

А.С. Чурсин, А.В. Павленко

Восточно-Казахстанский университет имени Сарсена Аманжолова,
г. Усть-Каменогорск (Республика Казахстан)

ТУМАНЫ ВОСТОЧНОГО КАЗАХСТАНА (ЮГО-ЗАПАДНЫЙ АЛТАЙ)

Аннотация. В статье проанализированы основные физические параметры (физико-географические, метеорологические и антропогенные) природных комплексов и их роль в процессе туманообразования. Обработаны материалы о туманах по метеостанциям Юго-Западного Алтая. Проанализированы климатические особенности пространственного и временного распределения туманов. Показана взаимосвязь и динамика элементов гидротермических ресурсов в процессах туманообразования и проведена типизация туманов. Уточнена роль антропогенного загрязнения атмосферного воздуха городов в процессах туманообразования.

Результаты исследования могут использоваться при составлении прогноза неблагоприятных метеорологических условий (НМУ) загрязнения атмосферы в промышленных городах. Расчеты метеорологического потенциала самоочищения атмосферы взяты за основу при прогнозе НМУ в Усть-Каменогорске и Лениногорске.

Установлено следующее: характер процессов туманообразования как составляющая геоэкологической обстановки жестко контролируется барьерными ороклиматическими особенностями в районе исследования; антропогенные воздействия определяют не только особенности загрязнения атмосферного воздуха, но и изменяют ландшафты региона.

Ключевые слова: туман, Юго-Западный Алтай, неблагоприятные метеорологические условия (НМУ), потенциал самоочищения атмосферы, ороклиматический барьер, сернистый газ, атмосферная циркуляция, авиаметеостанция (АМСГ), прогноз туманов.

A.S. Chursin, A.V. Pavlenko

Amanzholov University, Ust-Kamenogorsk (The Republic of Kazakhstan)

FOGS OF EASTERN KAZAKHSTAN (SOUTH-WEST ALTAI)

Abstract. The article evaluates the main physical parameters of natural complexes (physical-geographical, meteorological and anthropogenic) and their role in the process of fogging. Materials about fogs at the meteorological stations of the Southwest Altai have been processed. The climatic features of the spatial and temporal distribution of fogs have been analyzed. The relationship and dynamics of the elements of hydrothermal resources in the processes of fogging have been studied, and the typification of fogs has been carried out. The role of anthropogenic air pollution in cities in fogging processes has been clarified.

The results of the study can be used to predict unfavorable meteorological conditions (IMC) of atmospheric pollution in industrial cities. Calculations of the meteorological potential for self-purification of the atmosphere have been taken as a basis for forecasting the IMC in Ust-Kamenogorsk and Leninogorsk.

The following have been discovered: the nature of fogging processes, as a component of the geoecological situation, is strictly controlled by barrier oroclimatic features in the study area; anthropogenic impacts determine not only the features of atmospheric air pollution, but also change the landscapes of the region.

Keywords: fog, Southwest Altai, unfavorable meteorological conditions, adverse meteorological phenomena (AMP), the potential for self-cleaning of the atmosphere, oroclimatic barrier, sulphur dioxide, Atmospheric circulation, Aviation Meteorological Station (AMSG), fog forecast.

Введение

Юго-Западный Алтай – наиболее освоенный в промышленном отношении регион, один из самых загрязненных на Алтае, где произошли устойчивые изменения окружающей среды с нарушением природного равновесия.

Туман принадлежит к числу особо неблагоприятных явлений погоды, прежде всего, для всех видов транспорта. Влияние туманов на содержание примесей в атмосферном воздухе носит сложный характер. Примеси частично поглощаются водяными каплями, при их растворении иногда образуются новые, более токсичные вещества. Ввиду сложности протекающих процессов приобретает особую важность развитие теории загрязнения при туманах.

В связи с большой пространственной изменчивостью туманов в пределах ограниченных территорий количественная оценка туманов приобретает особую ценность. Учет микроклимата туманов важен для принятия оптимальных решений при проектировании планов развития промышленных городов, особенно в городах с высокой повторяемостью туманов.

Недостаток сведений о пространственной и временной изменчивости параметров тумана значительно затрудняет решение вопроса об эффективном прогнозировании этого опасного явления, а также неблагоприятных метеорологических условий (НМУ) загрязнения атмосферы, связанных с процессами туманообразования.

Таким образом, исследование туманообразования в условиях ороклиматического барьера Юго-Западного Алтая может рассматриваться как один из этапов научного подхода к решению проблемы более точного прогнозирования самого тумана и неблагоприятных метеорологических условий загрязнения атмосферного воздуха при туманах в данном регионе.

Объектом исследования выбраны природные комплексы Юго-Западного (Казахстанского) Алтая, занимающего внутриконтинентальное положение в южной части умеренного пояса, которые являются весьма перспективными с позиций оптимального природопользования. Выбор Юго-Западного Алтая объектом исследования представляется целесообразным в силу недостаточной изученности роли ороклиматического барьера в процессах туманообразования и влияния его на метеорологический потенциал загрязнения атмосферы.

Материалы и методы исследования

Для написания статьи использованы фондовые метеорологические материалы по 23 метеостанциям Юго-Западного Алтая за многолетний период (1940-2012 гг.). В работе использованы данные лабораторий по контролю за загрязнением атмосферного воздуха (ЛНКЗ) в городах: Усть-Каменогорске, Риддере (Лениногорске), Зырянске за период с 1974 по 2012 год. Основой для выполнения исследования явились фондовые и архивные материалы Авиаметеостанции (АМСГ) Усть-Каменогорск, Восточно-Казахстанского центра гидрометеорологии, Казахского управления гидрометеослужбы, Западно-Сибирского управления гидрометеослужбы.

По результатам исследований впервые:

- проведён комплексный анализ пространственного и временного распределения туманов в условиях ороклиматического барьера Юго-Западного Алтая;
- установлена связь различных типов туманов с гидротермическими особенностями подстилающей поверхности и проведена типизация туманов;
- определены циркуляционные условия формирования туманов, основные типы синоптических процессов в тропосфере, при которых они возникают, и причины антропогенного загрязнения атмосферного воздуха в городах Усть-Каменогорске, Зырянске и Риддере, а также его влияние на процессы туманообразования;

- рассчитан метеорологический потенциал самоочищения атмосферы, уточнена повторяемость штилей и слабых ветров для Юго-Западного Алтая;
- проведена проверка и уточнена методика прогноза радиационных туманов на большом фактическом материале для Усть-Каменогорска;
- разработана методическая основа по изучению туманов, их влиянию на загрязнение атмосферного воздуха в промышленных городах.

Полученные в работе результаты исследований имеют самостоятельное значение для практического использования на транспорте, связи, промышленности, рекреации.

Предлагаемые методы прогноза радиационных туманов позволяют оптимизировать систему оперативного управления на транспорте, и будут способствовать уменьшению их неблагоприятного воздействия на хозяйственную деятельность. Усовершенствованный метод прогноза радиационных туманов используется в оперативной работе на АМСГ Усть-Каменогорск.

Результаты исследования могут использоваться при составлении прогноза неблагоприятных метеорологических условий (НМУ) загрязнения атмосферы в промышленных городах. Расчеты метеорологического потенциала самоочищения атмосферы взяты за основу при прогнозе НМУ в Усть-Каменогорске и Риддере.

Результаты и их обсуждение

В одной статье невозможно глубоко оценить все полученные результаты исследований, поэтому остановимся на основных:

1. Проведённая типизация туманов по синоптическим условиям образования позволяет сделать некоторые заключения о влиянии атмосферной циркуляции и подстилающей поверхности на процессы туманообразования (табл. 1). Рассмотренная классификация туманов показывает, что при общности понимания наиболее важных процессов образования туманов (радиационные и адвективные туманы) в деталях имеются значительные расхождения.

В таблице 1 рассматриваются два периода: до строительства Усть-Каменогорской ГЭС (1953), и после перекрытия р. Иртыш плотиной, в результате чего река на протяжении 25-30 км ниже плотины не замерзает и является дополнительным источником поступления влаги в атмосферный воздух, особенно в холодный период года.

Таблица 1. Повторяемость различных типов туманов в Усть-Каменогорске, %

Тип	радиационный		адвективный	речной	смешанный	Ледяной $t < -40^{\circ}\text{C}$
	$t < 0^{\circ}\text{C}$	$t > 0^{\circ}\text{C}$				
Период						
1940-1953гг.	61,4	20,4	7,0	4,2	6,3	0,7
1954-1977гг.	27,3	8,5	3,8	36,2	23,5	0,7

До строительства плотины ГЭС более 80% всех случаев дней с туманами приходилось на радиационные туманы, и только 10,5% можно было связывать с влиянием реки Иртыш при 7% адвективных (фронтальных туманах).

С вводом в эксплуатацию Усть-Каменогорской ГЭС и перекрытием реки Иртыш картина туманообразования в черте города резко изменилась. Во-первых, количество дней с туманами в году увеличилось с 30-35 до 60-65 дней, во-вторых, типизация туманов по условиям образования претерпела значительные изменения. 36% туманов можно с некоторой условностью отнести к речным туманам, 23,5% - к так называемым «смешанным», т.е. в процессе туманообра-

зования участвует радиационное выхолаживание и адвекция влажной воздушной массы с реки. Доля адвективных туманов снизилась до 3,8%.

Для региона Юго-Западного Алтая следует отдельно выделить и такой тип туманов как ледяной (морозный), возникающий при очень низких температурах, минус 40-45°C, несмотря на их незначительную повторяемость до 1% в год. Конечно, такие туманы имеют радиационное происхождение. Но их отличительной особенностью является, во-первых, микроструктура частиц тумана, во-вторых, интенсивность (видимость менее 200 м), в третьих, их продолжительность. В Усть-Каменогорске отмечался такой туман непрерывной продолжительностью 110 часов. Такие продолжительные туманы нередко отмечаются в Зырянске и Секисовке.

2. Совместный анализ повторяемости числа дней с туманом, 11-летнего цикла солнечной активности и типов атмосферной циркуляции Ш, С, Е за период с 1940 по 2001 гг. даёт основание сделать заключение, что корреляционной зависимости между рассматриваемыми составляющими практически не существует (рис. 1).

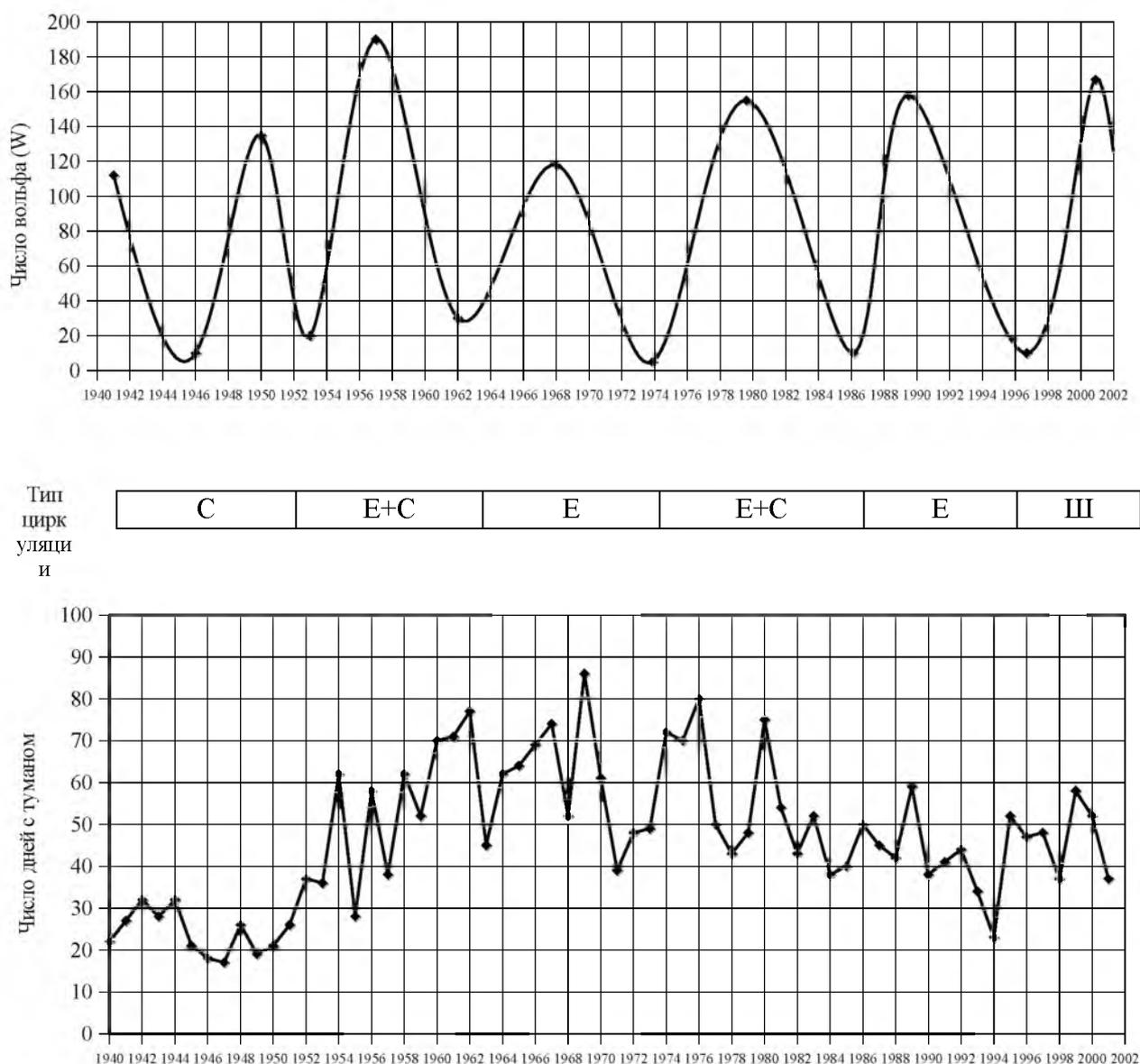


Рис. 1. Совмещённый график повторяемости числа дней с туманами, 11-летних циклов солнечной активности и типов циркуляции для г. Усть-Каменогорска

Туманы являются одной из существенных характеристик климата. Они образуются в результате взаимодействия приземного слоя атмосферы с подстилающей поверхностью. В зависимости от местных физико-географических условий проявления их крайне разнообразно и поэтому часто носит местный характер.

Данное заключение находит своё подтверждение и в пространственно-временном распределении числа дней с туманами на Юго-Западном Алтае. Их повторяемость колеблется от 8 дней в Риддере и Бахты до 62 дней в Усть-Каменогорске и 69 в Зыряновске при одном и том же типе циркуляции атмосферы в регионе. Поэтому, говоря об условиях формирования туманов, надо рассматривать не глобальные типы циркуляции атмосферы, а проводить систематизацию синоптических условий образования различных типов туманов.

3. Исследование влияния метеорологических условий на распределение примесей в атмосфере в настоящее время привлекает особое внимание в связи с разработкой региональных программ устойчивого социально-экономического развития.

Изучение влияния туманов и дымки на загрязнение воздуха в Усть-Каменогорске представляет повышенный интерес, поскольку известно, что увеличение влагосодержания воздуха способствует перераспределению примесей к поверхности земли из более высоких слоев, а также приводит к сложным преобразованиям структуры примесей, вследствие чего образуются новые, более токсичные вещества [1].

Влияние туманов на содержание и распределение примесей в воздухе весьма сложно и своеобразно.

Исследования, проведенные в работе С.И. Тюрбебаевой [2] позволили сделать выводы, что при туманах количество примеси в воздухе увеличивается, причем сочетание тумана с инверсией приводит к более интенсивному росту концентрации примеси в воздухе.

При туманах продолжительностью до шести часов наблюдается увеличение содержания примеси в среднем в два раза, а в отдельных случаях и в 8 раз [3].

Эти результаты вполне подтверждаются данными наблюдений за состоянием загрязнения атмосферного воздуха в Усть-Каменогорске (рис. 2) и Зыряновске (Алтай) (рис. 3), а в Лениногорске (Риддере) (рис. 4) такая зависимость очень слабая [4].

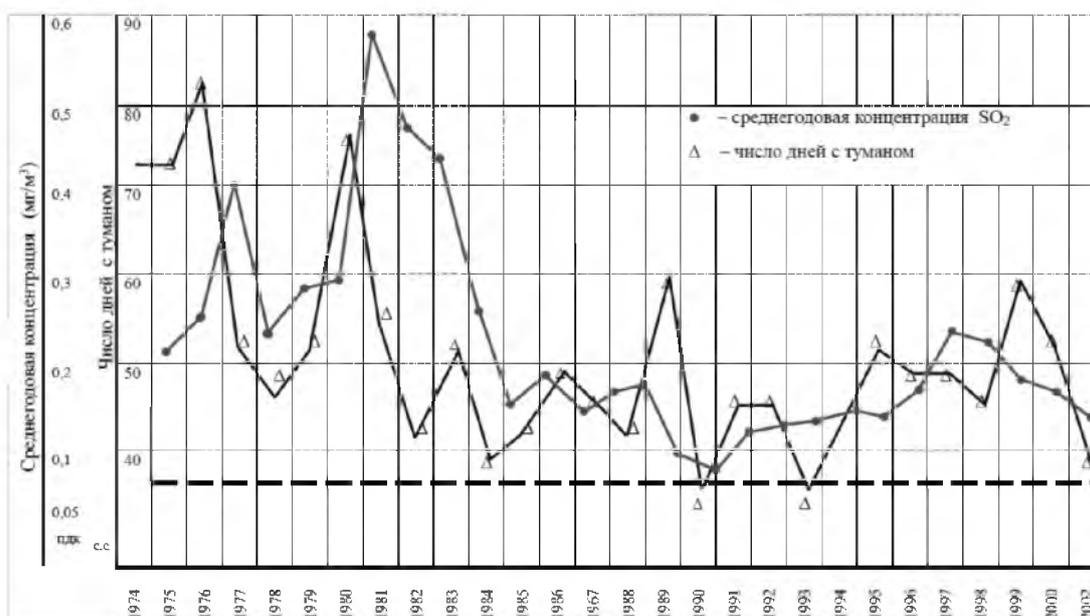


Рис. 2. Число дней с туманом и среднегодовая концентрация сернистого ангидрида в г. Усть-Каменогорске

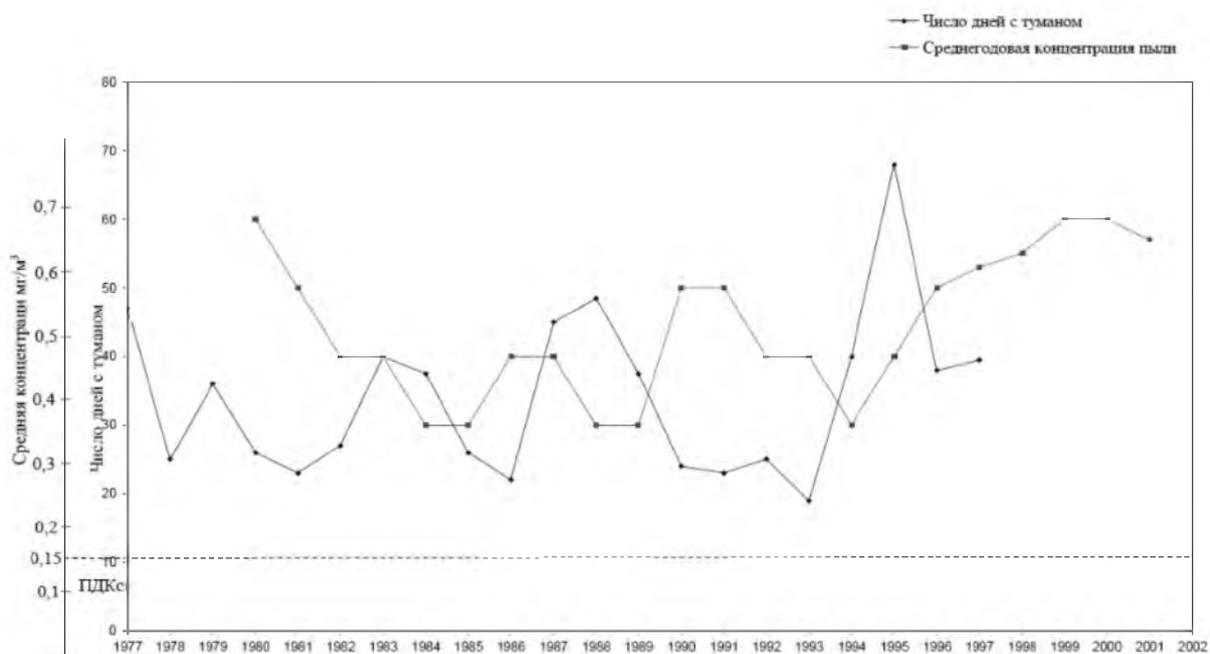


Рис. 3. Зависимость повторяемости числа дней с туманом от загрязнения атмосферы пылью в г. Зыряновске (Алтай)

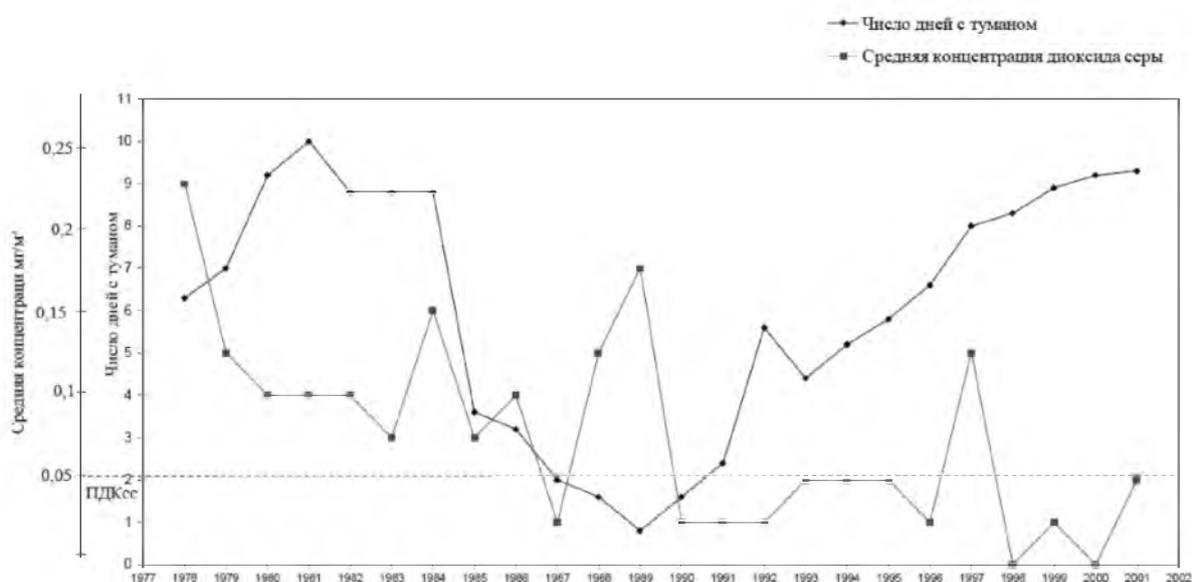


Рис. 4. Зависимость повторяемости числа дней с туманом от загрязнения атмосферы диоксидом серы в г. Риддере

При изучении связи туманов с загрязнением воздушного бассейна чаще рассматривается горизонтальная видимость в туманах. Известно, что уже само наличие тумана приводит к тому, что в его каплях концентрируется не только вредная примесь, которая находится вблизи подстилающей поверхности, но и также значительная часть примеси из вышележащих и наиболее загрязненных слоев воздуха.

Таким образом, чем выше верхняя граница тумана, тем из большего слоя воздуха происходит аккумуляция вредных примесей.

Как известно, индикатором большого присутствия в атмосферном воздухе соединений серы являются хвойные деревья. Примером тому может служить гибель соснового бора в Риддере и периодическая гибель хвойных насаждений в Усть-Каменогорске.

Установлено, что вредные вещества поглощаются растениями. Поэтому необходимо знать не только ПДК или стандарты вредных веществ, неблагоприятные для здоровья насе-

ления, но и уровни загрязнения, определяющие пагубное воздействие на окружающую среду (растительность, животный мир), т.е. биологические нормативы. Должны быть установлены уровни предельно допустимой экологической нагрузки (ПДЭН). Следуя определению Ю.А. Израэля [5], за ПДЭН для атмосферы можно принять уровни, которые не влияют на экосистему или изменяют её в допустимых пределах.

Изучая химический состав атмосферы в промышленных районах [5], обнаружены кроме сернистого газа также сульфаты, единственным путем образования которых может явиться окисление SO_2 до SO_3 , которые с влагой воздуха образуют серную кислоту H_2SO_4 . Особенно интенсивно окисление сернистого газа до SO_3 происходит фотохимическим путем. При этом скорость реакции в значительной степени зависит от интенсивности солнечной радиации, повышенной влажности атмосферы в присутствии незначительного количества каталитических соединений (окислов азота, озон и др.).

Большая скорость процесса окисления наблюдается в каплях тумана, однако, при снижении рН до 2,5 окисление приостанавливается [3]. Если водяные капли в туманах содержат следы каталитических ионов металлов, таких, как железо, медь, свинец, цинк, то быстрое окисление может происходить и без света. Скорость реакции окисления SO_2 возрастает при добавлении аммиака, который нейтрализует кислоты в каплях тумана.

Исходя из наличия в загрязненной атмосфере подобных катализаторов в городах Усть-Каменогорске и Зырянске, время жизни SO_2 может составлять 4-6 дней [7]. Данные исследования хорошо коррелируются со сведениями о повышенном содержании сернистого газа в Усть-Каменогорске продолжительностью более 5 дней.

Как следует из приведенных исследований, нахождение сернистого газа в атмосфере зависит от многих факторов (интенсивности солнечной радиации, влажности, наличия каталитических примесей т.д.). И в различных районах может сильно варьировать.

Поэтому исследования количественного содержания примесей в ряде городов Рудного Алтая по выяснению соотношения между содержанием сернистого газа и сульфатов в воздухе требует дополнительного и более детального изучения.

Таким образом, измерение только содержания двуокиси серы не могут служить достаточной характеристикой загрязненности атмосферы. Наряду с SO_2 , необходимо определять содержание сульфатов в атмосферном воздухе. Накопление подобных данных позволит оценить среднее время жизни сернистого газа для промышленных городов исследуемой территории и повысить точность прогнозирования состояния атмосферы, особенно в периоды неблагоприятных метеорологических условий.

Выводы

1. Распределение по территории региона и повторяемость числа дней с туманом в течение года очень неравномерно и находится в большом интервале от 8 до 69 дней. Количество туманов не зависит от высоты пункта над уровнем моря, а в большей степени определяется ороклиматическими факторами и ландшафтно-географическими особенностями местности [4].

Образование туманов происходит в основном в холодный период с октября по март. Их повторяемость в среднем в регионе составляет 75%, для равнинной местности и расширенных долин повторяемость достигает 90 – 95%. Туманы усложнённых межгорных котловин и туманы склонов имеют одинаковую повторяемость дней с туманами в холодный и тёплый периоды, в некоторых котловинах (Секисовская) в тёплый период образуется 60% всех годовых туманов.

Средняя непрерывная продолжительность туманов зимой в 2-4 раза выше, чем летом.

2. Суточный ход тумана определяется суточным ходом температуры воздуха, максимум повторяемости образования туманов приходится на ранние утренние часы до восхода солнца. Туман не образуется после восхода солнца. И только после захода солнца начинается интенсивный процесс туманообразования, особенно в зимние месяцы и при наличии снежного покрова.

В тёплое время года (апрель – сентябрь) в светлое время суток туман вообще не наблюдается. Рассеяние туманов обычно происходит через 1-1,5 часа после восхода солнца.

На туманы непрерывной продолжительности до 3 часов приходится более половины случаев. Отмечаются туманы продолжительностью менее одного часа (26,3%), но могут образоваться и очень продолжительные туманы от 24 часов до 5 суток (Усть-Каменогорск, Зыряновск).

Между суммарной продолжительностью туманов в часах в течение года и числом дней с туманами существует устойчивая корреляционная зависимость. Коэффициент корреляции более 0,90.

3. На территории Юго-Западного Алтая имеются обширные районы, где скорости ветра 0-1 м/с наблюдаются в 35-45 % времени года и более (Зыряновск 80 %).

Годовой ход повторяемости скоростей ветра 0-1 м/с и штилей наиболее существенен в межгорных котловинах, где летом они наблюдаются на 30-35 % реже, чем зимой. Суточных ход затиший во всех районах очень велик в переходные сезоны и летом.

При определении условий возможного застоя воздуха и оценке потенциала загрязнения следует использовать данные о повторяемости скоростей ветра 0-1 м/с, как по месяцам, так и в различные часы суток.

4. Анализ динамики повторяемости туманов в районе промышленных предприятий в течение года с учетом полученных результатов позволяет сделать вывод о том, что в холодный период года увеличение повторяемости происходит преимущественно за счет образования в воздухе кислотных аэрозолей. Увеличение повторяемости туманов способствует уменьшению видимости, понижению температур воздуха, повышению влажности, сокращению числа ясных дней в течение года.

Детальное изучение причин и условий возникновения промышленных туманов как метеорологического, так и технологического характера позволили бы, во-первых, определить комплекс неблагоприятных метеорологических условий с целью их прогноза, во-вторых, разработать и внедрить ряд мероприятий по сокращению и даже устранению отдельных выбросов.

Выявлены метеорологические условия и синоптические ситуации, определяющие экстремально высокий уровень загрязнения воздуха в городах.

Исследованы связи между загрязнением воздуха и метеорологическими факторами, выявлен ряд новых эффектов, уточняющих механизм загрязнения воздушного бассейна региона.

Детальное изучение причин и условий возникновения промышленных туманов, как метеорологического, так и технологического характера, позволили бы, во-первых, определить комплекс неблагоприятных метеорологических условий с целью их прогноза, во-вторых, разработать и внедрить ряд мероприятий по сокращению и даже устранению отдельных выбросов.

5. Сформулирован подход к решению задачи краткосрочного прогноза загрязнения воздуха, который основывается на учете физических закономерностей распределения примесей в атмосфере и особенностей влияния метеорологических условий на содержание примесей в воздухе в конкретных районах.

Усовершенствованы метод прогноза радиационных туманов и методика расчета потенциала загрязнения атмосферы в условиях Юго-Западного Алтая с использованием их в оперативных прогностических подразделениях Усть-Каменогорска [4].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Берлянд М.Е. Современные проблемы атмосферной диффузии и загрязнения атмосферы. – Л.: Гидрометеиздат, 1975. – 448 с.
2. Тюребаева С.И. О пространственном распределении вредных примесей в Алма-Ате // Труды КазНИИ. – 1984. – № 82. – С. 51–55.

3. Царев А.М. К вопросу о загрязнении воздуха при туманах // Труды ГГО. – 1975. – Вып. 352. – С. 113–118.
4. Чурсин А.С. Туманы Восточного Казахстана: монография. – Усть-Каменогорск: Издательство «Берел» ВКГУ имени С. Аманжолова, 2016. – 180 с.
5. Израэль Ю.А. Экология и контроль состояния природной среды. – М.: Гидрометеиздат, 1984. – 560 с.
6. Петренко Н.В. Усовершенствование методики прогноза адвективного тумана и видимости в этом тумане // Тр. Гидрометцентра СССР. – 1975. – Вып. 162. – С. 34–45.
7. Kellogg W.W., Cadle R.D., Allen E.R., Lazrus A.L., Martell E.A. The sulfur cycle. – Science. – 1972. – Vol. 175. – no. 4022. – P. 587-596. doi: 10.1126/science.175.4022.587

REFERENCES

1. Berljand M.E. *Sovremennye problemy atmosfernoj diffuzii i zagrjaznenija atmosfery* [Modern problems of atmospheric diffusion and air pollution]. Leningrad, Gidrometeoizdat, 1975. 448 p.
2. Tjurebaeva S.I. О prostranstvennom raspredelenii vrednyh primesej v Alma-Atе [On the spatial distribution of harmful impurities in Alma-Ata]. *Trudy KazNII*, 1984, no. 82, pp. 51-55.
3. Carev A.M. К вопросу о загрязнении воздуха при туманах [On the issue of air pollution in fog]. *Trudy GGO*, 1975, no. 352, pp. 113–118.
4. Chursin A.S. *Tumany Vostochnogo Kazahstana* [Fogs of East Kazakhstan]. Ust'-Kamenogorsk, «Berel» Publ., 2016. 180 p.
5. Izrael' Ju.A. *Jekologija i kontrol' sostojanija prirodnoj sredy* [Ecology and control of the state of the natural environment]. Moscow, Gidrometeoizdat, 1984. 560 p.
6. Petrenko N.V. Usovershenstvovanie metodiki prognoza advektivnogo tumana i vidimosti v jetom tumane [Improvement of the method for forecasting advective fog and visibility in this fog]. *Trudy Gidrometcentra SSSR*, 1975, vol. 162, pp. 34–45.
7. Kellogg W.W., Cadle R.D., Allen E.R., Lazrus A.L., Martell E.A. The sulfur cycle. *Science*, 1972, vol. 175, no. 4022, pp. 587-596. doi: 10.1126/science.175.4022.587

Информация об авторах:

Чурсин Анатолий Сергеевич, кандидат географических наук, заведующий Испытательной лабораторией физико-химических исследований Национальной научной лаборатории коллективного пользования, Восточно-Казахстанский университет имени Сарсена Аманжолова, 070004, Республика Казахстан, г. Усть-Каменогорск, ул. Казахстан, 55. E-mail: eko.chursin@mail.ru

Anatoliy S. Chursin, Cand. Sc., Head of the Testing Laboratory for Physical and Chemical Research of the National Scientific Laboratory for Shared Use, Amanzholov University, 55, Kazakhstan street, Ust-Kamenogorsk, 070004, The Republic of Kazakhstan. E-mail: eko.chursin@mail.ru

Павленко Анатолий Владимирович, магистр естественных наук в области географии, младший научный сотрудник Испытательной лаборатории физико-химических исследований Национальной научной лаборатории коллективного пользования, Восточно-Казахстанский университет имени Сарсена Аманжолова, 070004, Республика Казахстан, г. Усть-Каменогорск, ул. Казахстан, 55. E-mail: ellezard@mail.ru

Anatoliy V. Pavlenko, M. Sc., Junior Researcher at the Testing Laboratory for Physical and Chemical Research of the National Scientific Laboratory for Shared Use, Amanzholov University, 55, Kazakhstan street, Ust-Kamenogorsk, 070004, The Republic of Kazakhstan. E-mail: ellezard@mail.ru