УДК 551.583 +551.577

СОВРЕМЕННЫЙ КЛИМАТИЧЕСКИЙ РЕЖИМ АТМОСФЕРНЫХ ОСАДКОВ НА ТЕРРИТОРИИ ТОМСКОЙ ОБЛАСТИ

Н. К. Барашкова, М. А. Волкова, И. В. Кужевская

Томский государственный университет
634050 Томск, пр. Ленина, 36
meteo@ggf.tsu.ru

Поступила в редакцию 12.01.2015
Поступила после доработки 9.02.2015

Введение

Регион Томской области находится в центральной части континента Евразии и его климатические изменения в контексте глобальных изменений по мнению ряда исследователей не столь очевидны. В то же время возникновение опасных и экстремальных погодных условий, несомненно, участилось (Барашкова, 2011), что может отразиться и на климатических характеристиках, используемых для научных и прикладных целей. В связи с этим актуальным является уточнение количественных показателей режима атмосферных осадков. Типичным набором показателей, приводимых в существующих климатических справочниках, являются среднемноголетние месячные и годовые суммы осадков, их экстремумы и показатели изменчивости, число дней с осадками разного количества, продолжительность осадков, фазовое состояние и, реже, интенсивность. Ряд специализированных климатических характеристик, например, суточные максимумы сумм осадков различной обеспеченности, востребованы при строительстве и эксплуатации зданий и сооружений, а также в транспортной отрасли (Руководство.., 2008).

С появлением доступных для исследовательских целей массивов суточных данных по атмосферным осадкам (ВНИИГМИ-МЦД, meteo.ru) появилась возможность уточнения для территории Томской области, как перечисленных выше стандартных, так и специализированных климатических характеристик осадков.

Материалы и методы исследования

Информационной базой оценки изменчивости метеорологических (по данным наблюдений) и расчетных параметров атмосферных осадков, характеризующих современные климатические условия на территории Томской области, послужили данные суточного разрешения об атмосферных осадках на 10 метеорологических станциях области за период с 1936 по 2010 гг. (ВНИИГМИ-МЦД, meteo.ru).

Оценка режима атмосферных осадков проводилась для различных временных интервалов: за указанный период в целом, по 30-летиям, за период времени, использованный в действующих Строительных нормах и правилах (СП 131.13330.2012, 2012).

В результате были рассчитаны следующие климатические характеристики:

- среднее многолетнее количество осадков;
- число дней с осадками по градациям (≥ 0,1, ≥ 5,0 мм);
- периоды непрерывной продолжительности с осадками (≥ 0,1мм) и без осадков;
- суточный максимум 1 % обеспеченности;
- число дней с опасными явлениями: очень сильный дождь, очень сильный снег, а также с комплексом опасных явлений «сильный дождь», «сильный снег».

Для выявления экстремальных климатических явлений в режиме осадков использованы индексы (STARDEX Diagnostic Extremes Indices), разработанные и рекомендованные ВМО в 1999 г. (STARDEX, 1999):

- R1d — максимальная сумма осадков за сутки;

- R5d — максимальная пентадная сумма осадков;
- SDII — суточный индекс интенсивности осадков;
- R10mm — число суток с осадками ≥ 10 мм/сутки;
- R20mm — число суток с осадками ≥ 20 мм/сутки;
- CDD — максимальная продолжительность сухих периодов (число дней с осадками < 1,0 мм);
- CWD — максимальная продолжительность влажных периодов (число дней с осадками ≥ 1,0 мм);
- R95p — сумма сильных осадков.

В расчетах привлекались традиционные статистические методы анализа временных рядов, в том числе тренд-анализ.

Результаты исследования

Средние многолетние годовые суммы атмосферных осадков изменяются по территории в диапазоне от 453 мм (ст. Первомайское) до 586 мм на станции Ванжиль-Кынак, расположенной на северо-востоке области (табл.1).

Наибольшая изменчивость (коэффициент вариации C_v) годовых сумм атмосферных осадков отмечается на станции Бакчар (0,19), минимальная — на ст. Усть-Озерное (0,14), что хорошо согласуется с данными, опубликованными в работе Климат России (2001).

Границы теплого и холодного периодов ориентировочно можно провести с использованием дат перехода среднесуточной температуры воздуха через 0 °С. По данным (Климат России, 2001, Барашкова и др., 2009) в Томской области весной — это апрель, осенью — октябрь.

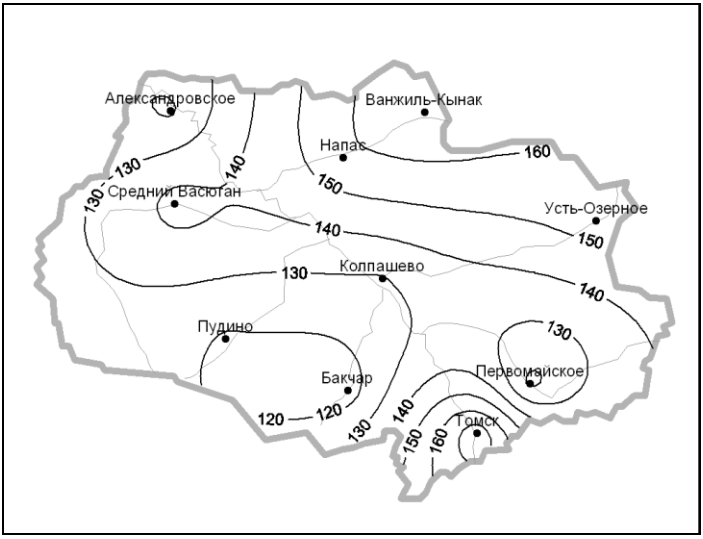
В холодный период (ноябрь — март) количество осадков на территории изменяется от 115 мм (ст. Бакчар) до 177 мм (ст. Томск), в целом, увеличиваясь в направлении с юго-запада на северо-восток территории (рис.1а). Наибольшая изменчивость отмечается также на ст. Бакчар (0,36), наименьшая — ст. Ванжиль-Кынак (0,22).

В теплый период (апрель—октябрь) количество выпавших осадков колеблется (рис.1б) от 336 мм (ст. Первомайское) до 417 мм

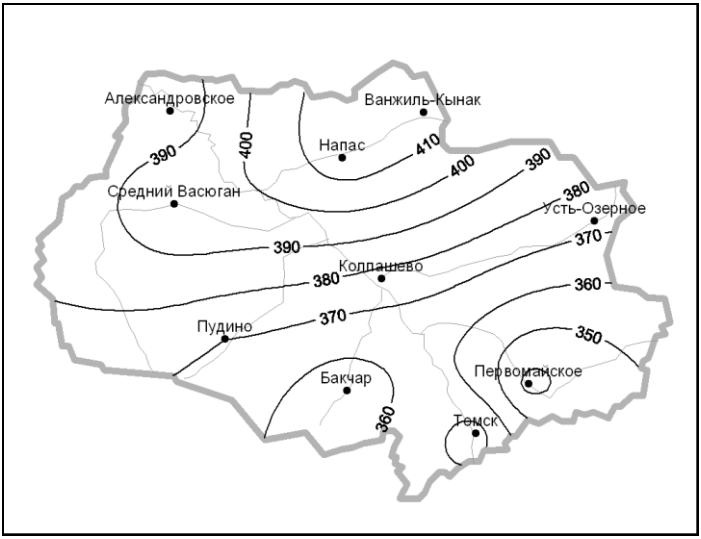
Таблица 1

Средние многолетние характеристики сумм атмосферных осадков

Характеристика	Александровское	Ванжиль-Кынак	Напас	Средний Васюган	Усть-Озерное	Колпашево	Пудино	Бакчар	Первомайское	Томск	Среднее по области
Год											
Среднее, мм	499,2	586,0	575,4	544,1	527,6	506,1	488,9	468,5	453,3	553,0	520,0
C_v	0,17	0,16	0,15	0,16	0,14	0,15	0,16	0,19	0,18	0,16	0,16
Тренд, мм/10 лет	6,7	12,6	15,6	4,9	2,6	15,2	18,2	13,2	12,5	19,5	12,1
Холодный период											
Среднее, мм	118,4	169,1	158,3	144,2	154,6	129,3	118,8	115,2	117,1	177,9	140,3
C_v	0,27	0,22	0,28	0,26	0,24	0,31	0,33	0,36	0,30	0,35	0,29
Тренд, мм/10 лет	7	0,6	6,4	3,9	3,9	7	0,3	2,6	2,7	8,7	4,3
Теплый период											
Среднее, мм	380,8	416,9	417,1	399,9	373	376,8	370,1	353,3	336,2	375,1	379,9
C_v	0,21	0,19	0,21	0,18	0,19	0,18	0,17	0,23	0,20	0,21	0,20
Тренд, мм/10 лет	−0,3	13	9,2	0,9	-1,3	8,2	8,2	10,7	9,8	10,8	6,9



а)



б)

Рис. 1. Распределение средних многолетних сумм атмосферных осадков (мм) за холодный (*а*) и теплый (*б*) периоды.

(ст. Напас), а коэффициент вариации изменяется от 0,17 мм (ст. Пудино) до 0,23 (ст. Бакчар). Таким образом, наиболее неустойчивый режим осадков наблюдается в холодный период года на юге исследуемой территории.

Максимальное количество атмосферных осадков приходится на июль и август, что связано с повышенной в эти месяцы повторяемостью циклонических образований (Волкова и др., 2006, Волкова и др., 2009), активностью процессов внутримассовой конвекции и, соответственно, выпадения интенсивных ливневых осадков. Минимум осадков формируется в конце холодного периода (февраль—март), когда территория находится, преимущественно, под влиянием антициклональной циркуляции Сибирского максимума.

Средняя скорость локальных изменений атмосферных осадков (мм/10 лет) в течение последних 50 лет оценивалась с помощью тренд-анализа, который выявил тенденцию повсеместного роста годового количества атмосферных осадков от 2,6 мм/10 лет (ст. Усть-Озерное) до 19,5 мм/10 лет (ст. Томск).

Осредненные по территории месячные суммы осадков имеют тенденцию роста во все месяцы года, кроме августа (рис. 2).

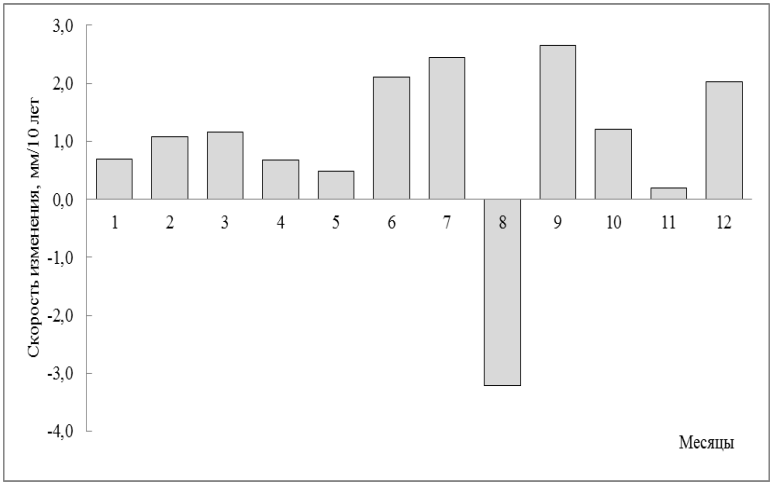


Рис. 2. Скорость изменения среднемноголетних месячных сумм осадков.

Отметим, что на отдельных станциях противоположная тенденция (уменьшения) сумм осадков наблюдается практически в каждом месяце, кроме сентября и декабря. Максимальное же количество станций с отрицательными тенденциями зафиксировано в августе, что отразилось и на осредненной по территории тенденции для этого месяца.

Анализ рассчитанных значений годового числа дней с осадками ≥ 0,1 мм и ≥ 5 мм, скорости изменения числа дней с осадками за периоды 1961—2010 и 1976—2010 гг. (1976 год — условное начало современного потепления (Груза, 2012)), а также стандартных отклонений (за период 1961—2010 гг.) показал, что их значение по выделенным периодам практически не отличаются, но тенденции существенно различаются (табл.2).

В теплый период число дней с осадками варьирует от 75 до 83, в холодный — от 90 до 110 дней. В то же время, число дней с осадками ≥ 5,0 мм в теплый период в 2—3 раза больше, чем в холодный.

Оценка тенденций числа дней с осадками за периоды 1961—2010 и 1976—2010 гг. и за теплый и холодный периоды существенных отличий между ними не выявила. Отсутствие согласованности трендов по территории свидетельствует о наличии скрытых периодичностей в рассматриваемых рядах. Число дней с осадками ≥ 5,0 мм имеет более выраженную тенденцию в сторону увеличения: до 1 дня /10 лет. Исключением является станция Усть-Озерное, где эта характеристика в холодный период уменьшается со скоростью −0,5 ÷ −1,0 день/10 лет.

Характеристики непрерывной продолжительности периодов с осадками/без осадков за год, теплый и холодный периоды года по станциям Томской области представлены в табл.3.

Отметим, что продолжительность осадков, как правило, выражают числом дней (суток) независимо от режима выпадения внутри суток. Определение периода с осадками осуществлялось по А. Н. Лебедеву (Лебедев, 1964), т. е. за период с осадками принималась непрерывная продолжительность дней, в течение которых выпадали осадки в 1, 2, 3, и более сутках.

Таблица 2

Показатели годового количества дней с осадками более 0,1 мм и более 5,0 мм

Станция	Число дней с осадками ≥0,1 мм, дни					Число дней с осадками ≥5 мм, дни				
	Среднее		σ	Тренд, дни/10 лет		Среднее		σ	Тренд, дни/10 лет	
	1961—2010	1976—2010		1961—2010	1976—2010	1961—2010	1976—2010		1961—2010	1976—2010
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Теплый период										
Александровское	81	99	9,9	−1,3	0,5	21	24	6	0,3	0,3
Бакчар	75	91	8,3	−1,0	0,1	19	22	5	0,5	0,9
Ван.-Кынак	83	101	11,5	−1,9	−0,3	23	27	5,1	0,8	1,9
Колпашево	77	94	9,7	−1,5	−0,1	21	24	5,0	0,4	1,2
Напас	82	101	8,1	0,8	1,8	22	26	5,3	0,1	1,2
Первомайское	76	94	10,2	0	0,4	19	22	4,9	1,1	0,1
Пудино	75	89	10,4	0,4	4,2	21	24	4,2	0,6	1,3
Ср.Васюган	82	99	10,5	0,3	1,8	22	25	4,9	0,4	1,1
Томск	78	92	10,6	−2,0	1,3	21	25	4,5	0,7	1,2
Усть-Озерное	79	98	13,8	−2,2	−3,3	21	24	6,0	−0,5	−1,0

Продолжение табл. 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Холодный период										
Александровское	103	86	10,6	1,3	0,7	6	4	3	0,5	1,0
Бакчар	95	79	12,2	1,1	2,3	7	3	8	0,1	0,7
Ван.-Кынак	110	88	12,5	−2,0	−3,0	10	6	3,8	0,0	0,9
Колпашево	100	83	11,1	0,7	2,0	7	4	3,0	0,6	1,5
Напас	108	91	12,7	1,7	1,5	9	6	3,6	0,4	0,9
Первомайское	98	79	11,2	−1,7	−0,4	6	4	2,8	0,2	0,8
Пудино	90	75	13,4	0,8	2,6	6	4	3,4	0,7	0,6
Ср. Васюган	105	85	11,3	−0,3	−1,8	8	5	3,9	0,1	0,5
Томск	103	84	11,4	−0,6	1,8	12	9	4,0	0,8	1,4
Усть-Озерное	109	91	12,1	−1,2	−4,8	8	4	3,6	0,0	1,0

Таблица 3

Непрерывная продолжительность периодов с осадками и без осадков

Станция	Продолжительность периода, дни								
	без осадков			с осадками ≥0.1 мм			с осадками ≥5 мм		
	ТП	ХП	год	ТП	ХП	год	ТП	ХП	год
Александровское	2,9 (22)	2,5 (22)	2,8 (24)	2,6 (20)	3,2 (22)	2,8 (22)	1.3 (5)	1.1 (2)	1,2 (5)
Бакчар	3,2 (24)	2,8 (24)	3,0 (26)	2,4 (21)	3,1 (16)	2,7 (21)	1,2 (4)	1,1 (2)	1,2 (4)
Ванжиль-Кынак	2,9 (27)	2,6 (28)	2,8 (28)	2,7 (19)	3,7 (27)	3,1 (27)	1,3 (6)	1,1 (3)	1,2 (6)
Колпашево	3,1 (28)	2,6 (26)	2,9 (28)	2,5 (24)	3,2 (28)	2,8 (28)	1,2 (5)	1,1 (3)	1,2 (5)
Напас	2,9 (20)	2,5 (24)	2,8 (24)	2,6 (16)	3,6 (29)	3,0 (29)	1,3 (5)	1,1 (4)	1,2 (5)
Первомайское	3,0 (31)	2,8 (23)	2,9 (31)	2,4 (18)	3,2 (24)	2,7 (24)	1,2 (4)	1,1 (4)	1,2 (4)
Пудино	3,2 (26)	3,0 (25)	3,1 (34)	2,4 (17)	2,9 (16)	2,6 (20)	1,2 (5)	1,1 (3)	1,2 (5)
Средний Васюган	3,0 (20)	2,6 (23)	2,8 (23)	2,6 (16)	3,5 (24)	3,0 (28)	1,2 (5)	1,1 (6)	1,2 (6)
Томск	3,1 (21)	2,6 (26)	2,9 (26)	2,5 (18)	3,4 (28)	2,9 (28)	1,2 (6)	1,2 (4)	1,2 (6)
Усть-Озерное	3,0 (24)	2,6 (18)	2,9 (24)	2,6 (18)	3,9 (28)	3,1 (28)	1,2 (6)	1,1 (3)	1,2 (6)

Примечание.
Средняя продолжительность периода — левый столбец,
максимальная продолжительность периода — правый столбец (в скобках).
ТП — теплый период, ХП — холодный период.

Периоды с осадками выделялись отдельно в холодный (с ноября по март) и теплый периоды (с апреля по октябрь), и в целом за год, как рекомендовано в (Научно-прикладной справочник.., 1993). Непрерывная *максимальная* продолжительность периодов с осадками (≥ 0,1 мм) и без осадков за год и холодный период отличается несущественно, и составляет по территории от 16 до 34 дней. Исключением являются станции Бакчар, Первомайское и Пудино, на которых продолжительность периодов без осадков существенно выше, чем периодов с осадками. В теплое время года непрерывная продолжительность (максимальная и средняя) периодов без осадков повсеместно на территории выше (на 10—30 %), чем периодов с осадками.

Непрерывная *средняя* продолжительность периодов с осадками ≥ 5 мм составляет 1,1—1,3 дня с максимальной продолжительностью до 6 дней. В теплый период непрерывная продолжительность выше, чем в холодный.

Анализ количества и продолжительности периодов с осадками и без осадков в холодном и теплом периодах года показал, что наибольшее их количество приходится на однодневные. С увеличением продолжительности их количество уменьшается по степенному закону, при этом радиус временной корреляции составляет 2 дня.

Периодов малой продолжительности (до 3 суток) с осадками больше, чем без них той же продолжительности. С длительности, равной четырем суткам, повторяемость выравнивается, после увеличения продолжительности до 10—11 суток — картина обратная.

Для расчета вероятностей смен состояний в режиме атмосферных осадков последовательность дней с осадками и без осадков приводилась к бинарному состоянию. Ситуация, когда за сутки выпало осадков более заданной суточной (≥ 0,1 мм) суммы, принималась за случай с осадками и обозначалась «1», все остальные ситуации отнесены к состоянию «без осадков», и обозначены «0». Таким образом, образовалась последовательность из «1» и «0». Для оценки вероятности смен состояний в режиме атмосферных осадков

применялись одношаговые вероятности перехода, независящие от времени:

– сохранения дня с осадками,

– смены дня с осадками днем без осадков,

– смены дня без осадков днем с осадками,

– сохранения дня без осадков на следующие сутки.

Оказалось, что вероятность сохранения *дня с осадками* в холодный период выше, чем в теплый и составляет 65,1—74,2 %. В теплый период, наоборот, выше значения вероятности сохранения *дня без осадков* на следующие сутки 65,6—69,3 % (табл.4).

В качестве прикладных климатических характеристик рассчитаны значения максимального за год суточного количества осадков 1% обеспеченности и абсолютного максимума суточного количества осадков, востребованных, например, при сооружении объектов ливневой канализации (табл. 5). Расчет суточного количества осадков 1%-ной обеспеченности проведен с использованием распределения Гумбеля.

Были рассмотрены случаи с выпадением атмосферных осадков, которые входят в перечень опасных природных явлений на территории Томской области, введенный в действие 01.01.2009 г. В табл. 6 приводится повторяемость таких ситуаций, начиная с 1960 г.

Большинство из ОЯ «Очень сильный дождь» было связано с циклоническим типом барического поля, 75 % — теплый фронт, 25 % — холодный фронт.

Индексы экстремальности (STARDEX Diagnostic Extremes Indices)

Для унификации расчетов по оценки экстремальности погодных условий при исследовании климата в 1999 г. группой исследователей в рамках Исследовательского проекта, поддерживаемого Европейской комиссией в рамках Пятой Рамочной программы ("Глобальное изменение, климат и биоразнообразие" в экологии, энергетики и устойчивого развития), были разработаны индексы. Значения индексов экстремальности, т. е. показателей «экстремальной погоды» существенно различаются для разных регионов Земного шара (Chang, 2014; Iskander, 2014; Vincent et al. 2011).

Таблица 4

Вероятностные характеристики (%) периодов с осадками (≥0,1 мм) и без осадков

Станция	Ноябрь—март					Апрель—октябрь				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
Александровское	68,9	31,1	38,6	61,4	55,9	60,9	39,1	34,4	65,6	47,1
Бакчар	67,8	32,2	35,3	64,7	52,8	59,4	40,6	31,4	68,6	43,9
Ванжиль-Кынак	73,3	26,7	38,4	61,6	59,5	63,7	36,3	34,3	65,7	48,9
Колпашево	68,7	31,3	37,1	62,9	54,8	59,5	40,5	32,4	67,6	44,7
Напас	72,9	27,1	39,6	60,4	59,9	63,2	36,8	33,9	66,1	48,3
Первомайское	69,1	30,9	35,4	64,6	54,0	58,4	41,6	32,8	67,2	44,3
Пудино	65,1	34,9	33,3	66,7	49,3	57,5	42,5	30,7	69,3	42,2
Средний Васюган	71,2	28,8	38,1	61,9	57,5	61,4	38,6	33,5	66,5	46,7
Томск	70,9	29,1	37,3	62,7	56,7	59,9	40,1	31,8	68,2	44,5
Усть-Озерное	74,2	25,8	37,3	62,7	59,8	62,1	37,9	33,2	66,8	47,0

Примечание.

В таблице колонка 1 — вероятность сохранения дня с осадками, 2 — вероятность смены дня с осадками днем без осадков, 3 — вероятность смены дня без осадков днем с осадками, 4 — вероятность сохранения дня без осадков, 5 — фактическая вероятность наступления дня с осадками.

.

Таблица 5

Характеристики суточного количества атмосферных осадков

Характеристика	Александровское	Бакчар	Ванжиль-Кынак	Колпашево	Напас	Первомайское	Пудино	Средний Васюган	Томск	Усть-Озерное
Суточное количество осадков 1% -ной обеспеченности, мм	78,6	107,2	75,9	75,0	85,5	70,0	85,2	59,5	85,8	85,6
Максимальное суточное количество осадков, мм	69,1	101,8	70,7	60,4	78,6	69,2	84,4	56,1	80,5	86,0
Дата	23.08. 2000	06.04. 1975	22.08. 1977	22.08. 2004	13.06. 1996	04.08. 1962	30.07. 1972	18.05. 1983	15.08. 1994	23.09. 1967

\

Таблица 6

Число дней с опасными явлениями

ОЯ	Критерий	Александровское	Ванжиль-Кынак	Напас	Средний Васюган	Усть-Озерное	Колпашево	Пудино	Бакчар	Первомайское	Томск
Очень сильный дождь (жидкие и смешанные осадки)	≥50 мм/12 ч	3	1	4	-	-	2	4	3	-	4
Очень сильный снег	≥20 мм/12 ч	2	-	1	2	-	-	-	2	-	2
Явления, в сочетании с другими образующие ОЯ											
Сильный дождь	≥35 мм/12 ч	8	9	16	8	6	7	15	13	7	11
Сильный снег	≥14 мм/12 ч	10	2	6	11	2	7	4	11	2	8

Таблица 7

Индексы экстремальности режима осадков по территории Томской области

Индекс	Единица измерения	Александровское	Усть-Озерное	Ванжиль-Кынак	Напас	Средний Васюган	Колпашево	Пудино	Бакчар	Первомайское	Томск	Область
	Среднее значение индекса (1936-2010/1976-2010)											
R1d	мм	31,4 30,8	31,0 30,5	29,9 29,8	33,6 37,7	30,4 31,8	29,8 30,7	32,8 32,5	31,3 33,7	28,4 27,3	31,3 32,6	31,0 31,7
R5d	мм	54,5 52,4	49,7 49,2	54,3 55,6	55,2 57,4	52,2 50,2	52,0 55,2	52,1 50,6	48,9 52,0	46,0 42,2	49,7 51,8	51,5 51,6
SDII	мм/сут	4,8 4,7	4,4 4,3	4,7 4,7	4,7 4,7	4,8 4,7	4,8 4,7	4,9 4,8	4,7 4,7	4,6 4,5	4,8 4,8	4,7 4,7
R10mm	дни	10 9,7	9 8,9	11,0 11,2	10 10,5	10 10,2	10 9,9	9 9,7	8,5 8,8	8 7,9	10 10,1	9,5 9,7
R20mm	дни	2 2,0	2 1,8	2,4 2,5	2 2,3	2 2,3	2 2,3	2 2,3	1,9 2,0	2 1,7	2 1,9	2,1 2,1
CWD	дни	6 6,1	7 7,2	7,6 7,3	7 7,1	7 6,4	6 6,3	6 5,8	5,8 5,8	6 5,9	7 6,8	6,5 6,5

CDD	дни	25	22	20,4	22	23	25	27	24,8	24	23	23,6
		21,8	21,0	21,3	21,6	22,7	22,8	25,1	24,5	23,1	20,1	22,4
R95p	мм	168,2	149,3	176,8	168,2	163,3	157,7	148,7	148,2	144,8	157,9	158,3
		167,9	145,3	179,0	177,5	160,3	167,9	155,7	157,6	147,2	166,0	162,4
	Значение линейного тренда (1936-2010/1976-2010)											
R1d	мм/	−0,6	−0,3	0,2	1,2	0,5	0,5	0,0	2,1	−0,7	0,2	0,3
	10 лет	−1,6	−0,9	1,6	0,2	−2,2	1,2	−0,1	2,4	−0,5	−3,5	−0,3
R5d	мм/	−1,7	−0,8	2,5	0,9	−0,5	1,0	0,5	2,7	−1,7	0,8	0,4
	10 лет	−3,4	−2,3	4,3	0,1	−3,3	2,8	−3,1	3,6	1,6	−2,1	−0,2
SDII	мм/сут/	−0,1	−0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	10 лет	−0,1	−0,1	0,2	0,1	0,0	0,2	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1
R10mm	дней/	−0,1	−0,3	0,6	0,2	−0,1	0,2	0,1	0,4	0,1	0,2	0,1
	10 лет	0,1	−0,7	1,0	1,1	0,2	0,8	0,3	0,7	0,8	1,3	0,6
R20mm	дней/	−0,1	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,1	0,2	−0,1	0,0	0,0
	10 лет	0,1	−0,4	0,4	0,0	0,1	0,2	−0,1	0,3	0,0	−0,2	0,0
CWD	дней/	0,0	0,1	−0,2	0,0	−0,1	0,1	0,0	0,1	0,1	0,1	0,0
	10 лет	0,1	0,7	−0,3	0,1	−0,2	−0,1	0,2	0,4	0,2	0,7	0,2
CDD	дней/	−0,9	−0,1	0,9	0,2	0,0	−0,4	−0,6	−0,7	−0,2	−0,8	−0,3
	10 лет	−0,9	1,5	1,1	−0,9	−1,0	2,0	−1,2	−1,1	−0,2	−0,6	−0,1
R95p	мм/	−1,5	−5,1	7,9	4,8	0,5	4,7	4,0	8,9	1,1	3,5	2,9
	10 лет	1,9	−12,8	16,8	15,5	−0,1	19,6	−0,6	13,6	14,4	13,6	8,2

В Томской области отмечается увеличение частоты проявлений экстремальных условий погоды, в том числе, и по режиму атмосферных осадков (Поляков и др., 2014). В табл. 7 приводятся значения индексов и показателя их линейного тренда для анализируемых периодов по станциям и в целом по территории области.

Максимальное количество осадков в году, выпавших за сутки (**R1d**) по территории изменяется от 27,3 мм до 37,7 мм (период 1976—2010) и от 28,4 до 33,6 мм (1936—2010). Нижний предел относится к ст. Первомайское, верхний — к ст. Напас.

В среднем по территории величина индекса составляет 31 мм (σ = 12 мм). Тренд величины, в целом, положительный, в последние 35 лет поменял знак, оставшись по величине прежним (0,3 мм/10 лет). Среднее значение выросло, в основном, за счет станций Напас, Томск и Бакчар (рис. 3).

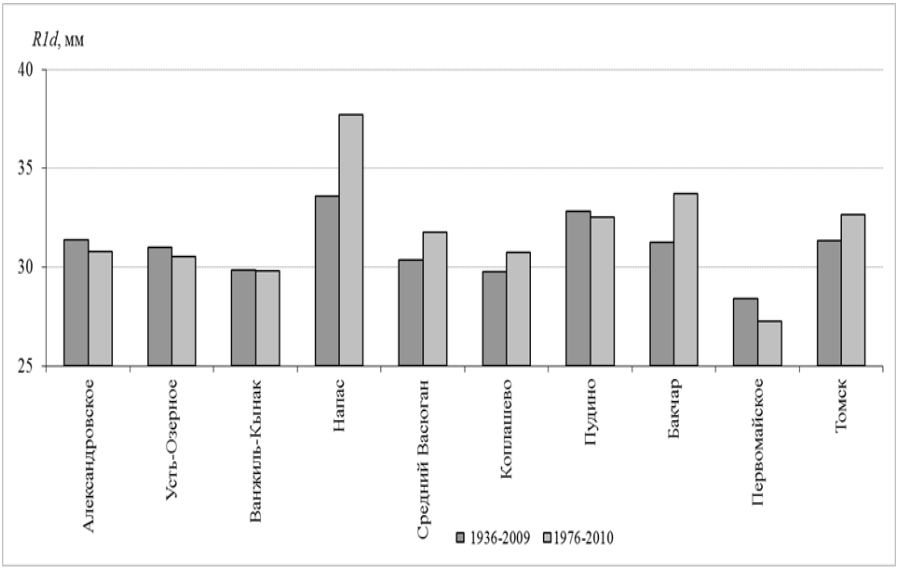


Рис. 3. Индекс **R1d** для станций Томской области.

Максимальная пентадная сумма осадков (**R5d**) равняется 51,5—51,6 мм. Последние 35 лет характеризуются ростом индекса на половине станций, на остальных он уменьшается. Тенденции R5d по каждой станции идентичны таковым по R1d, при этом тренд R5d стал более слабым (+0,4 — за весь период, −0,2 мм/10 лет — за период 1976—2010 гг.).

Индекс **SDII** — отношение годовой суммы осадков к числу дней с осадками ≥ 1 мм в сутки — стабильно устойчивая для региона характеристика (4,7 мм/сут.), хотя её межгодовая изменчивость достаточно значительная. Например, на станции Томск величина изменяется от 3,6 мм/сут. (1957) до 5,8 мм/сут. (1941). Тренд слабо отрицательный лишь на двух станциях — Александровское и Усть-Озерное.

Количество дней в году с суточной суммой осадков ≥ 10 мм (**R10mm**) значительно возрастает для ст. Томск в период 1976—2010 гг. со скоростью до 1,3 сут./10 лет по сравнению 0,2 сут./10 лет за весь период. Для 5 из оставшихся станций области наблюдается аналогичная картина, для 4 северных станций явной тенденции к увеличению, в последние 35 лет, пока не проявилось (табл. 7).

Для индекса, отражающего число суток с осадками ≥ 20 мм (**R20mm**), наблюдается стабильная ситуация без значимого изменения как по станциям, так и по периодам и составляет 2—2,5 дня в году.

Диапазон изменения суммы сильных осадков (**R95p**) за весь период исследования составил от 144,8 мм (Первомайское) до 176,8 мм (Ванжиль-Кынак), при этом за последние 35 лет величина индекса выросла до 145,3 мм (Усть-Озерное) и 179,0 мм (Ванжиль-Кынак) (рис. 4). В среднем для территории R95p составил 158,3 мм за весь период и 162,4 мм в последние 35 лет. Скорость увеличения сильных осадков выросла в 1976—2010 гг. до 8,2 мм/10 лет по отношению к 2,9 мм/10 лет за весь период. Наибольшая скорость роста зафиксирована на ст. Колпашево до 19,6 мм/10 лет. Значимая тенденция к уменьшению отмечена лишь на ст. Усть-Озерное (−12,8 мм/10 лет).

Максимальное число последовательных влажных дней в году с осадками ≥1.0 мм в сутки (**CWD**) составляет в среднем по территории 6,5 дней (σ 1,7 дней). В последние 35 лет эта характеристика имеет положительный тренд 0,2 сут/10 лет. Можно отметить, что индекс соответствует типичной средней продолжительности естественно-синоптического периода, характеризующего однородную направленность синоптических процессов. Величина CWD указывает на то, что периоды выпадения осадков становятся длиннее.

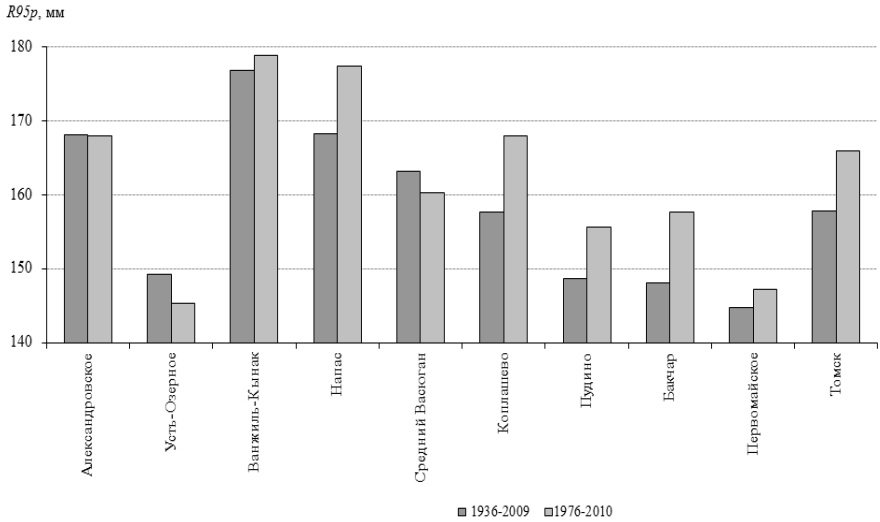


Рис. 4. Индекс **R95p** для станций Томской области.

В табл.8 приводятся наиболее длительные периоды по станциям, например, на ст. Усть-Озерное — 20 дней, на ст. Томск — 18 дней. Видно, что такие длительные периоды встречаются как в теплый (август, сентябрь, октябрь), так и в холодный (ноябрь, декабрь) периоды года.

Максимальная продолжительность сухих периодов (**CDD**) в среднем составляет 20—27 дней, но в отдельные годы превышает 50 дней (табл.8).

Таблица 8

Абсолютные значения и даты индексов CWD и CDD в период 1936—2012 гг.

Индекс	Александровское	Усть-Озерное	Ванжиль-Кынак	Напас	Средний Васюган	Колпашево	Пудино	Бакчар	Первомайское	Томск
CWD	10	20	17	11	14	12	10	11	10	18
Дата начала	29.5. 2002	2.12. 2006	10.8. 1975	20.9. 1952, 31.10. 1998	23.1. 1959	27.10. 2011	27.7. 1956	23.6. 2007	18.5. 1984	10.10. 1969
N*	6	7	7	6	4	7	5	9	6	8
CDD	84	50	38	54	52	64	64	65	59	57
Дата начала	10.1. 1945	26.1. 1945	24.7. 2003	9.1. 2012	11.2. 1989	12.1. 1945	16.1. 2012	9.1. 2012	29.1. 1943	17.1. 2012
N*	1	5	8	8	5	7	3	6	6	4

Примечание.
N* – количество лет, входящих в первую десятку рангов общего ряда.

Тенденция к уменьшению есть во всем периоде, но в последнее 35-летие эта тенденция ослабла за счет вклада северных станций (табл.7). Максимальная повторяемость наблюдается преимущественно в период с января по апрель.

Заключение

Для территории Томской области исследованы структура и динамика режима атмосферных осадков: вероятностные показатели, непрерывная продолжительность периодов с осадками и без осадков, тенденции изменения.

Годовое количество атмосферных осадков в течение последних 50 лет имеет тенденцию повсеместного роста от 2,6 мм/10 лет (ст. Усть-Озерное) до 19,5 мм/10 лет (ст. Томск). В рядах годового числа дней с осадками $\geq 0{,}1$ и ≥ 5 мм отсутствует согласованность их трендов по территории, что может свидетельствовать о наличии скрытых периодичностей в них.

Периоды выпадения осадков на территории становятся длиннее, причём наиболее длительные встречаются с августа по декабрь. Максимальная продолжительность сухих периодов, наиболее часто встречаемых в период с января по апрель, имеет тенденцию к уменьшению, которая в последнее 35-летие несколько ослабла за счет вклада северных территорий. Количество дней в году с суточной суммой осадков ≥ 10 мм значительно возрастает для ст. Томск — до 1,3 сут./10 лет (1976—2010) по сравнению 0,2 сут./10 лет за весь период.

Результаты исследования могут быть использованы для оценки современной климатической составляющей хозяйственного комплекса территории, при составлении долгосрочных прогнозов.

Результаты получены в рамках выполнения государственного задания Минобрнауки России (№ 5.628.2014/K).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Барашкова Н. К., Волкова М. А., Кужевская И. В. (2011). Оценка современной климатической составляющей хозяйственного комплекса Томской области в холодный период года // Вестник Томского государственного университета, серия «Науки о земле». № 351. С. 163—168.

Барашкова Н. К., Кужевская И. В., Носырева О. В. (2009). Переход температуры воздуха через 0 °С на юге Западной Сибири: режим, статистические характеристики и сопутствующие циркуляционные условия// Вестник Томского государственного университета. Серия «Науки о земле». № 325. С. 191—195.

Волкова М. А., Катаев С. Г., Кусков А. И., Комаров А. И. (2006). Циркуляционные условия формирования полей осадков теплого периода года на территории Томской области // Вестник Томского государственного педагогического университета. Серия «Естественные и точные науки». № 6 (57). С. 87—92.

Волкова М. А., Кусков А. И., Чередько Н. Н. (2009). Пространственно-временная структура атмосферных осадков в Западной Сибири // Вестник Томского государственного университета. Серия «Науки о земле». №3 28. С. 214—219.

Груза Г. В., Ранькова Э. Я. (2012). Наблюдаемые и ожидаемые изменения климата России: температура воздуха. – Обнинск: ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД». 194 с.

Климат России (2001). / Под. ред. Н. В. Кобышевой. – СПб.: Гидрометеоиздат. 656 с.

Научно-прикладной справочник по климату СССР. (1993) .Серия 3. Многолетние данные. Выпуск 20. Томская, Новосибирская, Кемеровская области, Алтайский край. — СПб.: Гидрометеоиздат. 718 с.

Лебедев А. Н. (1964). Продолжительность дождей. — Л.: Гидрометеоиздат. 230 с.

СП 131.13330.2012 (2012). Строительная климатология. — М.: Минрегион России. 120 с.

Поляков Д. В., Барашкова Н. К., Кужевская И. В. (2014). Погодно-климатическая характеристика аномального лета 2012 г. на территории Томской области // Метеорология и гидрология. № 1. С. 38—47.

Российский гидрометеорологический портал ВНИИГМИ-МЦД. [Электронный ресурс]. URL: доступа: http://meteo.ru (дата обращения: 15.01.2013).

Руководство по специализированному обслуживанию экономики климатической информацией, продукцией и услугами (2008). / Под ред. д-ра геогр. наук, проф. Н.В. Кобышевой. — СПб.: ЦНИТ «Астерион». 336 с.

Chang M., Dereczynski Cl., Freitas M. A. V. and Chou S. C. (2014). Climate change index: a proposed methodology for assessing susceptibility to future climatic extremes // American Journal of climate change. Vol. 3. P. 326—337.

Iskander S. M., Rajib M. A. and Rahman M. M. (2014). Trending regional precipitation distribution and intensity: use of Climatic Indices // Atmospheric and Climate Sciences. 2014. Vol. 4. P. 385—393. http://dx.doi.org/10.4236/acs.2014.43038

Framework Programme: Statistical and Regional dynamical Downscaling of Extremes for European regions (STARDEX). (1999). URL доступа: http://www.cru.uea.ac.uk/projects/stardex/

Vincent L. A. at al. (Aguilar E., Saindou M., Hassane A. F., Jumaux G., Roy D., Booneeady P., Virasami R., Randriamarolaza L. Y. A., Faniriantsoa F.R., Amelie V., Seeward H., and Montfraix B. (2011). Observed trends in indices of daily and extreme temperature and precipitation for the countries of the western Indian Ocean, 1961—2008 // J. Geophys. Res. Vol. 116, D10108, doi:10.1029/2010JD015303.