

*А.Ф.Тетерин  
Ю.И.Маркелов  
В.С.Ворожнин  
Екатеринбург, Россия*

*A.F.Teterin  
Y.I.Markelov  
V.S.Vorozhnin  
Ekaterinburg, Russia*

**КЛИМАТИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ  
РАСSEИВАНИЯ АТМОСФЕРЫ  
НА ТЕРРИТОРИИ УРАЛА**

**CLIMATIC POTENTIAL OF  
ATMOSPHERE DISPERSION IN  
THE URALS AREA**

**Аннотация.** По данным справочников по климату СССР рассчитаны месячные и годовые значения климатического потенциала рассеивания атмосферы. Авторами была проанализирована пространственно-временная изменчивость климатических условий рассеивания в приземной атмосфере региона Урала.

**Ключевые слова:** регион Урала, климатический потенциал рассеивания атмосферы, изменчивость.

**Сведения об авторах:** Тетерин Александр Федорович<sup>1</sup>, старший научный сотрудник; Маркелов Юрий Иванович<sup>2</sup>, кандидат физико-математических наук, заведующий лабораторией; Ворожнин Владимир Сергеевич<sup>3</sup>, младший научный сотрудник.

**Место работы:** Институт промышленной экологии УрО РАН, лаборатория атмосферы.

**Abstract.** According to data from climatic directories of the USSR, monthly and annual values of climatic potential of atmosphere dispersion are calculated. The authors have analysed time and space variability of climate conditions of dispersion in surface atmosphere of the Ural region.

**Key words:** Ural region, climatic potential of atmosphere dispersion, variability.

**About the authors:** Alexander Fedorovich<sup>1</sup> Teterin, Candidate of Geography, senior researcher; Markelov Yuri Ivanovich<sup>2</sup>, candidate of Physics and Mathematics, laboratory chief; Vorozhnin Vladimir Sergeevich<sup>3</sup>, junior researcher.

**Place of employment:** Institute of Industrial Ecology UB RAS, Atmosphere laboratory.

**Контактная информация:** 620219, г.Екатеринбург, ул.Софьи Ковалевской, д.20; тел.: (343)3623251, (343)3623334. E-mail: <sup>1</sup> taf@ecko.uran.ru, <sup>2</sup> markelov@ecko.uran.ru, <sup>3</sup> vvs@ecko.uran.ru

С начала XXI в. в связи с возобновлением экономического роста в России отмечается рост объемов выбросов загрязняющих веществ в атмосферу от стационарных и передвижных источников. Основными факторами изменения уровня загрязнения воздуха в городах являются колебания объемов выбросов и изменчивость метеорологических условий рассеивания примесей в приземной атмосфере. При одних и тех же параметрах выбросов уровень загрязнения воздуха значительно изменяется в зависимости от конкретных атмосферных условий. Таким образом, для анализа и прогноза уровня загрязнения атмосферного воздуха необходим учет метеорологических факторов, способствующих накоплению, рассеиванию и вымыванию примесей из атмосферы.

Для оценки способности к самоочищению приземной атмосферы в 1989 г. Т.С.Селегей [9] была введена новая комплексная характеристика в виде коэффициента самоочищения атмосферы:

$$КСА = (P_{ш} + P_{т}) / (P_{в} + P_{о}), \quad (1)$$

где  $P_{ш}$ ,  $P_{т}$ ,  $P_{в}$  и  $P_{о}$  — повторяемости (%) штилей, туманов, скорости ветра у земли  $\geq 6$  м/с, числа дней с осадками  $\geq 1$  мм.

В 1990 г. Т.С.Селегей [10] был предложен аналогичный комплексный показатель влияния метеоусловий на самоочищение атмосферы — потенциал рассеивания атмосферы (ПРА):

$$ПРА = (P_{ш} + P_{т}) / (P_{о} + P_{в}), \quad (2)$$

где  $P_{ш}$ ,  $P_{т}$ ,  $P_{о}$ ,  $P_{в}$  — повторяемости дней со штилями, туманами, осадками не менее 0,5 мм и скоростью ветра не менее 6 м/с.

В формуле (2) правая часть осталась такой же, как в формуле (1), но для расчетов используется другая градация осадков — граничное значение суточного количества осадков, способствующих очищению атмосферы, с 1 мм уменьшено до 0,5 мм.

Следует отметить, что рассчитанные по формулам (1) и (2) значения КСА и ПРА более 1,0 характеризуют метеорологические условия, способствующие накоплению примесей в атмосфере, а менее 1,0 — условия, благоприятные для самоочищения атмосферы.

В публикации Т.С.Селегей и соавторов (2005 г.) [11] формула (2) расчета потенциала рассеивания атмосферы была сохранена, но было указано, что надлежит различать климатический (КПРА) и метеорологический потенциал рассеивания атмосферы (МПРА). Климатический потенциал рассеивания атмосферы характеризует многолетние средние условия самоочищения атмосферы, а метеорологический потенциал — условия самоочищения атмосферы за конкретный временной интервал (месяц, сезон, год).

В [11] по значениям потенциала рассеивания атмосферы Т.С.Селегей и соавторы классифицируют метеорологические условия самоочищения атмосферы следующим образом:

- при ПРА > 1 — неблагоприятные условия (НУ);
- при ПРА > 2 — крайне неблагоприятные условия (КНУ);
- при ПРА ≤ 1 — благоприятные условия (БУ).

Далее, следуя логике авторов [11], можно предложить еще одну градацию для условий самоочищения атмосферы:

— при ПРА ≤ 0,5 — крайне благоприятные условия для рассеивания примесей в приземной атмосфере (КБУ).

С.Н.Лапина и соавторы [6], Ю.П.Переведенцев и Ю.Г.Хабутдинов [8], И.В.Латышева и соавторы [7] в своих публикациях для оценки условий самоочищения атмосферы в Саратовской области, в Казани и на южном побережье Байкала использовали аналогичные методики.

С целью исследования пространственной и временной изменчивости многолетних средних условий самоочищения приземной атмосферы в регионе Урала использована методика Т.С.Селегей и соавторов [11]. Климатический потенциал рассеивания атмосферы (КПРА) был рассчитан по формуле (2).

Для расчетов КПРА были использованы данные из справочников по климату СССР 1966 и 1968 годов издания [12—14]. К сожалению, по причине ограниченности исходной информации многолетние среднемесячные значения КПРА в Уральском регионе были рассчитаны только для одиннадцати метеостанций (МС): для четырех МС Свердловской области, двух МС Пермской области, двух МС Челябинской области, трех МС Курганской области. Так как на МС Тугулым в [13] отсутствуют данные по числу дней с осадками различной величины, для расчетов эти данные были взяты по ближайшей МС Талица, расположенной в сходных физико-географических условиях. Вследствие отсутствия исходных данных расчет КПРА в Башкирии произвести не удалось.

Физико-географическая характеристика положения одиннадцати метеостанций Урала, данные которых были использованы для расчетов КПРА, представлена в таблице 1 [1—5; 15].

Две МС расположены на восточной окраине Восточно-Европейской равнины — это Кудымкар и Красноуфимск. Причем МС Красноуфимск находится в переходной зоне от Восточно-Европейской равнины к западным предгорьям Среднего Урала. Три МС расположены в горной части территории: МС Нижний Тагил и Бисер — в горной части Среднего Урала, а МС Златоуст — в горной части Южного Урала. Следует также отметить, что МС Нижний Тагил находится в переходной зоне от низкогорий Среднего Урала к восточным предгорьям Среднего Урала. Две МС расположены в восточных предгорьях Среднего Урала и Южного Урала — соответственно Свердловск (Екатеринбург) и Бреды. Четыре МС находятся на Западно-Сибирской равнине — это МС Тугулым, Шатрово, Курган и

Усть-Уйское. Пять МС из одиннадцати расположены в лесной зоне, пять МС — в лесостепной, одна МС — в степной зоне (таблица 1 [1—5; 15]).

Таблица 1

**Физико-географическая характеристика местоположения метеостанций**

Метеостанция	Высота метеоплощадки над уровнем моря, м Б.С.	Характер рельефа	Почва	Глубина залегания грунтовых вод, м	Природная зона
<b>Свердловская область</b>					
Нижний Тагил	259	Крупнохолмистый	Дерново-подзолистая среднесуглинистая, местами щебенчатая	3	Таежная зона, подзона южной тайги низкогорий Среднего Урала
Тугулым	89,0	Слабохолмистый	Подзолистая и слабовыщелоченный тяжелосуглинистый чернозем	4—7	Лесостепная зона, подзона осиново-берёзовых лесов Западно-Сибирской равнины
Свердловск, город (Екатеринбург)	282	Крупнохолмистый	Дерново-подзолистая среднесуглинистая, местами щебенчатая	40—50	Таежная зона, подзона южной тайги восточных предгорий Среднего Урала
Красноуфимск	206	Крупнохолмистый	Чернозем выщелоченный тяжелосуглинистый	7—8	Лесостепная зона, подзона северной лесостепи Восточно-Европейской равнины
<b>Пермская область</b>					
Кудымкар	141	Среднехолмистый	Светло-серая оподзоленная среднесуглинистая	5	Таежная зона, восточная часть Восточно-Европейской равнины
Бисер	463	Среднехолмистый	Дерново-подзолистая среднесуглинистая, на возвышенностях каменистая, в понижениях заболоченная	3	Горный среднетаежный пояс низкогорий Среднего Урала
<b>Челябинская область</b>					
Златоуст	532	Горный	Подзолистая среднесуглинистая	5—6	Горный южнотаежный пояс смешанных лесов Южного Урала
Бреды	309	Слабохолмистый	Оподзоленный чернозем супесчаный, песчаная	6—7	Степная зона Южного Зауралья. Восточные предгорья Южного Урала
<b>Курганская область</b>					
Шатрово	114	Слабохолмистый	Чернозем выщелоченный	1,5—2	Лесостепная зона Западно-Сибирской равнины
Курган-Вороновка	72	Слабохолмистый	Чернозем суглинистый и супесчаный, местами солонцы	6—8	Лесостепная зона Западно-Сибирской равнины
Усть-Уйское	104	Слабохолмистый	Песчаная и супесчаный	8—9	Лесостепная зона Западно-Сибирской равнины

Анализ рассчитанных величин КПРА позволил сделать следующие основные выводы о пространственном и временном распределении КПРА в регионе Урала.

Годовые значения КПРА варьируются от 0,47 в Кудымкаре до 0,97 в Красноуфимске. Таким образом, на десяти МС исследуемого региона наблюдаются благоприятные условия для рассеивания примесей в атмосфере, а на одной МС (Кудымкар) — даже крайне благоприятные условия (рис. 1—4).

В Свердловской области по годовым КПРА наилучшие условия для рассеивания в атмосфере характерны для низкогорий Среднего Урала — МС Нижнего Тагила (0,59) и восточных предгорий Среднего Урала — МС Свердловска (Екатеринбурга, КПРА 0,69). В Предуралье и Зауралье условия рассеивания несколько хуже — на МС Красноуфимск годовой КПРА равен 0,97, а на МС Тугулым он составляет 0,92. Такое пространственное распределение КПРА объясняется более высокой повторяемостью слабых ветров и туманов в Красноуфимске и Тугулыме (рис. 1).

В Предуралье Пермской области на МС Кудымкар отмечены самые лучшие в исследуемом регионе средние годовые условия рассеивания в атмосфере — КПРА всего 0,47, что соответствует крайне благоприятным условиям. В горной части области, по данным МС Бисер, условия несколько хуже, здесь КПРА равен 0,76. Подобное пространственное распределение формируется вследствие того, что в Кудымкаре отмечаются низкие повторяемости слабых ветров и туманов, а также высокие повторяемости средних и сильных ветров (рис. 2).

В Курганской области достаточно равное пространственное распределение годовых КПРА — от 0,58 в Кургане до 0,68 в Шатрово (рис. 3).

В горной части Челябинской области отмечены самые лучшие условия рассеивания в атмосфере — на МС Златоуст КПРА равен 0,56. В степной части Южного Зауралья условия похуже — на МС Бреды КПРА составляет 0,86 (рис. 4). Причиной такого пространственного распределения КПРА является то, что в Златоусте наблюдаются низкие повторяемости слабых ветров и туманов при высоких повторяемостях осадков не менее 0,5 мм за сутки.

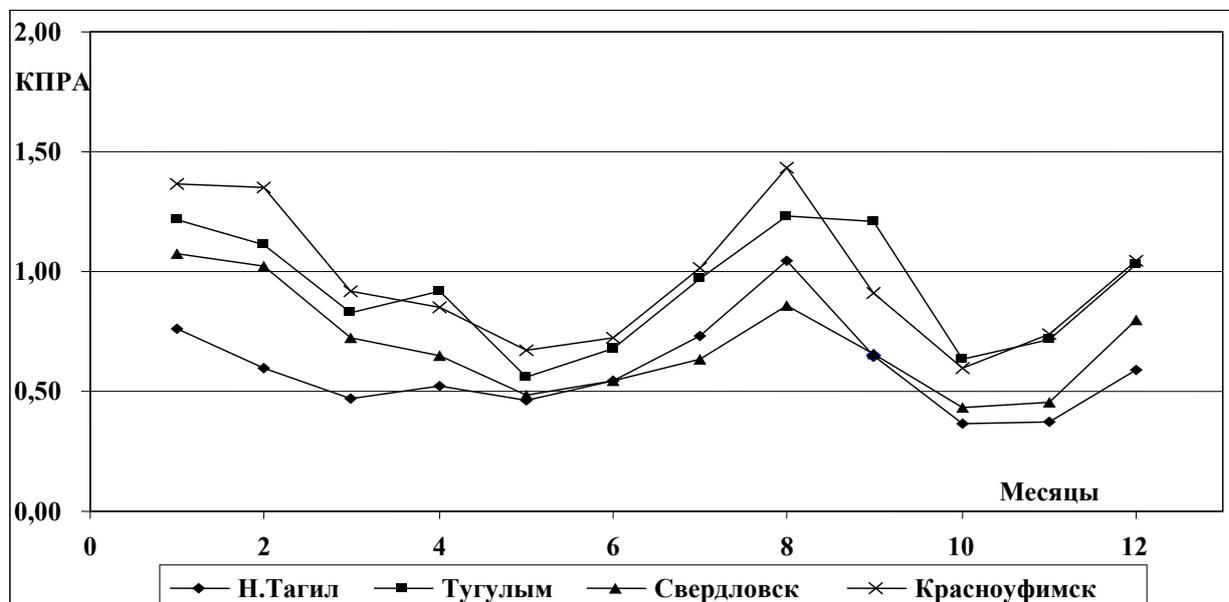


Рис. 1. Внутригодовой ход КПРА в Свердловской области

В Свердловской области в годовом ходе месячные КПРА, как правило, имеют два максимума (худшие условия рассеивания примесей в атмосфере) и два минимума (лучшие

условия рассеивания). Основные максимумы КПРА на трех МС отмечаются в августе. В Красноуфимске, Тугулыме и Нижнем Тагиле наибольшие КПРА равны 1,43, 1,24 и 1,05, что соответствует неблагоприятным условиям рассеивания. В Свердловске (Екатеринбурге) в августе наблюдается вторичный максимум КПРА (0,86, соответствующий благоприятным условиям), а основной максимум КПРА здесь сдвинут на январь (1,07, соответствующий неблагоприятным условиям), когда на трех других МС фиксируется вторичный максимум КПРА — 1,36, 1,22, (неблагоприятные условия) и 0,76 (благоприятные условия). В Красноуфимске вторичный максимум КПРА фактически характерен для января и февраля, когда он равен 1,36 и 1,35 соответственно. Основные минимумы КПРА на трех МС установлены осенью, в октябре и ноябре — на МС Нижний Тагил (0,37, крайне благоприятные условия рассеивания примесей в атмосфере) и на МС Свердловск (Екатеринбург) (0,43 и 0,45, крайне благоприятные условия), в октябре — на МС Красноуфимск (0,59, благоприятные условия). На четвертой МС Тугулым основной минимум КПРА отмечается в мае и равен 0,56 (благоприятные условия). Вторичные минимумы КПРА наблюдаются весной: в мае и марте — на МС Нижний Тагил (0,46 и 0,47, крайне благоприятные условия рассеивания), в мае — на МС Свердловск (Екатеринбург) (0,49, крайне благоприятные условия) и на МС Красноуфимск (0,67, благоприятные условия). На МС Тугулым вторичный минимум КПРА характерен для октября (0,63, благоприятные условия) (рис. 1).

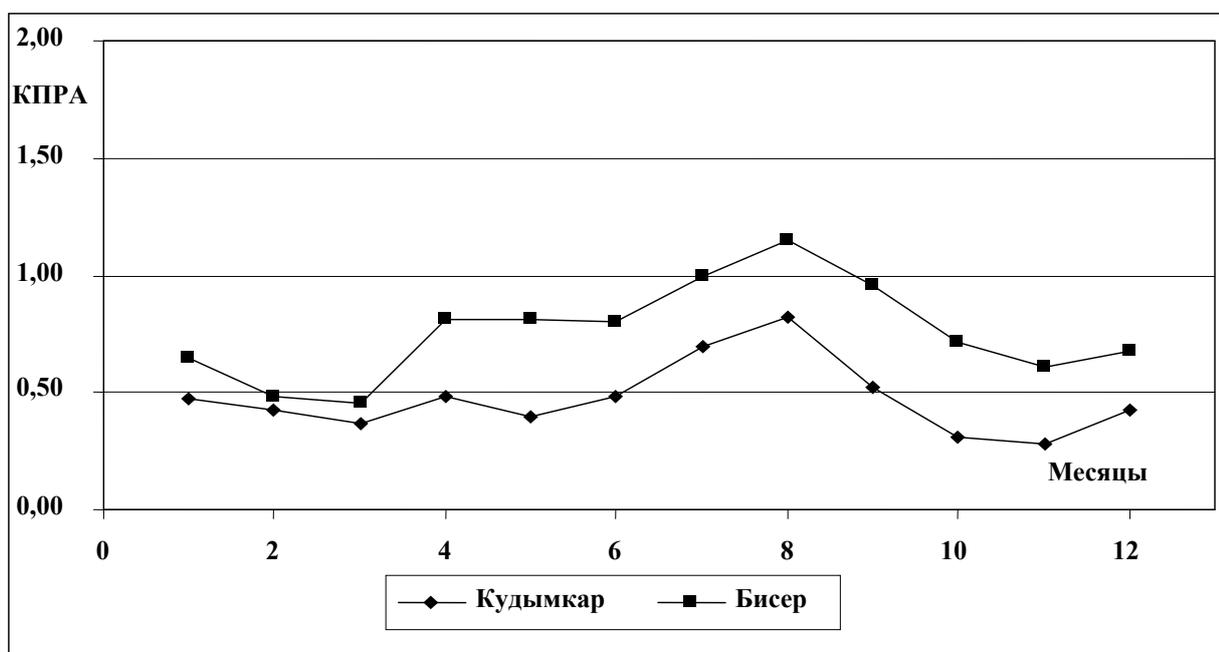


Рис. 2. Внутригодовой ход КПРА в Пермской области

В Пермской области годовой ход КПРА в общих чертах схож с их годовым ходом в Свердловской области: здесь также имеются два максимума и два минимума. Основные годовые максимумы КПРА на двух МС зафиксированы в августе. В Кудымкаре и Бисере наибольшие из месячных КПРА равны 0,82 (благоприятные условия рассеивания примесей) и 1,15 (неблагоприятные условия). Вторичный максимум КПРА на МС Кудымкар отмечен в январе (0,47, крайне благоприятные условия), на МС Бисер — в январе и декабре (0,65 и 0,67, благоприятные условия). Основные годовые минимумы КПРА в Бисере приходятся на март и февраль (0,46 и 0,48, крайне благоприятные условия рассеивания), в Кудымкаре — на ноябрь и октябрь (0,28 и 0,31, крайне благоприятные условия). Вторичный минимум КПРА на МС Бисер отмечен в ноябре (0,61, благоприятные условия), на МС Кудымкар — в марте (0,36, крайне благоприятные условия) (рис. 2).

Следует отметить тот факт, что на МС Кудымкар Пермской области наблюдаются самые лучшие из всех одиннадцати МС условия рассеивания примесей в атмосфере, когда девять месяцев в году отмечаются крайне благоприятные условия рассеивания, а три месяца — благоприятные условия. Именно здесь отмечено самое низкое значение среди месячных КПРА, равное 0,28 (рис. 2).

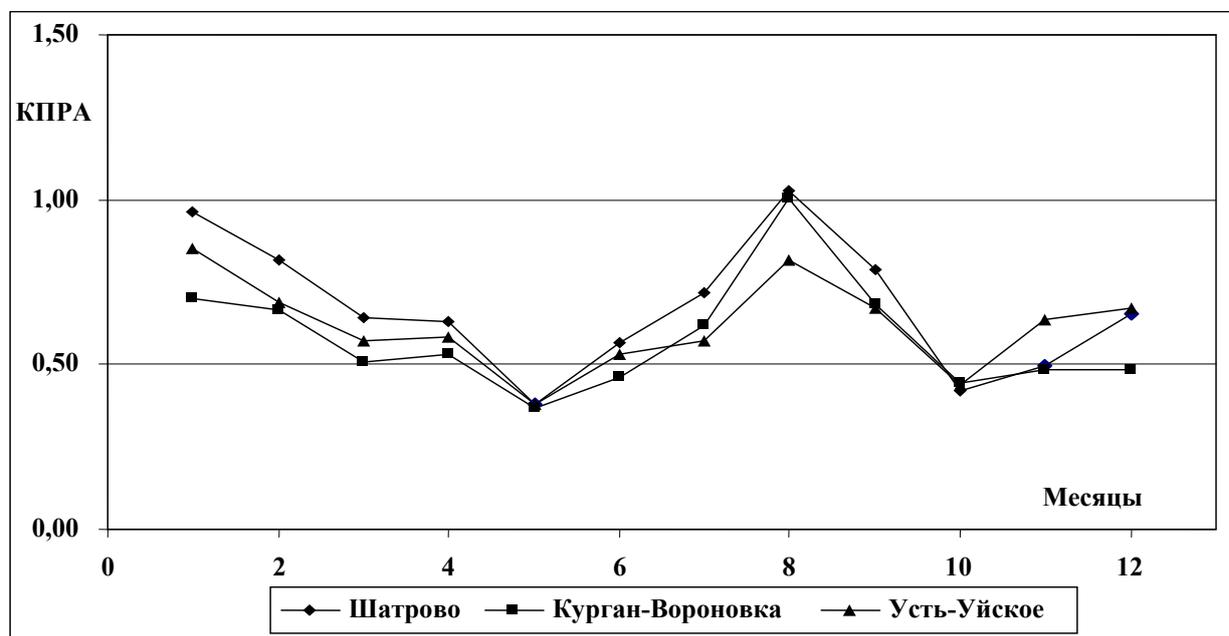


Рис. 3. Внутригодовой ход КПРА в Курганской области

В Курганской области годовой ход КПРА достаточно схож с годовым ходом этой характеристики в Свердловской и Пермской областях. В Курганской области также имеются два максимума и два минимума КПРА (рис. 1—3).

Основные годовые максимумы КПРА на двух МС зарегистрированы в августе — на МС Шатрово (1,03, неблагоприятные условия рассеивания) и Кургане (1,00, благоприятные условия). На третьей МС Усть-Уйское основной максимум КПРА равен 0,85 (благоприятные условия) и зафиксирован в январе. В январе же на МС Шатрово и Кургане отмечаются вторичные максимумы (0,97 и 0,70, благоприятные условия рассеивания). А на МС Усть-Уйское вторичный годовой максимум КПРА приходится на январь (0,82, благоприятные условия). Основные годовые минимумы КПРА на всех трех МС области достаточно близки между собой (0,37 и 0,38, крайне благоприятные условия) и наблюдаются в мае. Вторичные годовые минимумы КПРА на всех трех МС характерны для октября и заключены в диапазоне 0,42—0,44 (крайне благоприятные условия) (рис. 3).

В Челябинской области годовой ход КПРА имеет ряд отличий от хода КПРА в других областях (рис. 1—4).

Основной годовой максимум КПРА на МС Златоуст отмечается в августе (1,00, благоприятные условия рассеивания примесей), вторичный — в феврале (0,53, благоприятные условия). На МС Бреды основной максимум характерен для января (1,18, неблагоприятные условия рассеивания примесей), вторичный — для сентября (0,91, благоприятные условия). Основной годовой минимум КПРА на МС Златоуст зафиксирован в марте (0,37, крайне благоприятные условия рассеивания), вторичный — в ноябре и октябре (0,41 и 0,42, крайне благоприятные условия). Основной годовой минимум КПРА на МС Бреды наблюдается в мае (0,52, благоприятные условия рассеивания), вторичный — в октябре (0,71, благоприятные условия) (рис. 4).

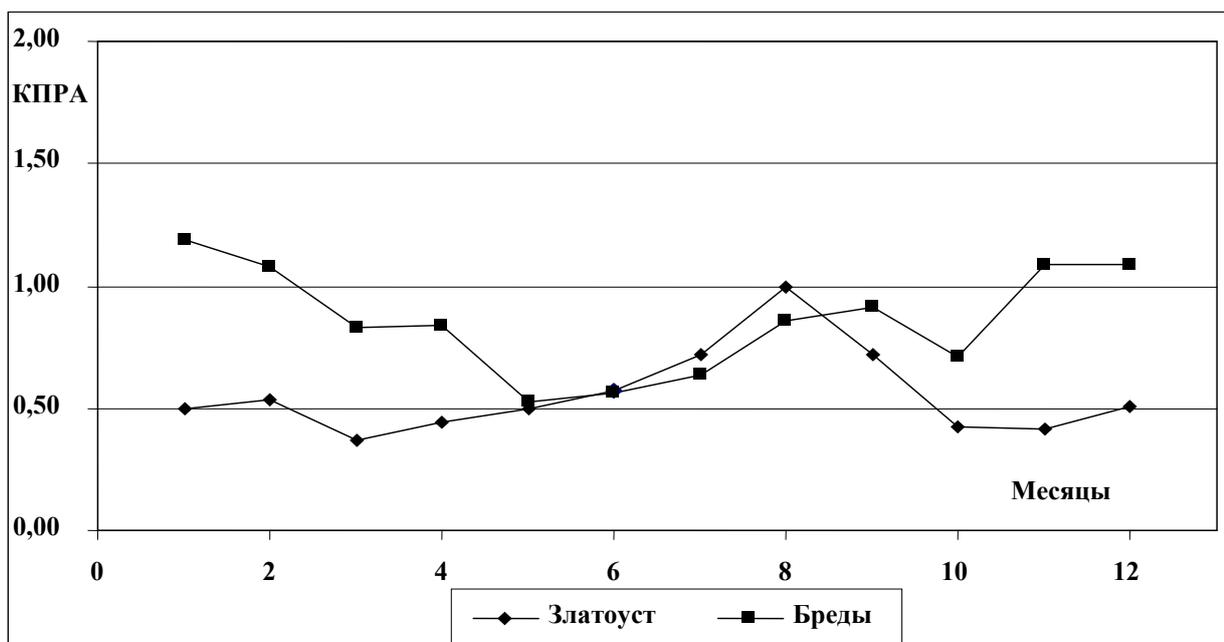


Рис. 4. Внутригодовой ход КППА в Челябинской области

Полученные данные пространственно-временной изменчивости КППА на территории Урала следует учитывать при планировании и осуществлении определенных практических мероприятий с целью управления качеством воздушного бассейна в данном регионе. При неблагоприятных и крайне неблагоприятных условиях самоочищения атмосферы следует уменьшать объемы выбросов загрязняющих веществ от стационарных источников, а также ограничивать количество автомобилей на городских улицах. При благоприятных и крайне благоприятных условиях рассеивания в атмосфере возможно увеличение до определенных пределов объемов выбросов от стационарных и передвижных источников.

Так как на Урале выявлены изменения и колебания основных характеристик климата (скорости ветра, атмосферных осадков и атмосферных явлений) [16], а с начала 2000-х гг. отмечается рост количества стационарных и передвижных источников и, соответственно увеличение объемов выбросов примесей в атмосферу, исследования по данной тематике являются актуальными и их следует продолжить.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Давыдова М.И., Раковская Э.М., Тушинский Г.К. Физическая география СССР. М., 1989. Т. 1.
2. Давыдова М.И., Раковская Э.М. Физическая география СССР. М., 1990. Т. 2.
3. Капустин В.Г., Корнев И.Н. Свердловская область: природа, население, хозяйство, экология. Екатеринбург, 1998.
4. Кирин Ф.Я. География Челябинской области. Челябинск, 1981.
5. Лаврентьев М.В. География Курганской области. Челябинск, 1984.
6. Лапина С.Н., Полянская Е.А., Фетисова Л.М., Фетисова Н.А. Способность атмосферы различных районов Саратовской области к самоочищению // Изв. Саратовского ун-та. Сер. «Науки о Земле». 2008. Т. 8. Вып. 2.
7. Латышева И.В., Синюкевич В.Н., Чумакова Е.В. Современные особенности гидрометеорологического режима южного побережья Байкала // Изв. Иркутского гос. ун-та. Сер. «Науки о Земле». 2009. Т. 2. № 2.
8. Переведенцев Ю.П., Хабутдинов Ю.Г. Метеорологический потенциал самоочищения и качество атмосферного воздуха в Казани в последние десятилетия // Вестн. Удмуртского ун-та. 2012. Вып. 3.
9. Селегей Т.С. Метеорологический потенциал очищения атмосферы Сибирского экономического района // Труды Зап.-Сиб. НИГМИ. 1989. Вып. 86.

10. Селегей Т.С., Юрченко И.П. Потенциал рассеивающей способности атмосферы // География и природные ресурсы. 1990. № 2.
11. Селегей Т.С., Зинченко Г.С., Безуглова Н.Н. Учет метеорологического потенциала самоочищения атмосферы при решении задач промышленного освоения территорий // Ползуновский вестник. 2005. № 4.
12. Справочник по климату СССР. Л., 1966. Вып. 9. Ч. III.
13. Справочник по климату СССР. Л., 1968. Вып. 9. Ч. IV.
14. Справочник по климату СССР. Л., 1968. Вып. 9. Ч. V.
15. Справочник по климату СССР. Свердловск, 1966. Вып. 9. История и физико-географическое описание метеорологических станций и постов.
16. Тетерин А.Ф. Эколого-климатические особенности зоны Восточно-Уральского радиоактивного загрязнения. Екатеринбург, 2011.