

ТУМАНЫ НА ТЕРРИТОРИИ ЮГО-ВОСТОКА ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

Рассмотрены основные характеристики и пространственная структура числа дней с туманом на территории юго-востока Западной Сибири. Материалом для исследования послужили данные метеорологических ежемесячников за период с 1966 по 2008 г. по 124 станциям юго-востока Западной Сибири (территории Томской, Новосибирской, Кемеровской областей и Алтайского края). Для оценки пространственного распределения числа дней с туманом на территории юго-востока Западной Сибири был использован модуль геостатистического анализа GA (Geostatistical Analyst) гис-программы ArcGis 9.3.

Ключевые слова: туман; основные характеристики; пространственная структура.

Устойчивое развитие экономики в различных природно-климатических условиях требует тщательного изучения природных ресурсов, одним из которых является климат. Ресурсный подход к изучению климата позволяет учитывать климатические факторы при функционировании многих отраслей народного хозяйства. В частности, к основным специализированным показателям климатических ресурсов для автомобильного и железнодорожного транспорта относят число дней с метелями и туманами [1].

Туман является одним из наиболее опасных атмосферных явлений для всех видов транспорта [2, 3]. Наличие туманов снижает мощность электростанций, работающих на солнечной энергии, а увлажнение туманами конструкций ведет к их коррозии, утечкам и пробоям в электро- и радиоаппаратуре и т.п.

Рассматриваемая территория занимает три ландшафтные зоны с большим разнообразием физико-географических условий, различными формами рельефа, режимом увлажнения и теплообеспеченности.

Лесные районы находятся в зоне избыточного увлажнения, где в теплые месяцы года коэффициент увлажнения больше единицы, что при большом естественном испарении и малых скоростях ветра создает высокую влажность в нижних слоях воздуха. В конце лета наблюдаются общее падение температуры воздуха и увеличение суточных амплитуд. Все названные факторы создают благоприятные условия для образования радиационных и адвективно-радиационных туманов.

На данной территории наблюдаются радиационные, адвективно-радиационные и адвективные туманы. Наиболее часто радиационные туманы возникают в ночное время перед восходом солнца при малооблачной погоде, слабом ветре и повышенной влажности воздуха. К радиационным туманам относятся также туманы вымораживания. Радиационные туманы чаще возникают в низких местах (котловина, долина, низина) или на болотах и на местности обычно лежат пятнами. Адвективно-радиационные и адвективные туманы связаны с адвекцией в Западную Сибирь теплого и влажного воздуха, особенно в холодное время года. Они образуются в теплых секторах циклонов, смещающихся из Казахстана или из центральных районов ЕТС [4].

Следует отметить, что наблюдения за атмосферными явлениями (в том числе и за туманами) ведутся визуально и всегда содержат элемент субъективности, методика наблюдений неоднократно менялась. Все эти причины сказываются на качестве исходного материала и затрудняют обработку [5].

Материалом для исследования послужили данные метеорологических ежемесячников за период с 1966 по

2008 г. по 124 станциям юго-востока Западной Сибири (территории Томской, Новосибирской, Кемеровской областей и Алтайского края).

В обработку были включены: туманы (т), туманы просвечивающие (тп), туманы ледяные (тл), туманы ледяные просвечивающие (тлп), туманы поземные (тз), туманы ледяные поземные (тлз) и туманы в окрестности станции (тос).

Включение туманов в окрестности станций вызвано тем фактом, что при размещении и строительстве различных объектов, на режим работы которых отрицательно влияет туман, большее значение приобретает вопрос образования тумана не только в районе самого объекта, но и возможного выноса тумана ветром из прилегающей к объекту местности. Днем с туманом считается день, в течение которого отмечен хотя бы один из перечисленных видов тумана.

Основными климатическими характеристиками туманов является число дней с туманом за каждый месяц, сезон и год, среднее и наибольшее число дней с туманом, вероятность различного числа дней с туманом для отдельных месяцев.

Для оценки пространственного распределения числа дней с туманом по территории юго-востока Западной Сибири был использован модуль геостатистического анализа GA (Geostatistical Analyst) гис-программы ArcGis 9.3. Используя измеренные значения в опорных точках, с помощью модуля Geostatistical Analyst можно интерполировать значения в других точках в пределах данной территории, для которых измерения не проводились. Инструменты исследовательского анализа пространственных данных, включенные в модуль Geostatistical Analyst, применяются для оценки статистических свойств данных, таких как изменчивость пространственных данных, их зависимость и глобальные тренды. Геостатистический анализ данных происходит в два этапа: 1) моделирование вариограммы или ковариации для анализа свойств поверхности; 2) кригинг.

В модуле Geostatistical Analyst возможно использование целого ряда методов, основанных на кригинге, включая методы ординарного, простого, универсального, индикаторного, вероятностного и дизъюнктивного кригинга.

При построении карты использовался геостатистический метод интерполяции – ординарный кригинг. Этот метод, как интерполятор, не выдвигает к данным требования нормальности распределения. Но для создания карт вероятности и карт квантилей подчинение данных этому закону является обязательным, поэтому была проведена проверка нормальности распределения данных.

Анализ исходных данных показал, что распределение соответствует логнормальному. Для приведения данных к нормальному виду было использовано логарифмическое преобразование. На рис. 1 показана гистограмма распределения исходных данных до и после преобразования.

их преобразования, а также нормальный график КК (квантиль-квантиль), который показывает, что после преобразования большинство точек расположено близко к прямой линии, соответствующей нормальному распределению.

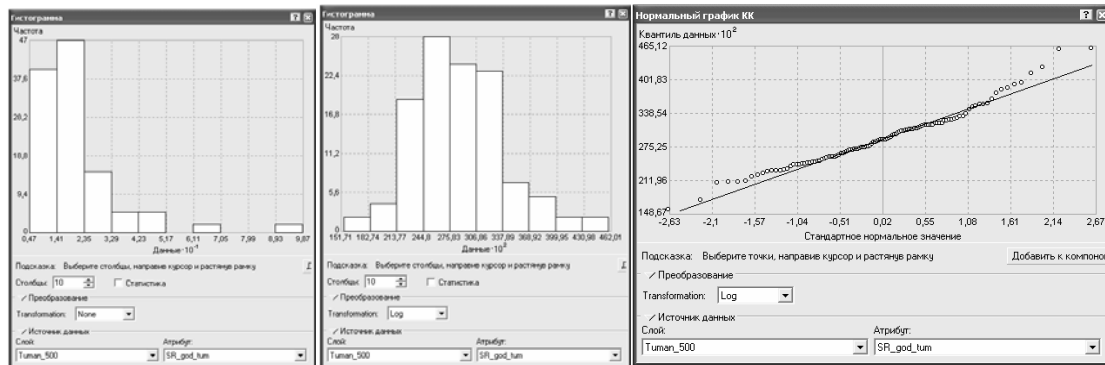


Рис. 1. Гистограмма исходных данных до и после преобразования

Часто в исходных данных присутствует тренд, представляющий собой неслучайную (детерминистскую) составляющую поверхности, которая может быть описана какой-либо математической формулой. Рассмотрим аддитивную модель [6]:

$$Z(s) = m(s) + e(s), \quad (1)$$

где $Z(s)$ – исходная переменная; $m(s)$ – некоторая детерминистская поверхность (тренд); $e(s)$ – случайная пространственно коррелированная ошибка.

Символ s в формуле указывает на положение точки (её координаты – долгота и широта). Тренд может быть простой константой либо функцией пространственных координат, где тренд представлен полиномом второй

степени и является регрессией пространственных координат x, y :

$$m(s) = b_0 + b_1x + b_2y + b_3x^2 + b_4y^2 + b_5xy. \quad (2)$$

Метеорологическим примером тренда может быть наблюдаемое постепенное изменение какой-либо метеорологической величины в зависимости от широты или долготы. Наблюдения для каждого конкретного дня отражают локальные отклонения, которые возникают вследствие различных причин (движения фронтальных масс, различий свойств подстилающей поверхности и т.п.), являющихся трудно предсказуемыми. Следовательно, локальные отклонения моделируются как автокоррелирующие.

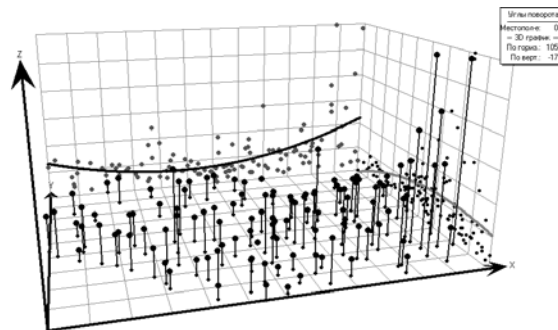


Рис. 2. Проверка данных на наличие тренда

Проверка данных с помощью инструмента анализа тренда GA показала, что в них присутствует пространственный тренд. На рис. 2 показаны данные, спроецированные в трехмерном изображении. Координаты исходных точек нанесены на плоскость x, y . В каждой опорной точке высотой отрезка является значение среднегодового числа дней с туманом. Значения спроецированы на боковые поверхности x, z и z, y . Тренд представлен полиномом второй степени.

При интерполяции учитывалось наличие тренда, а также было использовано логарифмическое преобразование данных. Была построена карта-схема среднего числа дней с туманом за год на рассматриваемой территории (рис. 3).

При построении изолиний территория Республики Алтай (из-за большой неоднородности территории по рельефу) была исключена из выборки (среднее число дней с туманом для данной территории на карте обозначено в цифровом виде рядом с обозначением станций).

Анализ изменения числа дней с туманом показал, что они довольно значительны: стандартное отклонение для станций Томской области менялось в пределах от 4,8 до 8,4 дней (Ср. Васюган), для Новосибирской области – от 4,3 до 21 дня (Сузун), в Кемеровской области этот диапазон еще шире: 4,1–28 (Усть-Кабырза). На территории Республики Алтай и Алтайского края стандартное отклонение находится в пределах от 1,8 до 21,3 (Кызыл-Озек).

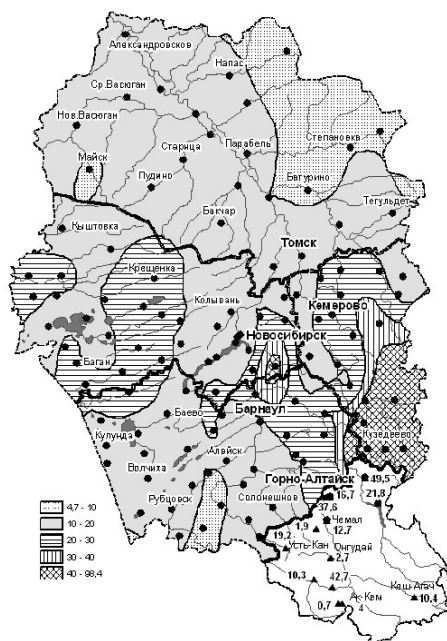


Рис. 3. Среднее число туманов за год

Анализ распределения среднего числа туманов за год по территории юго-востока Западной Сибири показывает, что оно крайне неравномерно и зависит от многих причин: синоптических условий, свойств подстилающей поверхности, близости водоемов и населенных пунктов, рельефа, экспозиции склонов.

На карте выделяются районы с максимальным числом туманов: Горная Шория и западные предгорья Салаирского кряжа, где ежегодно отмечается более 30–40 дней с туманом. Наибольшее среднее число дней с туманом на станциях Кондома (98,4), Усть-Кабырза (95,8), Междуреченск (68,3) и Кузедеево (61,6).

Второй очаг с высоким числом дней с туманом отмечен в районе станции Маслянино (51,3 дня). Также большое число дней зафиксировано на станциях Турочак (49,5 дня), Катанда (42,7 дня) и Кызыл-Озек (37,6 дня).

Повышенное среднее число дней с туманом (20–30 дней) наблюдается и в Барабинской степи, на правом берегу Оби до предгорий Кузнецкого Алатау.

На большей части Томской области, Алтайского края число дней с туманом находится в пределах 10–20. Такое же среднее число дней с туманом наблюдается в центральной и западной частях Новосибирской области, в западной части Кемеровской области.

В северо-восточной части Томской области количество дней с туманом уменьшается и составляет на станции Ванжиль-Кынак 4,7 дня, на станции Батурино – 7,9 дня, такое же значение отмечено и на станции Майск.

Небольшое среднее число дней с туманом зафиксировано на юге Алтайского края, в районе станций Змеиногорск (7,8), Краснощеково (8,1) и Шипуново (8,8), а также в западных предгорьях Республики Алтай: Кара-Тюрек (0,7) и Ак-Кем (4).

Также были рассчитаны суммы дней с туманом за период с 1966 по 2008 г. и построена карта распределения суммы дней с туманом. Распределение сумм аналогично распределению среднего числа дней с туманом, поэтому карта распределения не приводится. Наи-

большие суммы дней с туманом наблюдаются на станциях Кондома (4233), Усть-Кабырза (4119), Междуреченск (2935), Кузедеево (2648). Наименьшая сумма наблюдается на станции Кара-Тюрек (28).

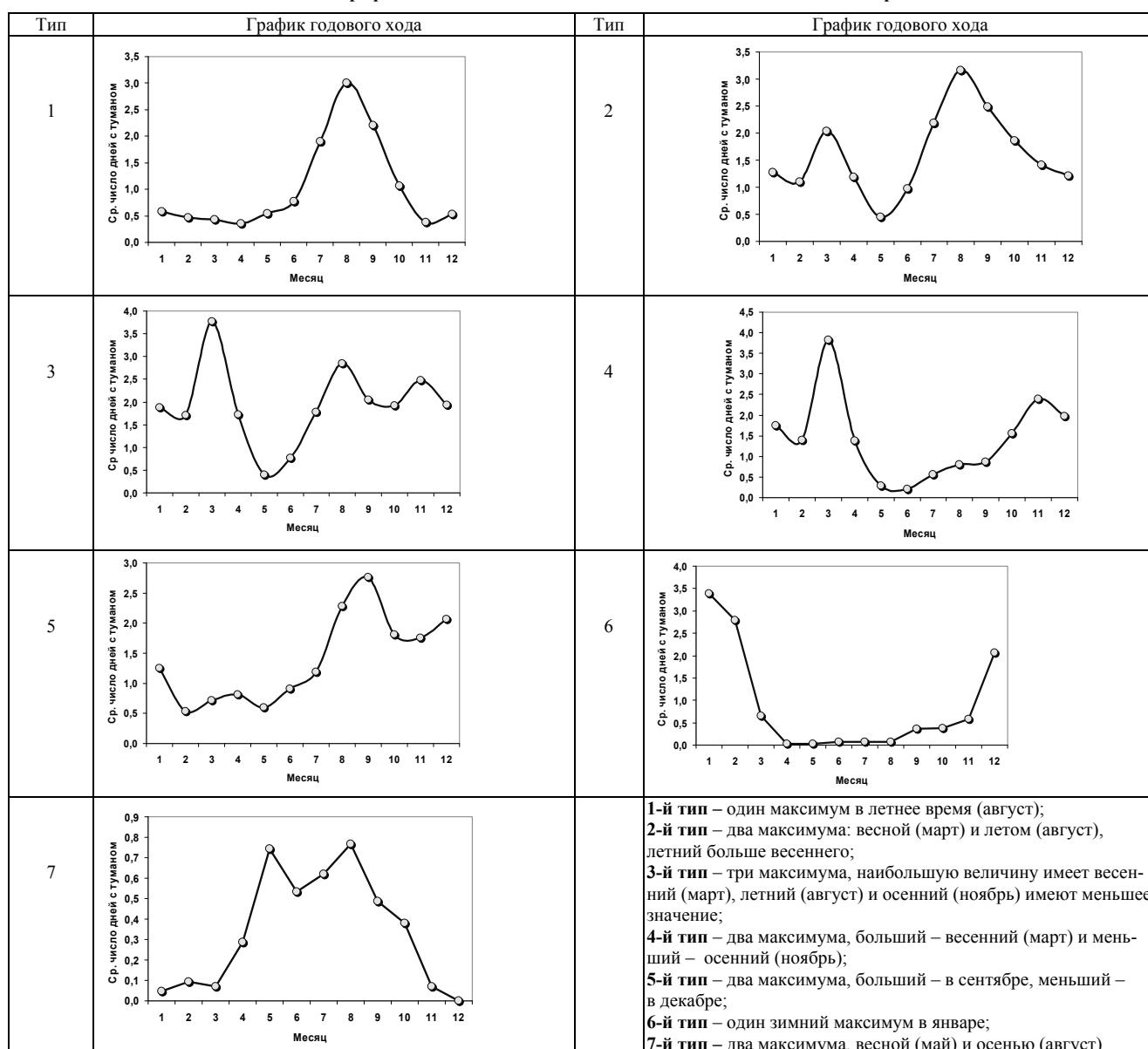
Годовой ход туманов зависит от физико-географических условий исследуемой территории. При исследовании годового хода числа дней с туманом какой-либо территории необходима их типизация. Одна из первых типизаций годового хода предложена в работе [7]. Она была создана для территории СССР, в ней условно были выделены четыре типа. Ввиду обширности территории страны эта типизация часто модернизировалась, в нее вводились новые подтипы [8]. Районирование Б.П. Алисова было использовано в работе [9] при исследовании пространственно-временного распределения туманов на территории всей Сибири за период с 1936 по 1965 г.

В работе была использована типизация, основанная на особенностях годового хода для станций исследуемого района с использованием современных данных.

Были построены графики годового хода для каждого пункта наблюдений; в зависимости от особенностей распределения числа дней с туманом по месяцам была произведена их условная классификация. В таблице приведены типовые графики для станций рассматриваемого района.

Для *первого типа* характерным является один максимум в летнее время (август). *Второй тип* характеризуется двумя максимумами: весной (март) и летом (август), летний больше весеннего. *Третий тип* характеризуется тремя максимумами, из которых наибольшую величину имеет весенний (март); летний (август) и осенний (ноябрь) имеют несколько меньшее значение. У *четвертого типа* два максимума, весенний (март) – больший и осенний (ноябрь) – меньший. Для *пятого типа* характерно наличие двух максимумов, большего осеннего (сентябрь) и зимнего (декабрь). *Шестой тип* имеет один зимний максимум в январе. *Седьмой тип* имеет два максимума, весной (май) и осенью (август).

Типовые графики годового хода на станциях юго-востока Западной Сибири



В горных районах пространственно-временное распределение имеет сложную картину, трудно выделить ареалы с однотипным годовым ходом, как уже отмечалось, определенную роль играет местная циркуляция воздуха, экспозиция склонов, высота, расположение станций в котловинах, долинах [9], поэтому на этой территории наблюдаются самые разные типы годового хода.

Для характеристики территории по виду годового хода с использованием предложенной типизации была построена карта-схема распределения типов по территории (рис. 4).

На всей территории Томской области отмечается одинаковый тип годового хода с одним максимумом в августе. На территории других областей картина распределения годового хода более разнообразна, особенно различаются типы годового хода в горных районах, что обусловлено большой неоднородностью территории.

В Новосибирской области встречаются 1, 2, 3 и 4-й типы, наибольшую повторяемость имеет 2-й и 1-й типы. В Кемеровской области встречаются 1, 2, 5-й типы, преобладающим типом также является 1-й тип. В Ал-

тайском крае встречаются 1, 2, 3-й типы и 4-й, повторяемость которого довольно значительна. В Республике Алтай наблюдаются типы 1, 3, 5, 6 и 7-й.

Изучение динамики изменения числа дней с туманом показало, что в последние годы (по отношению к периоду 1966–1990 гг.) среднее число дней с туманом в год на территории Томской области уменьшилось повсеместно. На рис. 5 приведена динамика для станции Томск, на рис. 6 – для станции Ванжиль-Кынак.

Как видно из рис. 5, для станции Томск среднее число дней с туманом в год за период 1966–1990 гг. составляло 17,5 дня, а в 1991–2008 гг. – 16 дней. Особенно это заметно для станции Ванжиль-Кынак, где среднее число дней с туманом за период 1966–1990 гг. составляло 7,6 дня, а с 1991 по 2008 г. – 1 день.

Анализ динамики числа дней с туманом за год на других станциях рассматриваемой территории показал, что тенденция к уменьшению, отмеченная в Томской области, в других областях обнаруживается не на всех станциях. На многих станциях наблюдается рост числа туманов за год. На рис. 7 приведена карта-

схема, на которой показаны тенденции изменения числа дней с туманом на различных станциях. Выяс-

нение причины таких различий требует дополнительных исследований.

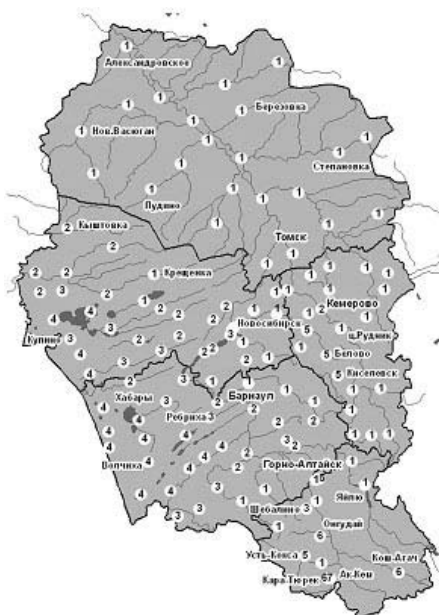


Рис. 4. Характеристика территории по типу сезонного хода

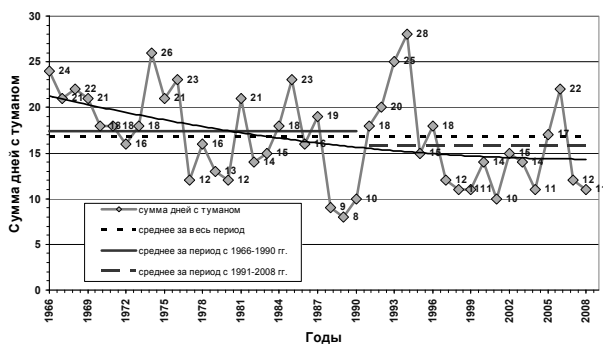


Рис. 5. Динамика числа дней с туманом за год. Томск (1966–2008 гг.)

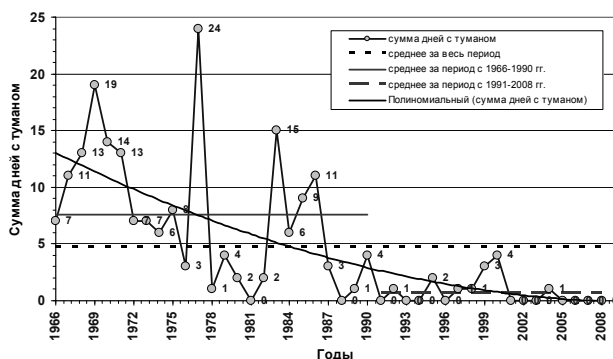


Рис. 6. Динамика числа дней с туманом за год. Ванжиль-Кынак (1966–2008 гг.)

В связи с большой изменчивостью числа дней с туманом представляло интерес рассмотрение повторяемости различного числа дней с туманом по градациям. Повторяемость числа дней с туманом на станциях Томской области представлена на рис. 8.

Вероятность отсутствия тумана (градация 0) меняется от 81,3% на станции Ванжиль-Кынак до 44,4% на станции Томск, вероятность градации 1–2 дня составляет 2,2–13,4%, 3–4 дня – 0,2–8,2%, 5–6 дней – 0,2–3,9%, 7–8 дней – 0–2,3%.

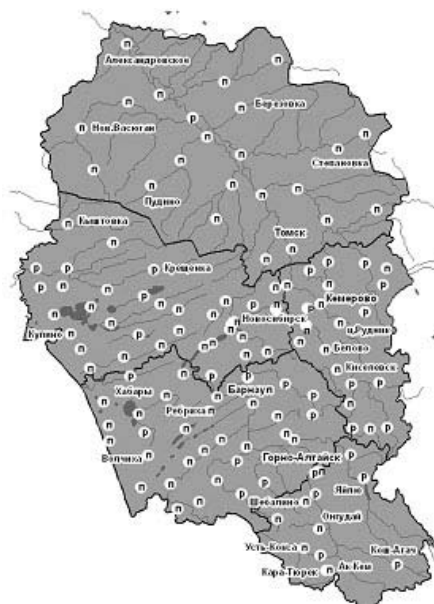


Рис. 7. Тенденции изменения числа дней с туманом на территории юго-востока Западной Сибири (1966–2008 гг.). П – падение; Р – рост

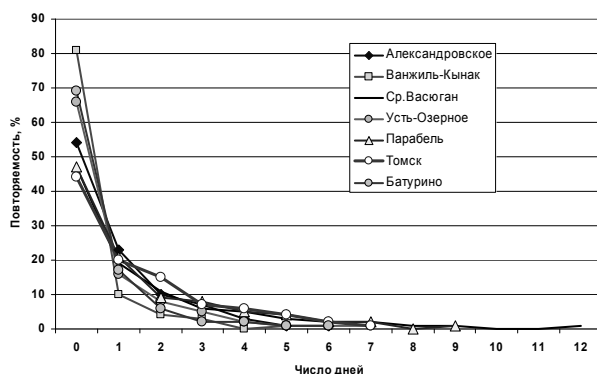


Рис. 8. Повторяемость числа дней с туманом в Томской области (1966–2008 гг.), %

Распределение числа дней по градациям для других станций аналогично за исключением станций: Междуреченск, Кузедеево, Кондома, Таштагол, Усть-Кабырза (Кемеровская область), Маслянино, Сузун, Убинское, Кре-

ценка (Новосибирская область), Турочак, Кызыл-Озек, Катанда (Республика Алтай), для которых графики повторяемости сильно вытянуты в сторону больших градаций (до 30 дней на станции Усть-Кабырза), рис. 9.

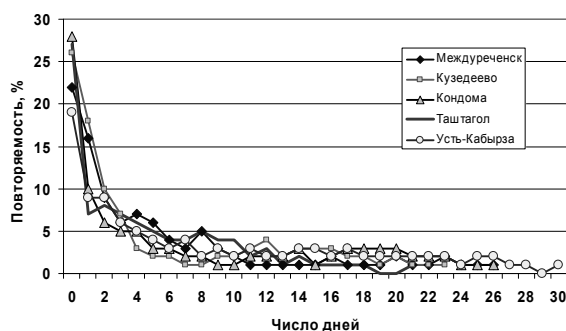


Рис. 9. Повторяемость числа дней с туманом в Кемеровской области (1966–2008 гг.), %

Таким образом, на большей части рассматриваемой территории наибольшую повторяемость имеют туманы продолжительностью от 1 до 6 дней за исключением некоторых станций, где могут наблюдаться туманы продолжительностью до 30 дней (станции Усть-Кабырза).

Исходя из вышесказанного можно сделать следующие выводы:

1. Наибольшее среднее число дней с туманом зафиксировано на станциях Кондома (98,4), Усть-Кабырза (95,8), Междуреченск (68,3), Кузедеево (61,6),

Маслянино (51,3 дня), Турочак (49,5 дня), Катанда (42,7 дня) и Кызыл-Озек (37,6 дня).

2. На большей части Томской области, Алтайского края, в центральной и западной частях Новосибирской области, в западной части Кемеровской области число дней с туманом находится в пределах 10–20.

3. В северо-восточной части Томской области количество дней с туманом уменьшается и составляет на станции Ванжиль-Кынак 4,7 дня, на станции Батурино – 7,9 дня, такое же значение отмечено и на станции Майск.

4. Небольшое среднее число дней с туманом зафиксировано на юге Алтайского края, в районе станций Змеиногорск (7,8), Краснощеково (8,1) и Шипуново

(8,8), а также в западных предгорьях Республики Алтай: Кара-Тюрек (0,7) и Ак-Кем (4).

5. Наибольшие суммы дней с туманом наблюдаются на станциях Кондома (4233), Усть-Кабырза (4119), Междуреченск (2935), Кузедеево (2648). Наименьшая сумма наблюдается на станции Кара-Тюрек (28).

6. Тенденция к уменьшению числа туманов, отмеченная в Томской области, в других областях обнаруживается не на всех станциях. На многих станциях наблюдается рост числа туманов за год.

7. Наибольшую повторяемость имеют туманы продолжительностью от 1 до 6 дней за исключением некоторых станций, где могут наблюдаться туманы продолжительностью до 30 дней (станция Усть-Кабырза).

ЛИТЕРАТУРА

1. *Энциклопедия* климатических ресурсов Российской Федерации / Под ред. Н.В. Кобышевой и К.Ш. Хайруллина. СПб.: Гидрометеоздат, 2005. 320 с.
2. Дробышев А.Д., Кошинский С.Д., Корулина Л.Г., Лучицкая И.О. Опасные явления погоды на территории Сибири и Урала. Ч. 1. Л.: Гидрометеоздат, 1979. 382 с.
3. Бёер В. Техническая метеорология. Л.: Гидрометеоздат, 1966. 292 с.
4. *Справочник по климату СССР. Облачность и атмосферные явления.* Л.: Гидрометеоздат, 1970. Вып. 20. 324 с.
5. Дроздов О.А., Васильев В.А., Кобышева Н.В. и др. Климатология. Л.: Гидрометеоздат, 1989. 568 с.
6. Джонсон К., Хоеф Д.М., Криворучко К., Лукас Н. ArcGis Geostatistical Analyst. Руководство пользователя. М.: ДАТА+, 1998. 278 с.
7. Пастух В.П., Анапольская Л.Е. Некоторые особенности годового хода туманов на территории СССР // Труды ГГО. 1960. Вып. 113. С. 3–5.
8. Алисов Б.П. Климат СССР. М.: Высшая школа, 1969. 104 с.
9. Приходько Л.Г. Пространственно-временное распределение туманов на территории Сибири // Труды ЗСРНИГМИ. 1975. Вып. 16. С. 114–121.

Статья представлена научной редакцией «Науки о Земле» 1 марта 2011 г.