

*Е.А. Григорьева, Н.Я. Чичик*

## ВРЕМЕННАЯ ДИНАМИКА КОЛИЧЕСТВА АТМОСФЕРНЫХ ОСАДКОВ В ХАБАРОВСКЕ

*Е.А. Grigorieva, N.Ya. Chichik*

## TEMPORAL DYNAMICS OF PRECIPITATION IN KHABAROVSK

*На основании анализа данных по количеству осадков по станции Хабаровск делается вывод, что для получения надежных средних по количеству осадков следует принять в качестве основного весь период инструментальных наблюдений. Распределение осадков в Хабаровске существенно неоднородно как во внутригодовой, так и межгодовой временной динамике. В целом выявлено увеличение количества осадков в период 1911-1981 гг., а для конца XX – начала XXI в. характерно их уменьшение. Для второй половины XX в. характерно заметное увеличение климатической экстремальности количества осадков.*

*Ключевые слова: осадки, временная динамика, тренд, Хабаровск.*

*Using data on precipitation at Khabarovsk it is concluded that all period of observation is necessary to take as main to calculate norm of precipitation. Distribution of precipitation in inter-annual and temporal dynamics is sufficiently heterogeneous. In whole precipitation rising is revealed for the period 1911–1981, and its decreasing – for the end of XX – beginning of XXI century. Noticeable increasing of precipitation climatic extremality is characteristic for the second half of the XX century.*

*Key words: precipitation, temporal dynamics, trend, Khabarovsk.*

Осадки являются важнейшей составной частью климатической информации. Это один из наиболее значимых климатических параметров. Исследование режима многолетней динамики атмосферных осадков является важнейшей задачей климатологии. Осадки, как и другие метеорологические характеристики, определяют состояние многих природных явлений и влияют на жизнь человека. Известно также, что климатические данные могут использоваться в производственной практике в качестве сверхдолгосрочного прогноза [11]. В связи с этим знание режима выпадения осадков необходимо для устойчивого развития многих отраслей экономики: гидроэнергетики, строительства, сельскохозяйственного производства, лесного хозяйства, рекреации и курортологии, отраслей транспорта. Осадки определяют режим увлажнения и количество доступной для растений влаги, влияют на урожайность сельскохозяйственных культур.

Для характеристики погоды в многолетнем режиме принято использовать величину, называемую климатической нормой. Еще в 60-е гг. XX в. ВМО рекомендовало для расчетов нормы тридцатилетний период наблюдений. В то же время период осреднения, используемый при выведении значения норм, зависит от многих факторов: во-первых, от целей использования климатической информации, во-вторых, от самой усредняемой метеорологической величины [1, 3, 7, 11 и др.]. При этом задача определения рациональной для осреднения продолжительности периода для вычисления нормы затруднена, так как метеорологические элементы характеризуются разной изменчивостью во времени [7].

Более того, выбор длины ряда, оптимального для получения устойчивых норм, существенно осложняется текущими изменениями климата.

Метеостанция Хабаровск открылась в 1878 г., а непрерывные наблюдения начались только в 1910 г. [8]. За весь период выпущено два климатических справочника, содержащих информацию по этой станции: в 1966–1969 и в 1992 гг. [10, 12], а также книга [8], в которые не включены сведения о конце XX–начале XXI вв., времени быстрых климатических изменений. Нами изучена временная динамика количества атмосферных осадков на станции Хабаровск за почти столетний период наблюдений для уточнения режима динамики атмосферных осадков и для обоснования длительности ряда, оптимального для вычисления норм сумм осадков как в целом за год, так и для отдельных периодов и месяцев года. Выполненное исследование представляет большой практический и прогностический интерес для работников гидрометеослужбы и для различных отраслей хозяйства.

Использованы материалы за период наблюдений с 1911 по 2012 г., в которых нарушения однородности устранены введением поправки на смачивание и ветрового коэффициента. Исходные данные об осадках предоставлены ФГБУ «Дальневосточное УГМС». Исследование проведено с применением метода скользящих средних, регрессионного анализа, последовательного анализа.

Средняя за год сумма осадков за весь период наблюдений составила 614 мм (табл. 1). Количество осадков минимально в холодный период (ноябрь–март) – 69 мм и максимально в теплое время года (апрель–октябрь) – 545 мм (соответственно 11 и 89 % от годового количества). Такая межсезонная динамика объясняется особенностями муссонного климата умеренных широт на юге Дальнего Востока.

*Таблица 1*

**Статистические характеристики атмосферных осадков  
во внутригодовой динамике, Хабаровск**

Характеристика	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Холодный период XI-III	Теплый период IV-X	Годовое количество
Среднее значение, мм	10	9	15	35	57	74	121	129	85	41	20	14	69	545	614
$\sigma$ , мм	8,3	6,9	12,4	22,3	25,9	38,0	67,2	66,1	47,6	26,5	12,6	13,2	31,3	134,7	142,7
Коэффициент вариации, %	80	80	81	64	45	51	56	52	56	64	64	93	45	25	23

Представляется, что для использования в практических целях норм сумм осадков для станции Хабаровск лучше всего их рассчитывать как среднее за весь период наблюдений. Прежде всего, эта метеорологическая величина обла-

дает значительной пространственно-временной неоднородностью [6]. Способ скользящих средних с осреднением за 30 лет выявил хорошо выраженную тенденцию увеличения осадков и их межгодовой изменчивости в Хабаровске, особенно ярко проявившуюся в 80-е гг. XX в. В 1921–1950 гг. отклонение от среднего составляло  $-87$  мм – почти столько же, сколько и в период с 1961 по 1990 г., но с обратным знаком. Для начала XXI в. характерна тенденция уменьшения количества осадков (рис. 1).

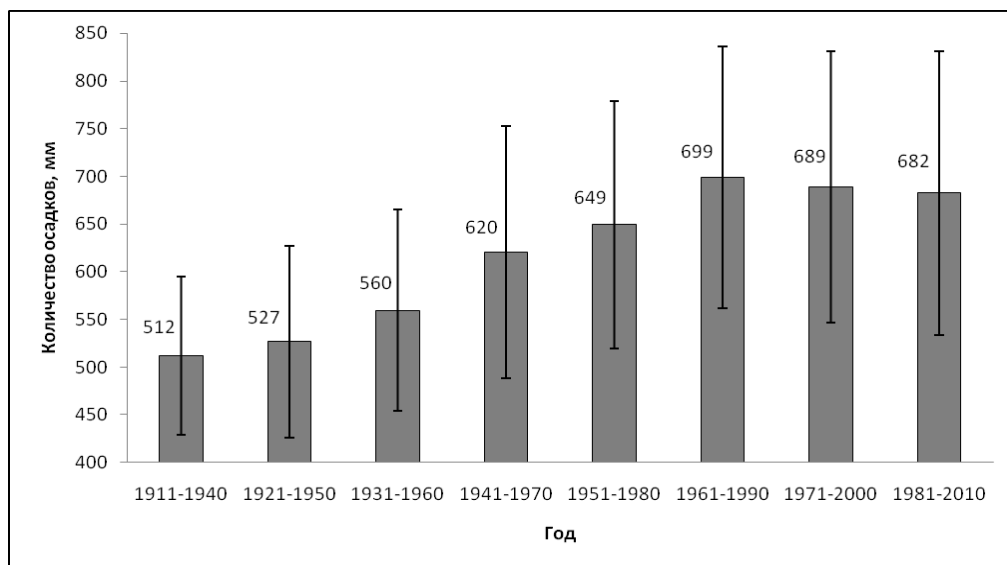


Рис. 1. Динамика изменения скользящих тридцатилетних средних годового количества осадков в Хабаровске

В качестве меры временной изменчивости атмосферных осадков обычно используют среднее квадратическое отклонение и коэффициент вариации [9]. Как видно из табл. 1, годовое количество осадков характеризуется высокой временной неоднородностью в основном за счет значительной изменчивости сумм атмосферных осадков в теплый период года. Режим увлажнения имеет очень неустойчивый характер, что особенно проявляется во внутригодовой динамике. Осреднённое значение коэффициента вариации за год и по полугодиям невысоко; в целом холодному времени года присущи более высокие значения. Более подробные исследования во внутригодовой динамике показывают, что в отдельные месяцы коэффициент вариации достигает 100 %, что говорит о значительных отклонениях изучаемой величины от среднего значения, т.е. неустойчивости увлажнения (табл. 1).

Исследована также климатическая экстремальность годовых величин количества выпадающих осадков, выраженная в долях среднего квадратического отклонения ( $\sigma$ ), которая заметно меняется в течение столетия: если до 1950 г. выявлен один случай в 1941 с изменчивостью, равной  $-2\sigma$ , то во второй поло-

вине века таких случаев три: в 1962, 1971 и 1981 гг. (соответственно +2,4; +2,2 и +3,6σ).

Для интегральной характеристики временной изменчивости осадков используются величины разной обеспеченности (табл. 2). В 80 % числа случаев обеспечено выпадение годовой суммы осадков, равной 480 мм; практически каждый год обеспечено выпадение осадков не менее 390 мм (обеспеченность 95 %). Средние значения количества осадков как за отдельные месяцы, так и за год в целом обеспечены в 40 % случаев, что характерно, например, и для Москвы [4].

Таблица 2

**Месячные и годовые суммы осадков (мм) разной обеспеченности, Хабаровск**

Месяц	Обеспеченность, %										
	95	90	80	70	60	50	40	30	20	10	5
I	1	2	3	5	6	8	10	12	16	22	27
II	0	2	3	4	6	7	8	11	14	20	25
III	1	3	5	7	10	12	14	17	20	30	36
IV	8	10	16	20	26	30	35	41	50	66	80
V	20	24	33	41	49	54	60	68	75	94	110
VI	17	24	40	52	60	67	74	90	107	130	145
VII	28	45	64	77	90	104	120	148	180	220	243
VIII	40	54	78	90	102	115	130	150	180	217	248
IX	26	37	47	59	69	80	90	101	114	140	163
X	8	11	19	24	30	38	42	50	61	81	103
XI	4	5	8	1	15	18	20	3	28	36	43
XII	2	3	4	5	7	9	12	15	21	30	37
Год	390	425	480	520	550	570	615	675	720	798	865

Ц.А. Швер [13] для ответа на вопрос, какое число лет наблюдений требуется, чтобы средняя стала практически постоянной и не зависела от длительности наблюдений, предлагает использовать метод последовательного анализа. Метод заключается в том, что производится последовательное осреднение данных, начиная с последних лет до самого раннего года из имеющихся на данной станции. Проведенные нами расчеты показали, что для получения устойчивой средней как за год, так и за теплое время года по станции Хабаровск имеющегося ряда наблюдений пока недостаточно. Для устойчивой средней по холодному полугодию следует использовать 85-летний ряд наблюдений. Среднее значение для отдельных месяцев становится постоянным в холодное время года с 75–80 лет, в теплое полугодие – начиная с 75 лет (для мая) и до 90. Для отдельных месяцев имеющегося периода наблюдений для определения этой величины еще недостаточно.

В связи с тем, что атмосферные осадки обладают большой изменчивостью, а также учитывая существенные колебания климата, особенно в конце XX–начале XXI вв., различия в нормах, полученных при 30-летнем осреднении, по сравнению со средней для всего периода наблюдений, достигают значительных

величин. Наиболее близки к средним 30-летние осреднения за 1941–1970 гг.: отклонения составляют 1 % для среднегодового значения, –11 % для холодного полугодия и +3 % – для теплого. Отклонение средней за 1961–1990 гг. от средней за весь период наблюдения составляет для годовой величины 14 %, для холодного и теплого периодов – 18 и 13 % соответственно. Во внутригодовой динамике наибольшие отклонения 30-летних средних от средней за 1911–2012 гг. зафиксированы для марта (от –48 до 44 % для 1911–1940 и для 1981–2010 гг. соответственно). Для летних месяцев и для теплого периода в целом такие колебания около средней за весь период наблюдений менее существенны.

В нормах за 30 лет происходит также смещение максимальных и минимальных величин в годовом ходе. Еще О.А. Дроздов с соавт. [5], обсуждая вопрос о вычислениях среднего многолетнего количества осадков, делают вывод, что для обеспечения устойчивости средних многолетних месячных значений осадков недостаточно использовать короткие (25–30 лет) ряды наблюдений, так как при этом может проявиться искажение годового хода и смещение максимума.

Известно, что в муссонном климате Дальнего Востока максимум количества осадков приходится на летние месяцы июль и август [8]. Проведенное нами исследование показало, что при сглаживании по 30-летиям максимум в основном приходится на август, но есть периоды с июльским максимумом, тогда как осреднение за весь период наблюдений указывает на экстремальность количества осадков в августе (табл. 1, рис. 2).

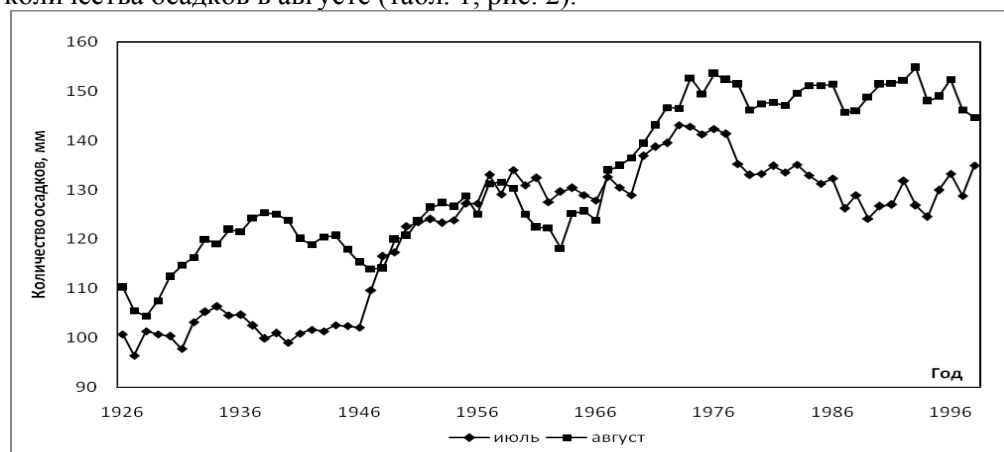


Рис. 2. Количество осадков в июле и августе при сглаживании по 30-летиям, Хабаровск

Минимум количества атмосферных осадков в изучаемых климатических условиях приходится на февраль (табл. 1). Тем не менее, при 30-летнем сглаживании для некоторых временных интервалов минимум выпадает и на январь, что свидетельствует о смещении минимальных величин в годовом ходе.

Вычисление норм из рядов, превышающих 30 лет (например, 50-летнее сглаживание), приводит к отклонению значений величин от средней до 11–13 % за год и до 27 % в отдельные месяцы (табл. 3).

**Соотношение среднего количества осадков за 1911-2012 гг.  
и за отдельные 50-летние периоды, %, Хабаровск**

Период осреднения	Год	Холодный период	Теплый период	Январь	Апрель	Июль	Октябрь
1911-1960	-13	-20	-11	-27	-22	-15	-11
1921-1970	-6	-11	-4	-13	-15	-4	-4
1931-1980	-1	4	0	-4	1	-2	-2
1941-1990	6	11	7	-3	8	5	9
1951-2000	10	24	9	15	15	10	17
1961-2010	11	37	9	33	21	14	14

Таким образом, проведенные исследования показали, что отмечаются значительные расхождения в осредненных величинах при изменении периода осреднения, и для получения надежных средних по количеству осадков по станции Хабаровск следует принять в качестве основного весь период инструментальных наблюдений.

Анализ 100-летнего ряда непрерывных метеорологических наблюдений позволил выявить некоторые особенности во временном режиме атмосферных осадков по станции Хабаровск за период с 1911 по 2012 г. Максимальное значение годовых сумм наблюдалось в 1981 г. (1105 мм), минимальные – в 1941 и 2001 гг. (334 и 382 мм соответственно). Экстремальные месячные и по периодам суммы осадков представлены в табл. 4.

Таблица 4

**Экстремальные суммы осадков (мм) по месяцам, за холодный и теплый периоды за 1911–2012 гг., Хабаровск**

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Холод- лод- ный период	Теп- лый период
Максимум													
36 1982	33 1979	64 2007	130 1983	146 1994	199 1991	301 1962	434 1981	304 1956	126 1972	71 1996	95 2010	143 1997	1048 1981
Минимум													
0 1978 2008	0 1951 1962	0 1933	2 1917	15 1929	2 1986	7 1974	25 1989	15 1976	2 1976	1 1958	1 1938	26 1952	223 1941

Самый сухой теплый сезон наблюдался в 1941 г. (223 мм – 42 % от средней многолетней суммы), экстремально влажный – в 1981 г. (1048 мм), что превышает на 73 % даже годовую среднюю величину. Самый сухой холодный период с 26 мм осадков выявлен в 1952 г., самый влажный – в 1997 г. (143 мм).

Для изучения многолетнего хода метеорологических величин обычно применяют регрессионный анализ. Для станции Хабаровск не выявлено тренда, сопоставимого с межгодовыми вариациями. Тем не менее, величина тренда за период 1911–1940 гг. составляет +16 мм/10 лет, за период 1941–1970 – +80, 1981–2010 гг. – -54 мм/10 лет. При этом межгодовые вариации могут достигать ±400–

450 мм. В целом для периода до 80-х гг. XX в. выявлена тенденция увеличения годового количества осадков до 70 %, а позже – уменьшения. На рис. 3 приведен временной ряд среднегодовых аномалий атмосферных осадков, рассчитанных как отклонения от среднего за 1961–1990 гг. Можно видеть, что увеличение количества осадков наблюдалось до 1960-х гг., затем произошел некоторый спад, сменившийся вторым максимумом в 1980-е гг., после которого началось снижение количества осадков.

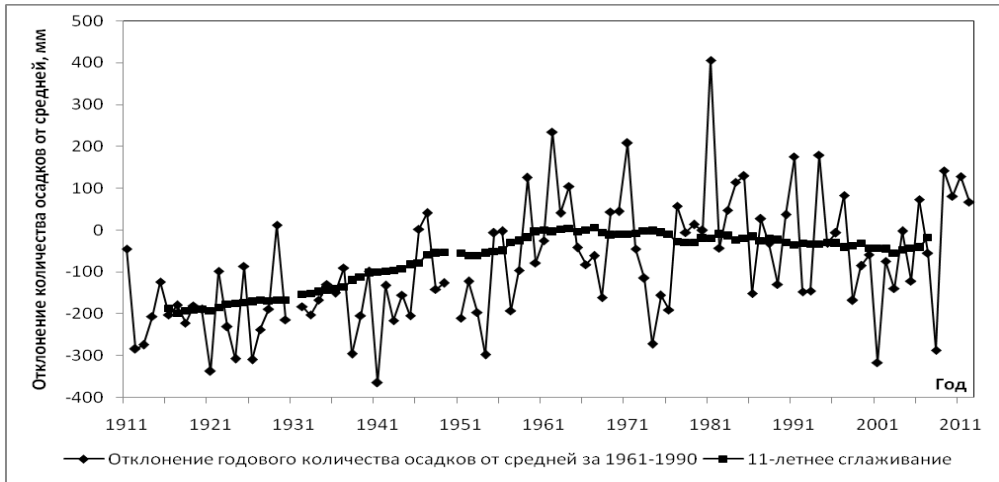


Рис. 3. Среднегодовые аномалии атмосферных осадков как отклонение от среднего за 1961–1990 гг. (жирная кривая – 11-летнее сглаживание), Хабаровск

Г.В. Груза с соавт. [2] провели детальное исследование пространственно-временной динамики атмосферных осадков для России по данным инструментальных наблюдений. Полученные ими оценки для Приамурья и Приморья практически совпадают с нашими результатами для станции Хабаровск и существенно отличаются от средних для России. Так, в целом для территории России характерно увеличение количества осадков в течение 1907–2006 гг., особенно явно выраженное за последние десятилетия глобальных климатических изменений (1976–2000 гг.). Тренд для Приморья и Приамурья [2] за столетний период в целом также положителен, но за последние десятилетия отмечена явная тенденция снижения сумм атмосферных осадков. Приведенная на рис. 3. динамика аномалий несколько отличается от картины, характерной в целом для Приморья и Приамурья [2], где максимум середины 60-х гг. XX в. сразу сменяется устойчивым снижением количества наблюдаемых осадков.

Таким образом, по результатам проведенного исследования можно сформулировать следующие выводы.

1. Показано, что для получения надежных средних по количеству осадков по станции Хабаровск следует принять в качестве основного весь период инструментальных наблюдений.

2. Распределение осадков по станции Хабаровск существенно неоднородно как во внутригодовой, так и межгодовой временной динамике. В целом выявлено увеличение количества осадков в период 1911–1981 гг., а для конца XX–начала XXI в. характерно их уменьшение. Для второй половины XX в. характерно заметное увеличение климатической экстремальности количества осадков.

Расчитанные нами статистически достоверные характеристики режима осадков могут быть использованы в практических целях специалистами разного профиля.

### ***Литература***

1. *Батталов Ф.З.* Многолетние колебания атмосферных осадков и вычисление норм осадков. – Л.: Гидрометеорологическое изд-во, 1968. – 143 с.
2. *Груза Г.В., Ранькова Э.Я., Рочева Э.В.* Климатические изменения атмосферных осадков на территории России по данным инструментальных наблюдений // Бюлл. «Использование и охрана природных ресурсов в России», 2007, № 5, с. 37-42.
3. *Давитая Ф.Ф.* Климатические нормы и взаимосвязь различных природных факторов // Метеорол. и гидрол., 1966, № 3, с. 5-9.
4. *Дерюгина Н.П., Ларин Л.Г., Сенников В.А., Чирков Ю.И.* Вековой режим атмосферных осадков в Москве // Метеорол. и гидрол., 1987, № 1, с. 56-60.
5. *Дроздов О.А., Шарова В.Я., Швер Ц.А.* К вопросу вычисления среднего многолетнего количества осадков // Труды ГГО, 1963, вып. 148, с. 98-114.
6. *Дроздов О.А., Григорьева А.С.* Многолетние циклические колебания атмосферных осадков на территории СССР. – Л.: Гидрометеорологическое изд-во, 1971. – 158 с.
7. *Заварина М.В.* О климатических нормах и оптимальном периоде наблюдений // Метеорол. и гидрол., 1966, № 2, с. 44-47.
8. *Климат Хабаровска* / Под ред. Ц.А. Швер. – Л.: Гидрометеоиздат, 1981. – 175 с.
9. *Кобышева Н.В., Гольберг М.А.* Методические указания по статистической обработке метеорологических рядов. – Л.: Гидрометеоиздат, 1990. – 85 с.
10. *Научно-прикладной справочник по климату СССР. Сер. 3. Ч. 1-6. Вып. 25: Хабаровский край, Амурская область.* – СПб.: Гидрометеоиздат, 1992. – 560 с.
11. *Сапожникова С.А.* О климатических нормах // Метеорол. и гидрол., 1963, № 2, с. 47-52.
12. *Справочник по климату СССР. Вып. 25. Ч. 4. Влажность воздуха, атмосферные осадки, снежный покров.* – Л.: Гидрометеоиздат, 1968. – 275 с.
13. *Швер Ц.А.* Закономерности распределения количества осадков на континентах. – Л.: Гидрометеоиздат, 1984. – 285 с.