

**А.А. Кабдыкадыров<sup>1</sup>, О.А. Зубова<sup>2</sup>, Г.А. Муканова<sup>3</sup>,  
М.М. Даулетбаева<sup>4</sup>, Н.В. Воронова<sup>5</sup>**

<sup>1,2,3,4,5</sup> Казахский национальный университет им. аль-Фараби,  
г. Алматы, Республика Казахстан

## **КЛИМАТИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ САМООЧИЩЕНИЯ АТМОСФЕРЫ В Г. УСТЬ-КАМЕНОГОРСКЕ**

**Аннотация.** В статье проведен анализ условий влияния метеорологических и климатических факторов на уровень загрязнения атмосферы, способствующих самоочищению атмосферы от загрязняющих веществ в промышленных центрах, на примере г. Усть-Каменогорск. Рассмотрены методики по расчету метеорологического потенциала рассеивания примесей и самоочищения атмосферы от загрязняющих веществ. Рассчитаны параметры климатического потенциала рассеивающей способности атмосферы в Усть-Каменогорске. Проведенная работа способствует дальнейшему анализу региональной оценки экологического состояния атмосферы крупных промышленных центров.

**Ключевые слова:** метеорологический потенциал самоочищения атмосферы, метеорологические условия, климат, приземные инверсии, загрязняющие вещества, примеси.

### **Введение**

Ежегодно в г. Усть-Каменогорск концентрация вредных примесей в воздушном пространстве остается на высоком уровне загрязнения. По данной причине ежегодно Усть-Каменогорск входит в список самых загрязненных городов Казахстана. В атмосферный воздух города поступают загрязняющие вещества от местных производственных предприятий, поэтому воздушная среда находится на грани сильной антропогенной нагрузки. Проблемы качества воздушной среды в Усть-Каменогорске являются актуальными [1].

По данным Департамента статистики по г. Усть-Каменогорску количество источников составило 6023, из них: организованных – 3293, оборудованных очистными сооружениями – 712. В городе имеется большое число техногенных загрязнителей, среди которых можно выделить автотранспорт, частные территории, а также промышленные предприятия [2]. Среди промышленных отраслей главными источниками загрязнения атмосферного воздуха являются такие крупные предприятия как: ТОО «Казцинк», АО Ульбинский металлургический завод, Усть-Каменогорская ТЭЦ, Согринская ТЭЦ, АО «УМЗ», АО «УК ТМК». Аналогичные негативные факторы, способствующие росту приземных концентраций в атмосферном воздухе, имеются, к примеру, и в г. Алматы, это – выбросы от большого количества автотранспорта, наличие производственных предприятий и теплоэлектростанции в пределах городской черты, физико-географическое положение г. Алматы, влияющее на местные метеорологические процессы. Анализ и расчеты в данной статье могут быть применены и для других городов Казахстана, для оценки местного климатического потенциала рассеивающей способности атмосферы, конечно же, с учетом их локальных климатических особенностей.

При оценке эффективности мероприятий по защите и дальнейшей охране атмосферного воздуха необходимо учитывать существенное влияние метеорологических факторов на формирование уровня загрязнения. Имеется крепкая связь между метеорологическими факторами и качеством атмосферного воздуха. С одной стороны, влияют условия нарушения однородности метеорологических полей, физических особенностей подстилающей поверхности, и с другой, когда невозможно получить детерминированные закономерности, возможен путь статистического анализа фактических и климатических данных наблюдений [3, 4].

### Методы исследования и материалы

Одним из наиболее применяемых на практике методов по оценке самоочищения атмосферы от примесей получил потенциал загрязнения атмосферы (ПЗА). Данный метод представляет собой отношение средних уровней концентраций вредных веществ при фактических выбросах в конкретном и условном регионе. Данный параметр показывает, во сколько раз средний уровень загрязнения воздуха будет выше, чем в условном, который обусловлен реальной повторяемостью метеорологических параметров, в изучаемом регионе. Потенциал загрязнения атмосферы включает в себя наличие слабых скоростей ветра, застоев воздуха, туманов, повторяемость приземных температурных инверсий. Этот коэффициент противоположен рассеивающей способности атмосферы (РСА). Чем больше РСА, тем меньше ПЗА. В этом методе учитываются лишь условия, способствующие накоплению загрязнителей, при этом не рассматриваются процессы их дальнейшего рассеивания в атмосферном воздухе, что и является недостатком данного метода [5].

Селегей Т.С. предложил понятие метеорологического и климатического потенциала рассеивающей способности атмосферы (МПА и КПА), определяемого по формуле:

$$\text{МПА (КПА)} = \frac{(P_{\text{ш}}+P_{\text{т}})}{(P_{\text{о}}+P_{\text{в}})}, \quad (1)$$

где  $P_{\text{ш}}$  – повторяемость скоростей ветра 0-1 м/с;  $P_{\text{т}}$  – повторяемость числа дней с туманом;  $P_{\text{о}}$  – повторяемость числа дней с осадками  $\geq 0,5$  мм;  $P_{\text{в}}$  – повторяемость скоростей ветра  $\geq 6$  м/с.

Чем больше по абсолютной величине МПА, тем хуже условия для рассеивания. Если  $\text{МПА} < 1$ , то в рассматриваемый отрезок времени преобладает повторяемость процессов, способствующих самоочищению атмосферы, в этом случае создаются благоприятные условия для рассеивания. Если  $\text{МПА} > 1$ , то происходит накопление вредных веществ, и формируются условия, препятствующие их рассеиванию; при  $\text{МПА} > 3$  ситуация является крайне неблагоприятной. Формула (1) позволяет рассчитать потенциал самоочищения атмосферы на основе стандартных метеорологических наблюдений. В качестве исходных данных возможно использование многолетних значений метеорологических параметров, что позволит определить климатический потенциал самоочищения атмосферы [6].

Оценка метеорологического потенциала самоочищения атмосферы широко применяется в Сибири и на Дальнем Востоке, где наличие мощных производственных комплексов сочетается с крайне неблагоприятными условиями рассеивания промышленных выбросов. Однако МПА характеризует условия накопления, а не рассеивания. Поэтому целесообразно в расчете применять коэффициент самоочищения атмосферы  $K$ , обратный МПА:

$$K = \frac{1}{\text{МПА}}, \quad (2)$$

Коэффициент самоочищения атмосферы  $K$  рассчитывается как отношение повторяемости процессов, положительно влияющих на удаление примесей из атмосферы, к повторяемости процессов, которые способствуют накоплению загрязняющих веществ в воздухе. В регионах, где число дней с туманами относительно невелико, но при этом высока повторяемость приземных задерживающих слоев (ПЗС), при расчете коэффициента  $K$  желательно учитывать повторяемость ПЗС вместо туманов. В этом случае уравнение (2) примет вид:

$$K = \frac{(P_{\text{в}} + P_{\text{о}})}{(P_{\text{ш}} + P_{\text{ин}})}, \quad (3)$$

где  $P_{\text{ш}}$  – повторяемость скоростей ветра 0-1 м/с;  $P_{\text{ин}}$  – повторяемость приземных задерживающих слоев;  $P_{\text{о}}$  – повторяемость числа дней с осадками  $\geq 0,5$  мм;  $P_{\text{в}}$  – повторяемость скоростей ветра  $\geq 6$  м/с.

При  $K < 0,33$  складываются условия, крайне неблагоприятные для рассеивания, при  $0,33 < K < 0,8$  – неблагоприятные, при  $0,8 < K < 1,25$  – ограниченно благоприятные и при  $K > 1,25$  – благоприятные. Коэффициент  $K$  позволяет оценить вклад метеорологических факторов и их характеристик в формирование уровня загрязнения воздуха [7].

Повторяемость приземных задерживающих слоев (ПЗС) рассчитывается по уравнению регрессии [8]. Это уравнение имеет вид:

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

где  $P_{\text{ин}}$  – повторяемость приземных задерживающих слоев;  $P_{\text{сл}}$  – повторяемость слабых ветров (0-1 м/с).

В работе [9] Аргунчинцева А.В. и Кочугова Е.А. рассматривают различные подходы, основанные на мировом опыте, к оценке потенциала, как загрязнения, так и самоочищения воздушной среды. Ими обсуждаются различные смысловые понятия соответствующих индексов самоочищения и рассеивания в атмосфере, их преимущества и недостатки.

Усть-Каменогорск окружен отрогами горных хребтов высотами до 800-900 м, таким образом, город «открыт» только в северо-западном и, чуть менее, в юго-восточном направлении. Данное положение значительно уменьшает возмож-

ность быстрого непрерывного рассеивания и переноса выбросов вредных примесей от производственных предприятий и автотранспорта за пределы воздушной среды города. Также данная ситуация с низкой степенью продуваемости ухудшается уменьшением площадей лесных насаждений, уплотнением и увеличением количества застроек в городской черте [10].

Ветровой режим является одним из главных метеопараметров, оказывающий свое влияние на перенос и рассеивание токсичных примесей в атмосферном воздухе. При проектировании размещений производственных зданий, учитываются повторяемость направления ветра. Скорость ветра также играет немаловажную роль в переносе примесей. На высотах 11-12 м, в зависимости от градации ветровой скорости, выявляются 2 максимальных значения загрязнения. Первый максимум отмечается при скоростях ветра 0-1 м/с (слабый ветер), а второй при 4-6 м/с. При этом наиболее сильные загрязнения отмечаются при слабых ветрах с наличием приземной температурной инверсии, а при умеренном ветре – с отсутствием инверсии. В городах возможны такие метеорологические ситуации: первая – с повышением скорости ветра при устойчивости атмосферной стратификации уровень концентраций понижается; и вторая – при опасных скоростях ветра, максимальное загрязнение от выбросов отмечается при неустойчивости атмосферной стратификации [11].

Опасными ветрами считаются такие скорости ветра, при которых турбулентное перемешивание переносит загрязняющие вещества с высоких слоев атмосферы в низкие (приземный слой). Также скорость ветра на высоте 0,5-1 км влияет на интенсивность переноса за пределы городской территории токсичных дымовых загрязнений [12].

При слабых ветрах выбросы от низких и неорганизованных источников скапливаются в приземных слоях воздуха, и, тем самым, в городах наблюдаются наибольшие концентрации примесей. Застой воздуха также очень негативно сказывается на качестве воздуха, который образуется при слабых скоростях ветра с наличием приземных температурных инверсий. При застое выбросы вредных примесей не переносятся в верхние слои атмосферы и начинают скапливаться у источников выброса. Увеличение нормированных концентраций загрязнителей происходит при скоростях 4-5 м/с. Тогда как заметное уменьшение приземных концентраций загрязняющих веществ отмечается при скоростях  $\geq 6$  м/с [13].

Приземные температурные инверсии также относятся к неблагоприятным метеоусловиям. Атмосферные температурные инверсии с устойчивой стратификацией, являются задерживающими слоями, которые препятствуют переносу и рассеиванию загрязнителей в атмосферных слоях [14].

По климатическим данным, в Усть-Каменогорске повторяемость ветра градации  $\geq 6$  м/с больше весной, с пиком в апреле и мае до 10,9 %. Что же касается слабых ветров (0-1 м/с), то наибольшие значения повторяемости приходятся на зимнее время, с максимумом в феврале 58,1% (табл. 1).

Таблица 1 – Повторяемость (%) слабых (0-1 м/с) и сильных ( $\geq 6$  м/с) ветров в Усть-Каменогорске [14]

| Градация скоростей ветра, м/с | Месяц |      |      |      |      |      |      |      |     |      |      |      | Год  |
|-------------------------------|-------|------|------|------|------|------|------|------|-----|------|------|------|------|
|                               | 1     | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9   | 10   | 11   | 12   |      |
| 0-1                           | 57,2  | 58,1 | 56,2 | 35,8 | 32,5 | 37,4 | 41,1 | 44,4 | 46  | 41,1 | 46,1 | 54,8 | 45,8 |
| $\geq 6$                      | 7,8   | 8    | 5,6  | 10,9 | 10,9 | 8    | 6,6  | 6,6  | 7,1 | 9    | 9,6  | 7,8  | 8,2  |

В среднегодовом значении в г. Усть-Каменогорск наиболее преобладающее направление ветра – юго-восточное, с повторяемостью 21%. В теплый период времени года в городе наблюдается преобладание – северо-западного ветра, с годовой повторяемостью – 17%. ТОО «Казцинк», АО Ульбинский металлургический завод и Усть-Каменогорская ТЭЦ расположены в пределах городской черты в северной части города. Отсюда следует, что северо-западные ветра в теплый период времени переносят вредные вещества от выбросов промышленных предприятий в восточную и юго-восточную часть города, тем самым увеличивая здесь приземные концентрации примесей. Наибольшая повторяемость в холодный период времени года приходится на юго-восточное направление ветра, которая может способствовать очищению воздуха в городе.

Среднегодовая повторяемость штилей равна 44%, которая, в свою очередь, играет ключевую роль в неблагоприятных условиях для выветривания загрязняющих веществ за пределы городской черты (табл. 2). Наибольшая повторяемость штилей наблюдается зимой (55%).

Таблица 2 – Среднегодовая повторяемость (%) направлений ветра в г. Усть-Каменогорске [14]

| Сезон | С  | СВ | В  | ЮВ | Ю  | ЮЗ | З  | СЗ | Штиль |
|-------|----|----|----|----|----|----|----|----|-------|
| Зима  | 5  | 4  | 15 | 31 | 13 | 7  | 12 | 13 | 55    |
| Весна | 9  | 5  | 13 | 19 | 9  | 10 | 17 | 19 | 40    |
| Лето  | 13 | 8  | 15 | 15 | 6  | 7  | 15 | 22 | 39    |
| Осень | 5  | 3  | 16 | 24 | 11 | 10 | 16 | 14 | 42    |
| Год   | 8  | 5  | 15 | 21 | 10 | 9  | 15 | 17 | 44    |

Следующим метеопараметром, способствующим очищению атмосферного воздуха от примесей, являются осадки, влияние которых учитывается через повторяемость числа дней с осадками  $\geq 0,5$  мм за сутки. Предполагается, что такое количество осадков способно осадить придорожную пыль и другие аэрозоли. Удаление некоторых токсичных веществ из атмосферы в большой степени зависит от интенсивности и количества выпадения осадков. К примеру, при выпадении осадков, концентрации сернистых газов и диоксида азота понижаются, окислители в виде озона и других веществ летом после дождя исчезают из атмосферы почти полностью [15].

В многолетнем режиме в Усть-Каменогорске повторяемость атмосферных осадков с градацией  $\geq 0,5$  мм во временном ходе распределяется почти равномерно с небольшим увеличением в ноябре и декабре до 10,4% (табл. 3).

Таблица 3 – Повторяемость числа дней с осадками  $\geq 0,5$  мм в Усть-Каменогорске [15]

| Месяц |     |     |     |     |     |     |     |     |     |      |      | Год   |
|-------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|-------|
| 1     | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   | 7   | 8   | 9   | 10  | 11   | 12   |       |
| 8,6   | 7,5 | 8,0 | 7,7 | 9,1 | 9,0 | 9,1 | 8,1 | 6,8 | 9,7 | 10,4 | 10,4 | 104,4 |

Наличие туманов в городах увеличивают приземные концентрации примесей, по причине того, что водяные капли поглощают вредные примеси. Таким образом, токсичные вещества оседают в приземных слоях, увеличивая суммарную концентрацию [16-17].

Повторяемость числа дней с туманами по климатическим данным по Усть-Каменогорску представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Повторяемость числа дней с туманами в Усть-Каменогорске [16]

| Месяц |      |      |     |     |     |     |     |     |      |      |      | Год  |
|-------|------|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|------|------|
| 1     | 2    | 3    | 4   | 5   | 6   | 7   | 8   | 9   | 10   | 11   | 12   |      |
| 28,7  | 18,6 | 25,2 | 6,7 | 1,3 | 1,0 | 2,3 | 3,2 | 6,3 | 11,0 | 26,7 | 35,2 | 13,8 |

По Усть-Каменогорску увеличение повторяемости числа дней с туманами отмечается в холодный период времени, где наибольшая повторяемость в декабре достигает до 35,2%, а минимальный показатель в июне – 1,0%.

### Результаты и обсуждение

Одним из ключевых моментов анализа самоочищения атмосферы является расчет повторяемости ПЗС, значения которого позволит оценить коэффициент самоочищения К. Согласно уравнению (4), для Усть-Каменогорска рассчитана повторяемость ПЗС по данным климатического справочников [14-16] (табл. 5).

Таблица 5 – Повторяемость ПЗС в Усть-Каменогорске

| Месяц |       |       |      |      |      |      |      |      |       |       |       | Год   |
|-------|-------|-------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|
| 1     | 2     | 3     | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    | 10    | 11    | 12    |       |
| 28,70 | 18,57 | 25,16 | 6,67 | 1,29 | 1,00 | 2,26 | 3,23 | 6,33 | 10,97 | 26,67 | 35,16 | 13,78 |

Анализ таблицы 5 показал, что в Усть-Каменогорске наибольшая повторяемость ПЗС приходится на холодный период времени года с максимумом в декабре – 35,16%, что может говорить о повышенных значениях приземных концентрации вредных веществ в атмосфере в этот период.

На основе данных из климатических справочников [14-16] и повторяемости ПЗС по Усть-Каменогорску рассчитаны показатели климатического потенциала рассеивающей способности атмосферы (КПА) по формуле (1) и коэффициент самоочищения атмосферы К по формуле (2) (табл. 6) в многолетнем периоде.

Таблица 6 – Показатели самоочищения атмосферы в Усть-Каменогорске

| Показатель | Месяц |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | Год  |
|------------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|            | 1     | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    | 10   | 11   | 12   |      |
| КПА        | 2,36  | 2,20 | 2,59 | 1,16 | 0,84 | 1,01 | 1,21 | 1,46 | 1,76 | 1,29 | 1,64 | 2,18 | 1,62 |
| К          | 0,35  | 0,33 | 0,30 | 0,47 | 0,55 | 0,48 | 0,43 | 0,37 | 0,33 | 0,48 | 0,49 | 0,41 | 0,41 |

На рисунке 1 представлен график временного хода коэффициентов КПА и К в многолетнем режиме по городу Усть-Каменогорск. Согласно рисунку 1 отмечается, что в многолетнем режиме города Усть-Каменогорск показатель КПА во временном ходе наблюдаются неблагоприятные условия для рассеивания примесей в атмосферном воздухе. Показатель КПА уменьшается в теплое время года, с минимумом в мае до значения 0,84. В холодное время наблюдается его повышение с максимумом в марте – 2,59. Среднегодовое значение КПА – 1,62, что обобщает неблагоприятные условия для самоочищения атмосферы.

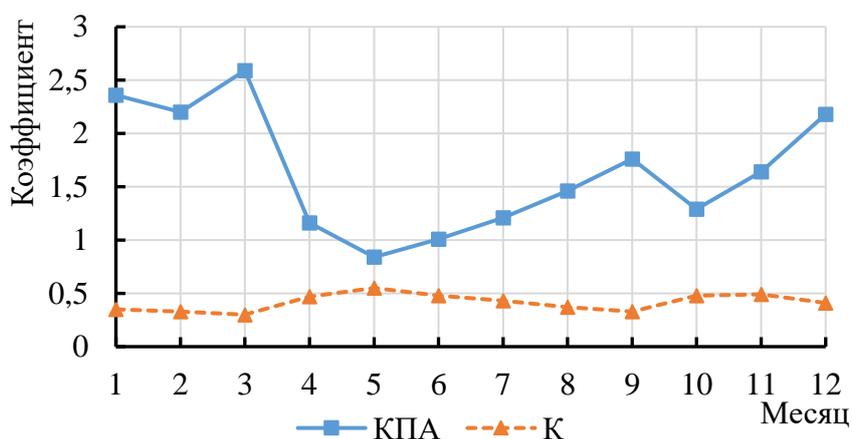


Рис. 1 – График временного хода коэффициентов КПА и К в многолетнем режиме

Что же касается коэффициента К, обратный по отношению к КПА, то пик его наблюдается в мае (0,55), а минимум в марте (0,30). Среднегодовое значение К – 0,41 (крайне неблагоприятные условия).

Таким образом, в мае показатель КПА < 1 (К > 1,25), в этот месяц наблюдаются процессы, благоприятные для самоочищения атмосферы. В остальные месяцы КПА > 1 (К < 0,33), в этот период происходит накопление загрязняющих веществ в атмосфере, и формируются условия, препятствующие их рассеиванию. Среднегодовые показатели данных коэффициентов характеризуют крайне неблагоприятные условия для рассеивания примесей в воздушной среде Усть-Каменогорска.

### Выводы и рекомендации

По результатам исследования сделан вывод, что, рассчитанные среднегодовые показатели параметров КПА и К в климатическом аспекте изучаемого региона характеризуют крайне неблагоприятные условия для рассеивания примесей в воздушной среде г. Усть-Каменогорск. Во всем временном ходе коэффициентов самоочищения атмосферы, за исключением мая, наблюдаются неблагоприятные условия, когда происходит накопление вредных веществ в атмосфере, и формируются процессы, препятствующие их дальнейшему рассеиванию. В мае коэффициенты самоочищения показали благоприятные условия, в которых высока доля повторяемости процессов, способствующих самоочищению атмосферы.

Размещение промышленных и теплоэнергетических отраслей в пределах городской территории, и, как следствие, наличие в атмосфере повышенных значений концентраций загрязняющих веществ, выбросы от автотранспорта, а также региональные особенности, такие как континентальность климата, строение местного рельефа, ветровые характеристики, частая повторяемость температурных инверсий, наличие туманов, малое количество осадков, слабая увлажненность, а также рассчитанные в работе коэффициенты самоочищения атмосферы во временном ходе подтверждают крайне неблагоприятную обстановку для рассеивания загрязняющих веществ в г. Усть-Каменогорск.

#### **Литература:**

1. Самакова А.Б., Белоног А.А., Якупов В.С., Беркинбаев Г.Д., Федоров Г.В., Алыбаева Р.А., Корчевский А.А., Яковлева Н.А. *Комплексная оценка экологии и здоровья населения промышленного города: монография.* – Алматы, 2005. – 372 с.
2. *Национальный доклад о состоянии окружающей среды и об использовании природных ресурсов Республики Казахстан за 2016 год.* – Нур-Султан, 2017. – 467 с.
3. *Руководство по прогнозу загрязнения воздуха.* – СПб.: Гидрометеиздат, 1993. – 104 с.
4. Короткова Н.В., Семенова Н.В. *Пространственно-временное изменение уровня загрязнения атмосферы в Саратове.* – Пермь: Пермский государственный национальный исследовательский университет, 2015. – 215 с.
5. Безуглая Э.Ю. *Мониторинг состояния загрязнения атмосферы в городах.* Гидрометеиздат, 1986. – 200с.
6. Селегей Т.С. *Метеорологический потенциал самоочищения атмосферы Сибирского экономического района // Тр. Зап.-Сиб. НИИ.* – 1989. – Вып. 86. – С. 84-89.
7. Лапина С.Н., Полянская Е.А., Пужлякова Г.А., Фетисова Л.М., Фетисова Н.А. *Метеорологические аспекты загрязнения воздуха в Саратове.* – Саратов: Изд-во СГУ, 1998. – 64с.
8. Безуглая Э.Ю., Берлянд М.Е. *Климатические характеристики условий распространения примесей в атмосфере: справочное пособие.* – Л.: Гидрометеиздат, 1983. – 328 с.
9. Аргучинцева А.В., Кочугова Е.А. *Потенциал самоочищения атмосферы // Известия Иркутского государственного университета. Серия Науки о Земле.* – 2019. – №3. – С. 3-15.
10. Данилова А.Н., Асанова Ж.Т. *Оценка факторов загрязнения атмосферного воздуха в городе Усть-Каменогорске // «Вестник КАСУ».* – № 6. – 2011. – С. 19-26.
11. Берлянд М.Е. *Современные проблемы атмосферной диффузии и загрязнения атмосферы.* – Л.: Гидрометеиздат, 1975. – 447 с.
12. Пужлякова Г.А., Фетисова Л.М., Фетисова Н.А. *Методы оценки загрязнения воздуха: учеб.-метод. пособие.* – Саратов, 2000. – 36 с.
13. Короткова Н.В., Семенова Н.В. *Метеорологический потенциал самоочищения атмосферы в Саратове.* – Саратов: Изд-во Саратовского университета, 2014. – 320 с.
14. *Справочник по климату Казахстана. Атмосферные осадки.* – Р.2. – РГП «Казгидромет», 2004. – 76 с.
15. *Справочник по климату Казахстана. Атмосферные явления.* – Р. 3. – РГП «Казгидромет», 2003. – 67 с.
16. *Справочник по климату Казахстана. Ветер. Атмосферное давление* – Р. 5-6. Вып. 1-14. – Алматы: РГП «Казгидромет», 2005. – 336 с.

**References:**

1. Samakova A.B., Belonog A.A., Yakupov V.S., Berkinbaev G.D., Fedorov G.V., Alybaeva R.A., Korchevsky A.A., Yakovleva N.A. *Complex assessment of ecology and health of the industrial city population: monograph*. – Almaty, 2005. – 372 p.
2. *National report on the state of the environment and on the use of natural resources of the Republic of Kazakhstan for 2016*. – Nur-Sultan, 2017. – 467 p.
3. *Air Pollution Forecast Guide*. – St. Petersburg: Gidrometeoizdat, 1993. – 104 p.
4. Korotkova N. V., Semenova N. V. *Spatio-temporal change in the level of atmospheric pollution in Saratov*. – Perm: Perm State National Research University, 2015. – 215 p.
5. Bezuglaya E.Yu. *Monitoring of the state of atmospheric pollution in cities*. – L.: Gidrometeoizdat, 1986. – 200 p.
6. Selegey T.S. *Meteorological potential of self-purification of the atmosphere of the Siberian economic region // Proceedings of the West Siberian Research Institute*. – 1989. – Vol. 86. – Pp. 84-89.
7. Lapina S.N., Polyanskaya E.A., Puzhlyakova G.A., Fetisova L.M., Fetisova H.A. *Meteorological aspects of air pollution in Saratov*. Saratov: SSU Publishing House, 1998. - 64 p.
8. Bezuglaya E.Yu., Berlyand M.E. *Climatic characteristics of the conditions for the distribution of impurities in the atmosphere: a reference manual*. – L.: Hydrometeoizdat, 1983. – 328 p.
9. Arguchintseva A.V., Kochugova E.A. *Potential of self-purification of the atmosphere // Izvestiya Irkutskogo gosudarstvennogo universiteta. Earth Science Series*. – 2019. – No. 3. – Pp. 3-15.
10. Danilova A.N., Asanova Zh.T. *Assessment of factors of atmospheric air pollution in the city of Ust-Kamenogorsk // «KASU Bulletin»*. – No. 6. – 2011. – P. 19-26.
11. Berlyand M.E. *Modern problems of atmospheric diffusion and atmospheric pollution*. – L.: Hydrometeoizdat, 1975. – 447 p.
12. Puzhlyakova G.A., Fetisova L.M., Fetisova H.A. *Methods for assessing air pollution: an educational and methodological manual*. – Saratov, 2000. – 36 p.
13. Korotkova N.V., Semenova N.V. *Meteorological potential of self-purification of the atmosphere in Saratov*. – Saratov: Saratov University Press, 2014. – 320 p.
14. *Handbook on the climate of Kazakhstan. Atmospheric precipitation*. – R. 2. – RSE «Kazhydromet», 2004. – 76 p.
15. *Handbook on the climate of Kazakhstan. Atmospheric phenomena*. – P. 3. – RSE «Kazhydromet», 2003. – 67 p.
16. *Handbook on the climate of Kazakhstan. Wind. Atmospheric pressure-P. 5-6. Issue 1-14*. – Almaty: RSE «Kazhydromet», 2005. – 336 p.

А.А. Кабдыкадыров<sup>1</sup>, О.А.Зубова<sup>2</sup>, Г.А.Муканова<sup>3</sup>,  
М.М.Даулетбаева<sup>4</sup>, Н.В. Воронов<sup>5</sup>

<sup>1,2,3,4,5</sup> әл-Фараби атындағы атындағы Қазақ ұлттық университеті,  
Алматы қ., Қазақстан Республикасы

## ӨСКЕМЕН ҚАЛАСЫНДА АТМОСФЕРАНЫҢ ӨЗІН-ӨЗІ ТАЗАЛАУЫНЫҢ КЛИМАТТЫҚ ӘЛЕУЕТІ

**Аңдатпа.** Мақалада Өскемен қ. мысалында өнеркәсіптік орталықтардағы ластаушы заттардан атмосфераның өзін-өзі тазалауына ықпал ететін атмосфераның ластану деңгейіне метеорологиялық және климаттық факторлардың әсер ету жағдайларына талдау жүргізілді. Ластаушы заттардан қоспалардың таралуы мен атмосфераның өзін-өзі тазартудың метеорологиялық әлеуетін есептеу әдістері қарастырылған. Өскеменде атмосфераның шашырау қабілетінің Климаттық әлеуетінің параметрлері есептелген. Жүргізілген жұмыс ірі өнеркәсіптік орталық атмосферасының экологиялық жай-күйін өңірлік бағалауды одан әрі талдауға ықпал етеді.

**Түйін сөздер:** атмосфераның өзін-өзі тазарту әлеуеті, метеорологиялық жағдайлар, климат, жер бетіндегі инверсиялар, ластаушы заттар, қоспалар.

A.A. Kabdykadyrov<sup>1</sup>, O.A. Zubova<sup>2</sup>, G.A.Mukanova<sup>3</sup>,  
M.M. Dauletbaeva<sup>4</sup>, N.V. Voronova<sup>5</sup>

<sup>1,2,3,4,5</sup> al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Republic of Kazakhstan

## THE CLIMATE POTENTIAL OF ATMOSPHERIC SELF-PURIFICATION IN UST-KAMENOGORSK

**Annotation.** The article analyzes the conditions of the influence of meteorological and climatic factors on the level of atmospheric pollution, which contribute to the self-purification of the atmosphere from pollutants in industrial centers, using the example of Ust-Kamenogorsk. Methods for calculating the meteorological potential of dispersion of impurities and self-purification of the atmosphere from pollutants are considered. The parameters of the climatic potential of the atmospheric scattering capacity in Ust-Kamenogorsk are calculated. The work carried out contributes to the further analysis of the regional assessment of the ecological state of the atmosphere of a large industrial center.

**Keywords:** meteorological potential of atmospheric self-purification, meteorological conditions, climate, surface inversions, pollutants, and impurities.