.* О методике определения метеорологического потенциала загрязнения атмосферы // Оптика атмосферы и океана. 2015. Т. 28, № 8. С. 725–729.
- Селегей Т. С., Юрченко И. П.* Потенциал рассеивающей способности атмосферы // География и природ. ресурсы. 1990. № 2. С. 132–137.
- Сорокина Л. П.* Климатические аспекты формирования экологических проблем в Восточной Сибири // География и природ. ресурсы. 1995. № 3. С. 51–58.
- Atmospheric ventilation corridors and coefficients for pollution plume released from an Industrial Facility in Ile-Ife Suburb Nigeria / O. E. Abiye, O. E. Akinoba, L. A. Sunmonu, A. I. Ajao, M. A. Ayoola // African Journal of Environmental Science and Technology. 2016. Vol. 10, N 10. P. 338–349. <https://dx.doi.org/10.5897/AJEST2016.2128>.
- Gassmann M., Mazzeo N.* Air pollution potential: Regional study in Argentina // Environ manage. 2000. N 25(4). P. 375–382. <https://doi.org/10.1007/s002679910>.
- Grigorjan A. W.* Untersuchung des Verunreinigungspotentials Zeitschrift fur Meteorologie. 1987. Bd 37, Ht 4.
- Holzworth G.* Meteorological potential for urban air pollution in the United States. Proceedings of the 2nd Clean Air Congress, Washington, 1970. New York, 1971. P. 1076–1080.
- Characteristics of ventilation coefficient and its impact on urban air pollution / C. Lu, Q. Deng, W. Liu, B. Huang, L. Shi // Journal on Central South University. 2012. Vol. 19, is. 3. P. 615–622. <https://doi.org/10.1007/s11771-012-1047-9>.
- Muller R., Jackson A.* Estimates of climatic air quality potential at Shreveport, Louisiana // Iclim. and Appl. Meteorol. 1985. Vol. 24, N 4. P. 293–301.
- Niemeyer L.* Forecasting air pollution potential // Mon: Wea. Rev. 1960. Vol. 88. P. 88–96.
- Tyer U, Ernest R.* Ventilation coefficient trends in the recent decades over four major Indian // Ears System Science. 2013. Vol. 122, is. 2. P. 537–549. <https://doi.org/10.1007/s12040-013-0270-6>.
- Viswanadham D., Santosh K.* Air pollution potential over South India // Bondary-Layer Meteorology. 1989. Vol. 48, is. 3. P. 299–313. <https://doi.org/10.1007/BF00158330>.
- A climatological study of air pollution potential in China / M. Yu, X. Cai, C. Xu, Yu. Song // Theoretical and Applied Climatology. 2018. P. 1–12. <https://doi.org/10.1007/s00704-018-2511-8>.

Atmospheric Self-Purification Potential

A. V. Arguchintseva, E. A. Kochugova

Irkutsk State University, Irkutsk

Abstract. The article deals with the history of the question (since the middle of the last century) about the possibilities of self-purification (airing) or air pollution. The advantages and disadvantages of the proposed evaluation indices are discussed. It is noted that almost all the authors, both foreign and domestic, draw conclusions about the deterioration of the conditions of self-purification. This is probably due to changes in climatic conditions, provided that the anthropogenic load is constantly increasing. The comparison of stable wind characteristics for separate regions of Western Siberia and Irkutsk is given. For Irkutsk, a different gradation and a slightly different record of the formula for calculating the potential of self-purification of the atmosphere are proposed, based on the correctness of its use from the point of view of the foundations of probability theory. The comparison of calculated indices performed by different methods is carried out. Reasonable conclusions are drawn.

Keywords: potential of self-purification of the atmosphere, review of types of approaches, Irkutsk.

For citation: Arguchintseva A.V., Kochugova E.A. Atmospheric Self-Purification Potential. *The Bulletin of Irkutsk State University. Series Earth Sciences*, 2019, vol. 27, pp. 3-15. <https://doi.org/10.26516/2073-3402.2019.27.3> (in Russian)

References

Bezuglaya E.Yu. *Meteorologicheskii potentsial i klimaticheskie osobennosti zagryazneniya vozduha gorodov* [Meteorological potential and climatic features of the cities air pollution]. Leningrad, Hydrometizdat Publ., 1980, 184 p. (in Russian)

Ezhegodnik. Sostoyanie zagryazneniya atmosfery v gorodakh na territorii Rossii za 2017 god [Year almanac. Condition of pollution of the atmosphere in cities on the territory of Russian for 2017]. Saint-Peterburg, GGO Publ., 2018, 233 p. (in Russian)

Bezuglaya E.Y., Berlyand M.E. (eds.). *Klimaticheskie karakteristiki uslovij raspriyazneniya primesej v atmosfere : sprav. posobie* [Climatic characteristics of the conditions of impurity propagation in the atmosphere: reference book]. Leningrad, Gidrometeoizdat Publ., 1983, 328 p. (in Russian)

Kryuchkov V.V. *Priroda i chelovek* [Nature and person]. Moscow, Science Publ., 1979, 127 p. (in Russian)

Kuznezova I.N. *Osobennosti atmosferynykh prozessov, vliyayushchih na zagryaznenie vosduha v moskovskom regione, i metody ih kratkosrochnogo prognoza. Avtoref. dis. ...doctor geogr. Nauk* [Features of atmospheric processes affecting air pollution in Moscow region, and methods of their short-term forecast. Doctor sci. diss. abstr.]. Moscow, 2012, 41 p. (in Russian)

Linevich N.L., Sorokina L.P. *Klimaticheskie potentsialy samoochishcheniya atmosfery: opyt raznomashtabnoi ozenki* [Climatic potential of the atmosphere autopurification: experience of different-scale evaluation]. *Geografya i prirodnye resursy* [Geography and natural resources], 1992, no. 4, pp. 160-165. (in Russian)

Perevedentsev Yu.P., Khabutdinov Yu.G. *Meteorologicheskii potentsial samoochishcheniya i kachestvo atmosfernogo vozduha v Kasani v poslednie desyatiletia* [Meteorological potential of autopurification and quality of atmospheric air in Kazan in the last decades]. *Vestnik Udmurtskogo universiteta* [The bulletin of Udmurtskij university], 2012, issue 3, pp. 23-28. (in Russian)

Seleguei T.S., Filonenko N.N., Lenkovskaya T.N. *O metodike opredeleniya meteorologicheskogo potentsiala zagryazneniya atmosfery* [On the method of determining meteorological air pollution potential]. *Optika atmosfery i okeana* [Optics of the atmosphere and ocean], 2015, vol. 28, no. 8, pp. 725-729. (in Russian)

Seleguei T.S., Yurchenko I.P. *Potenzial rasseivayushchei sposobnosti atmosfery* [The potential of the atmosphere to dissipation]. *Geografya i prirodnye resursy* [Geography and natural resources], 1990, no. 2, pp. 132-137. (in Russian)

Sorokina L.P. *Klimaticheskie aspekty formirovaniya ekologicheskikh problem v Vostochnoi Sibiri* [Climatic aspects of the formation of environmental problems in Eastern Siberia]. *Geografya i prirodnye resursy* [Geography and natural resources], 1995, no. 3, pp. 51-58. (in Russian)

Abiye O.E., O.E., Akinoba O.E., Sunmonu L.A., Ajao A.I., Ayoola M. A. Atmospheric ventilation corridors and coefficients for pollution plume released from an Industrial Facility in Ile-Ife Suburb Nigeria. *African Journal of Environmental Science and Technology*, 2016, vol. 10, no. 10, pp. 338-349. <https://dx.doi.org/10.5897/AJEST2016.2128>.

Gassmann M., Mazzeo N. Air pollution potential: Regional study in Argentina. *Environ manage*, 2000, no. 25(4), pp. 375-382. <https://doi.org/10.1007/s002679910>.

Grigorjan A.W. Untersuchunq des Verunreiniquqspotentials Zeitschrift fur Meteorologie. 1987. Bd 37, Ht 4.

Holzworth G. Meteorological potential for urban air pollution in the United States. *Proceedings of the 2nd Clean Air Congress, Washington, 1970*, New York, 1971, pp. 1076-1080.

Lu C., Deng Q., Liu W., Huang B., Shi L. Characteristics of ventilation coefficient and its impact on urban air pollution. *Journal on Central South University*, 2012, vol. 19, issue 3, pp. 615-622. <https://doi.org/10.1007/s11771-012-1047-9>.

Muller R., Jackson A. Estimates of climatic air quality potential at Shreveport, Louisiana/ *Iclim. and Appl. Meteorol.*, 1985, vol. 24, no. 4, pp. 293-301.

Niemeyer L. Forecasting air pollution potential. *Mon. Wea. Rev.*, 1960, vol. 88, pp. 88-96.

Tyer U, Ernest R. Ventilation coefficient trends in the recent decades over four major Indian. *Ears System Science*, 2013, vol. 122, iss. 2, pp. 537-549. <https://doi.org/10.1007/s12040-013-0270-6>.

Viswanadham D., Santosh K. Air pollution potential over South India. *Bondary-Layer Meteorology*, 1989, vol. 48, issue 3, pp. 299-313. <https://doi.org/10.1007/BF00158330>.

Yu M., Cai X., Xu C., Song Yu. A climatological study of air pollution potential in China. *Theoretical and Applied Climatology*, 2018, pp. 1-12. <https://doi.org/10.1007/s0070-4-018-2511-8>.

Аргучинцева Алла Вячеславовна

доктор технических наук, профессор,
кафедра гидрологии и природопользования
Иркутский государственный университет
Россия, 664003, г. Иркутск, ул. К. Маркса, 1
тел.: (3952) 52-10-88, 52-10-72
e-mail: arg@math.isu.ru

Аргучинцева Алла Вячеславовна

Doctor of Science (Technical), Professor,
Department of Hydrology and Environment
Irkutsk State University
1, K. Marx st., Irkutsk, 664003,
Russian Federation
tel.: (3952) 52-10-88, 52-10-72
e-mail: arg@math.isu.ru

Кочугова Елена Александровна

кандидат географических наук, доцент
кафедра метеорологии и охраны
атмосферы
Иркутский государственный университет
Россия, 664003, г. Иркутск, ул. К. Маркса, 1
тел.: (3952) 52-10-94
e-mail: kochugovae@mail.ru

Kochugova Elena Alexandrovna

Candidate of Science (Geography),
Associate Professor
Department of Meteorology
and Protection of Atmosphere
Irkutsk State University
1, K. Marx st., Irkutsk, 664003,
Russian Federation
tel.: (3952) 52-10-94
e-mail: kochugovae@mail.ru

Дата поступления: 11.02.2019

Received: February, 11, 2019