

- [11] *Миланкович М.* Математическая климатология и астрономическая теорема колебаний климата. М.; Л.: ГОНТИ, 1939. 207 с.
- [12] *Монин А. С., Шишов Ю. А.* История климата. Л.: Гидрометеониздат, 1979. 407 с.
- [13] Обзорный отчет программы «Оценки воздействия изменений климата в Арктике (ACIA)». Изд-во Кембриджского ун-та, 2003.
- [14] *Фролов И. Е., Гудкович З. М., Карклин В. П., Смоляницкий В. М.* Шестидесятилетняя цикличность в изменениях климата полярных регионов // Материалы гляциологических исследований. 2008. Вып. 105. С. 159—165.
- [15] *Makeyev V. M. and et.* Vegetation and Climate of the New Siberian Islands for the Post 15000 years. Arctic, Antarctic and Alpine Research. 2003. Vol. 35. N 1. P. 56—66.

Санкт-Петербург
onyak@mail.ru

Поступило в редакцию
2 марта 2010 г.

Изв. РГО. 2011. Т. 143. Вып. 1

© П. В. НОВОРОЦКИЙ

СОВРЕМЕННЫЕ КЛИМАТИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ В БАССЕЙНЕ АМУРА И НА ПОБЕРЕЖЬЕ ЯПОНСКОГО МОРЯ

Крупные реки Дальнего Востока, к которым принадлежит Амур, наряду с другими природными объектами испытывают современные климатические изменения. Амур — одна из крупнейших рек мира. Длина ее от истока р. Аргуни составляет 4444 км. Общая площадь бассейна 1 856 000 км², в которую не включена бессточная область (164 000 км²) р. Керулен. Протяженность амурского бассейна в широтном направлении превышает 3000 км, а с юга на север составляет около 2000 км (рис. 1). Среди российских рек Амур занимает 3-е место по длине и 4-е по площади водосбора и водности, уступая лишь Енисею, Оби и Лене [1].

Промежуточное географическое положение между двумя областями с различными физико-географическими условиями — влажными прибрежными районами Тихого океана на востоке и засушливыми континентальными пространствами Восточной Сибири и Монголии на западе — определяет неоднородность климатических условий в бассейне Амура. Климат формируется под воздействием как океанических, так и континентальных воздушных масс. Вследствие этого он изменяется от резко континентального в западной части бассейна до умеренно-континентального с муссонными чертами — в восточной [1, 3, 5, 6, 8].

Исходными материалами для исследования многолетних климатических колебаний в бассейне Амура послужили ряды среднемесячной температуры воздуха и месячных сумм атмосферных осадков за период с 1891 по 2008 г. С этой целью были использованы климатологические справочники, фондовые материалы Дальневосточного и Приморского управлений гидрометслужбы, а также базы данных Национального управления по океану и атмосфере США (NOAA Global History Climatic Network, Global Daily Climatology Network (<http://www.ncdc.noaa.gov>)).

Наиболее продолжительные ряды наблюдений за температурой воздуха и атмосферными осадками (90—120 лет) в бассейне Амура имеются по ограниченному числу станций: Николаевск-на-Амуре, Хабаровск, Екатерино-Никольское, Благовещенск, Чита, Могоча, Нерчинский Завод, Борзя, Бомнак, Экимчан, Бысса, им. Полины Осипенко, Дальнереченск, Приморская, Хайлар, Цицикар, Харбин, Бугат, Чанчунь, Муданьцзян. Для расчетов средних для всего бассейна Амура климатических параметров были дополнительно использованы материалы других станций, имеющих более ко-

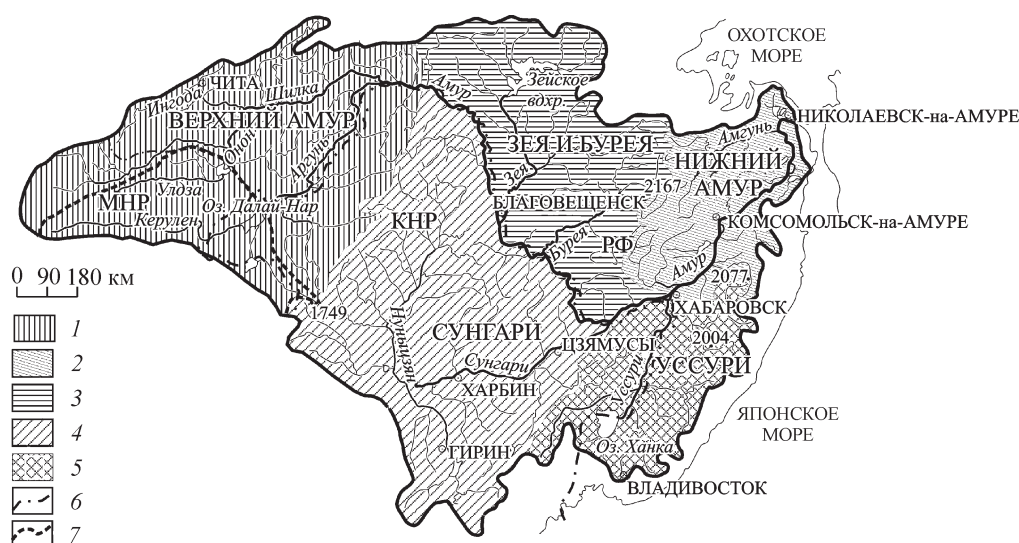


Рис. 1. Бассейн р. Амур.

Бассейны: 1 — верхнего Амура, 2 — нижнего Амура, 3 — рек Зеи и Буреи, 4 — р. Сунгари, 5 — р. Уссури; 6 — государственные границы; 7 — область периодического стока.

роткие периоды наблюдений — с 1930-х и 1950-х гг. до настоящего времени. Многолетние ряды среднемесячных температур воздуха и месячных сумм атмосферных осадков в целом для бассейна Амура и отдельных его секторов получены как среднее арифметическое из рядов станций. Всего в работе были использованы доступные материалы наблюдений около 30 станций по температуре воздуха и около 40 станций по атмосферным осадкам. В рядах некоторых станций в начале XX в. в отдельные годы имеются пропуски. Эти данные компенсировали с помощью карт отклонений температуры воздуха и осадков от средних многолетних, составленных в ГГО им. А. И. Воейкова [2]. Ряды станций, использованные при составлении исходной базы данных, были проверены на однородность. При этом было выявлено и устранено по возможности нарушение однородности, связанное, например, с изменением местоположения станций, а также замены дождемера осадкомером Третьякова в 1950-е г. [2, 4].

В качестве методов исследования были использованы стандартные методы статистической обработки данных — корреляционный, спектральный и тренд-анализ.

Изменение температуры воздуха. На рис. 2 представлен ход аномалий годовой температуры воздуха в среднем для бассейна Амура с 1891 по 2008 г. Аномалии рассчитаны как отклонения среднегодовой температуры воздуха от нормы. В настоящее время для оценки нормы ВМО рекомендован 30-летний период с 1961 по 1990 г. На рис. 2 видно, как нерегулярные периоды потеплений в бассейне Амура сменяются периодами похолоданий. Наибольшая амплитуда колебаний среднегодовой температуры воздуха за весь период наблюдений не превышает ± 2 — 2.5 °C.

В бассейне Амура кривая годового хода температуры воздуха (рис. 2) не совсем точно воспроизводит изменение вековой температуры в целом для Северного полушария [7, 10]. В бассейне Амура наблюдаются более короткие периоды похолоданий и потеплений. Расчет среднегодовых температур для десятилетий позволяет сделать вывод о нестабильности температурного режима в бассейне Амура за период наблюдений. Так, самым холодным было двадцатилетие в начале XX в., сменившееся затем относительно теплым двадцатилетием 1931—1950 гг. В 1950-е гг. вновь отмечается небольшое похолодание. В 1970-е и особенно в 1980-е гг. наступает стабильное и самое продолжительное потепление в бассейне Амура с начала инструментальных наблюдений за температурой воздуха.

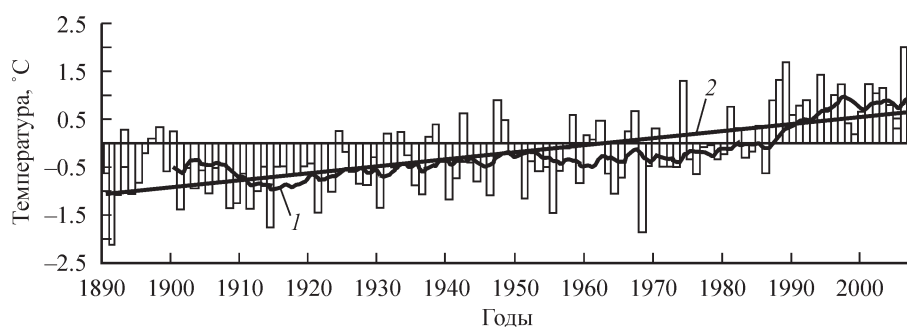


Рис. 2. Многолетний ход аномалий средней годовой температуры воздуха в бассейне Амура за период 1891—2008 гг. (отклонение от средней температуры базового периода 1961—1990 гг., °С).

1 — 11-летние скользящие средние; 2 — линейный тренд: $y = 0.014x - 1.047$; $R^2 = 0.38$.

В целом для земного шара самым теплыми были 1998, 2003 и 2005 гг., отклонение от нормы составило соответственно 0.58, 0.47 и 0.48 °С (www.climate.moscom.ru). Для бассейна Амура самыми теплыми были 1989—1990, 1995, 2007—2008 гг., отклонение от нормы составило 1.3—2.0 °С. В последние годы в амурском бассейне продолжается повышение среднегодовой температуры воздуха, в период 2001—2008 гг. она превысила норму на 1.2 °С.

Важно отметить, что потепление климата на территории Амура оказалось заметно больше глобального. Размах аномалий (т. е. разность между максимумом и минимумом) среднегодовой температуры в бассейне Амура достигает 3—4 °С, в то время как для земного шара он лишь несколько превосходит 1 °С [7, 10].

В данной работе бассейн Амура был разбит на ряд секторов, приуроченных в основном к бассейнам его крупных притоков. Выделены следующие сектора: верхний Амур (бассейны Шилки и Аргуни), бассейны Зеи и Буреи, бассейн Сунгари, бассейн Уссури, нижний Амур, побережье Японского моря (территория, прилегающая к восточной части бассейна Амура) (рис. 1).

Многолетние изменения приземной температуры воздуха в различных частях бассейна Амура неоднородны. Некоторое представление об этом может дать аппроксимация многолетних изменений температуры воздуха в различных секторах бассейна линейными зависимостями. В табл. 1 приведены линейные тренды температуры воздуха за весь период наблюдений 1891—2008 гг. Статистическая значимость линейных трендов можно оценить с помощью критерия Стьюдента по величине квадрата коэффициента корреляции R^2 . Величина R^2 показывает, каков вклад линейного тренда в общую изменчивость исследуемого параметра. Тенденция изменения параметра считалась статистически значимой, если ее уровень достоверности был равен или превышал 95 % ($P \geq 0.95$). При объеме выборки 30 лет это соответствует величине $R^2 \geq 14$ %, при объеме выборки 115 лет — $R^2 \geq 3$ %. [9].

В среднем для бассейна Амура интенсивность потепления за период 1891—2008 гг. составила 1.46 °С, при среднем глобальном потеплении 0.64 °С. Полученный линейный тренд статистически достоверен и в целом для Амура описывает 38 % учтенной доли дисперсии. Максимум потепления на Амуре зафиксирован в 2007 г., отклонение температуры от нормы на 2.0 °С. В последние 33 года XX в. (1976—2008 гг.) тренд потепления для бассейна Амура составил 0.47 °С/10 лет, для земного шара за этот же период — 0.18 °С/10 лет [7].

В бассейне Амура во всех его секторах линейные тренды среднегодовых температур воздуха оказались положительными. Минимальное потепление отмечается на побережье и на нижнем Амуре — соответственно 0.04 и 0.11 °С/10 лет (4 и 23 % объясненной дисперсии). Такое повышение приземной температуры воздуха сопоставимо с глобальными изменениями. Наиболее интенсивное потепление выявлено для континентальных частей бассейна Амура — это бассейны рек Зеи, Буреи, верхнего Амура: 0.15—

Таблица 1

Оценка линейного тренда (наклон $A_{тр}$, °C / 10 лет) и вклад тренда в полную дисперсию D % для бассейна Амура и побережья Японского моря за периоды 1891—2008 и 1976—2008 гг.

Бассейн, сектор	Зима		Весна		Лето		Осень		Год	
	$A_{тр}$	D %	$A_{тр}$	D %	$A_{тр}$	D %	$A_{тр}$	D %	$A_{тр}$	D %
1891—2008 гг.										
Побережье Японского моря	0.15	8	0.08	6	–0.03	8	–0.06	6	0.04	4
Нижний Амур	0.18	13	0.17	20	0.07	6	0.05	0	0.11	23
Уссури	0.26	22	0.20	25	0.04	3	0.07	7	0.14	38
Зея и Бурея	0.20	10	0.24	24	0.11	14	0.09	6	0.16	28
Сунгари	0.18	13	0.21	32	0.09	9	0.07	6	0.14	34
Верхний Амур	0.28	20	0.23	22	0.02	0	0.06	2	0.15	27
Амур	0.22	16	0.21	25	0.07	6	0.07	4	0.14	30
1976—2008 гг.										
Побережье Японского моря	0.62	12	0.20	6	0.08	3	0.30	10	0.30	20
Нижний Амур	0.47	8	0.27	3	0.01	0	0.40	13	0.29	12
Уссури	0.62	14	0.21	5	0.08	1	0.28	8	0.30	19
Зея и Бурея	0.63	13	0.40	6	0.60	18	0.72	19	0.59	28
Сунгари	0.73	16	0.43	11	0.31	13	0.37	11	0.46	32
Верхний Амур	0.62	11	0.71	22	0.60	30	0.30	6	0.56	44
Амур	0.63	12	0.45	11	0.39	16	0.43	11	0.48	30

0.16 °C/10 лет. Все линейные тренды, описывающие эти изменения, статистически значимы, описывают от 23 до 38 % межгодовой изменчивости температуры воздуха (табл. 1).

Общая тенденция потепления климата в бассейне Амура и на побережье Японского моря, выраженная в положительном тренде среднегодовой температуры воздуха, проявляется довольно значительно, но в отдельные сезоны года тренд температуры имеет различные скорости и даже может менять знак (табл. 1). Здесь и далее сезоны представлены календарными месяцами: зима (декабрь, январь, февраль), весна (март, апрель, май), лето (июнь, июль, август), осень (сентябрь, октябрь, ноябрь). Повсеместно в Приамурье интенсивное потепление происходит в зимние и весенние периоды года. Зимой наиболее значительное потепление отмечается на верхнем Амуре (0.28 °C/10 лет) и в бассейне Уссури (0.26 °C/10 лет). В других секторах Амура скорость зимнего потепления составила 0.18—0.20 °C/10 лет, на побережье — 0.15 °C/10 лет. Весной максимальное потепление прослеживается в бассейнах Зеи и Буреи и на верхнем Амуре (0.23—0.24 °C/10 лет), слабее всего теплеет на побережье — 0.08 °C/10 лет. Полученные линейные тренды статистически значимы и описывают от 6 до 32 % межгодовой изменчивости.

В летне-осенний период по сравнению с зимне-весенними сезонами скорость потепления на Амуре в среднем уменьшается в 3 раза, а в отдельных частях бассейна снижается почти на порядок. На побережье в этот период выявлен тренд похолодания со скоростью 0.03—0.06 °C/10 лет. Летом наиболее значительно теплеет в бассейнах Зеи, Буреи и Сунгари, наиболее слабо — на верхнем Амуре и Уссури (0.02—0.04 °C/10 лет). Осенью скорость потепления в бассейне Амура в разных его частях изменяется от 0.05 до 0.09 °C/10 лет, минимум отмечается на нижнем Амуре, максимум — в бассейнах Зеи и Буреи. Статистическая достоверность выявленных летне-осенних линейных трендов на Верхнем Амуре и осенних трендов на нижнем Амуре статистически незначима ($R^2 \leq 2\%$). Сезонный ход изменений в целом соответствует ходу глобального потепления, но пространственно эффект гораздо более выражен в зимне-весенние сезоны в континентальной части бассейна (табл. 1).

Начало современного потепления в большинстве регионов Земли, как и в бассейне Амура, относится к 1970-м гг. Для бассейна Амура и побережья Японского моря оценены температурные тренды за период 1976—2008 гг. (табл. 1). Скорость роста среднегодовой температуры воздуха за этот период в целом для бассейна Амура составила $+0.48\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ лет}$, что более чем в 3 раза превышает изменение температуры за период с 1891—2008 г. В среднем за год наиболее интенсивно теплеет в бассейнах Зеи, Буреи и верхнем Амуре — $0.56\text{—}0.59\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ лет}$. В бассейнах Уссури, нижнем Амуре и на побережье скорость потепления в 2 раза ниже — $0.29\text{—}0.30\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ лет}$.

Зимой градиенты потепления в последнее 33-летие в бассейне Амура составляют $0.63\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ лет}$. В другие сезоны года потепление составило $0.39\text{—}0.45\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ лет}$, близкое к среднегодовому. Самое минимальное потепление отмечается на нижнем Амуре $0.47\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ лет}$, максимальное в бассейне Сунгари — $0.73\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ лет}$. Весной темпы потепления в бассейне Амура снижаются по сравнению с зимним сезоном примерно в 1.5 раза, а на побережье и в бассейне Уссури — почти в 3 раза. Наиболее интенсивное потепление весной происходит в бассейне верхнего Амура ($0.71\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ лет}$).

Наименьшее потепление летом отмечается на нижнем Амуре, на побережье и в бассейне Уссури $0.01\text{—}0.08\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ лет}$. Сильнее всего летом теплеет в бассейнах Зеи, Буреи и верхнем Амуре — $0.60\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ лет}$. Осенние сезоны повсеместно на Амуре также становятся более теплыми. Наибольшая скорость потепления отмечается в бассейнах Зеи и Буреи $0.72\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ лет}$, наименьшая — в бассейне Уссури, на побережье Японского моря и верхнем Амуре ($0.28\text{—}0.30\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ лет}$). Коэффициенты детерминации R^2 линейных трендов температуры воздуха за последние 33 года в разных секторах бассейна Амура не всегда достигают уровня 95 % значимости. В зимний период и в целом за год R^2 оказались преимущественно значимы (табл. 1).

По разным модельным расчетам приземная температура воздуха к 2050 г. в масштабах всего земного шара должна повыситься на $1\text{—}2.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ [7, 10]. Примем среднюю величину роста температуры воздуха — $1.5\text{ }^{\circ}\text{C}$. В амурском бассейне рост температуры воздуха в среднем в 2 раза опережает глобальный масштаб, с учетом этого к 2050 г. температура воздуха здесь должна увеличиться на $3\text{ }^{\circ}\text{C}$ по сравнению с современным периодом. Такое повышение температуры воздуха будет равносильно смещению природных зон в бассейнах Амура на $250\text{—}350\text{ км}$ к северу.

Изменение атмосферных осадков. Большое значение наряду с температурой воздуха для функционирования экосистемы бассейна Амура имеет режим увлажнения, определяемый атмосферными осадками. За период наблюдений с 1891 по 2008 г. в среднем от 90 до 95 % годовой суммы осадков в континентальной части бассейна Амура формируется в теплое время года с апреля по октябрь. На побережье Японского моря за теплый период с апреля по октябрь выпадает немного меньше — примерно три четверти (75 %) годовой суммы осадков.

На рис. 3 представлен многолетний ход годовых сумм атмосферных осадков для всего бассейна Амура за 1891—2008 гг. в процентах по отношению к норме за 1961—1990 гг. Кривая годового хода осадков в бассейне Амура отражает чередование циклов повышенного и пониженного увлажнения. Особенно это хорошо прослеживается по трехлетним скользящим средним. Наиболее засушливые периоды характерны для первой половины XX в. Повышенная увлажненность на Амуре отмечается в 1960-е и 1980-е гг. прошлого столетия. В последние 15 лет вновь наметилась тенденция к понижению увлажненного бассейна.

Аппроксимация многолетних изменений осадков линейными зависимостями в Приамурье позволила выявить следующее. В целом в бассейне Амура годовые и за теплый период года суммы осадков увеличиваются с 1890-х гг. до настоящего времени со средней скоростью $0.4\text{ }\%$ за 10 лет (рис. 3, табл. 2). Аппроксимация годовых сумм осадков полиномом 4-й степени, выявленная с более высоким коэффициентом корреляции, уточняет, что эта тенденция роста осадков после 1980-х гг. сменилась трендом понижения осадков.

Наибольшее увеличение годовых и осадков за теплый период года произошло на побережье и нижнем Амуре ($15\text{—}20\text{ }\%$ за 100 лет), минимальный рост осадков отмеча-

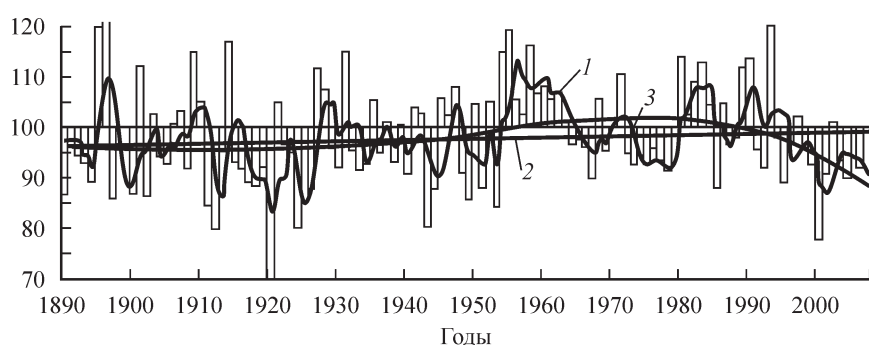


Рис. 3. Многолетний ход годовых сумм осадков (% , отношение к норме за 1961—1990 гг.) в бассейне Амура.

1 — трехлетние скользящие средние; 2 — линейный тренд: $y = 0.0381x + 95.843$; $R^2 = 2\%$; 3 — тренд, аппроксимированный полиномом 4-й степени.

ется в центральной и западной частях бассейна Амура (0—5 %). Самый интенсивный рост осадков в среднем по бассейну Амура наблюдается в холодный период года на 23 % за 100 лет. Максимум роста осадков в холодный период года отмечается на побережье и нижнем Амуре (27—30 %/100 лет), минимум — в бассейне Сунгари (11 %). На верхнем Амуре выявлен незначительный тренд понижения осадков за холодный период года (2 %/100 лет).

Линейные тренды годовых сумм осадков за период 1976—2008 гг. для всех секторов Амура оказались отрицательными. На фоне общего роста температуры воздуха за последние десятилетия в бассейне Амура происходит уменьшение годовых осадков со скоростью 3.2 %/10 лет. Средняя скорость снижения осадков за 10 лет на нижнем Амуре и Уссури составляет 1—1.3 %, на Сунгари — 2.6, на Зее, Бурее и верхнем Амуре — 4—5 %. На побережье Японского моря, напротив, происходит увеличение осадков со скоростью 3 % за 10 лет, что, по-видимому, вызвано более частым вторжением южных циклонов в эти районы в последние годы. Выявленные линейные тренды за период 1976—2008 гг. в бассейне Амура объясняют небольшую долю изменчивости осадков. За последнее 33-летие в бассейне Амура в холодный период года так же, как и за весь период наблюдений, повсеместно происходит увеличение осадков от 2 до 11 %/10 лет, минимум роста отмечается на Зее и Бурее, максимум — на Уссури.

Выпадение атмосферных осадков влияет на сток Амура. Осадки и сток в бассейне Амура изменяются относительно синхронно. Это наглядно подтверждают средние по

Таблица 2

Оценка линейных трендов аномалий суммы осадков (наклон $A_{mp}\%$ / 10 лет — отношение к норме за 1961—1990 гг.) и вклад трендов ($D\%$) в полную дисперсию рядов для бассейна Амура и побережья Японского моря в среднем за год и за теплый и холодный периоды 1891—2008 и 1976—2008 гг.

Бассейн, сектор	1891—2008 гг.						1976—2008 гг.					
	ХП (XI—III)		ТП (IV—X)		Год		ХП (XI—III)		ТП (IV—X)		Год	
	A_{mp}	$D\%$	A_{mp}	$D\%$	A_{mp}	$D\%$	A_{mp}	$D\%$	A_{mp}	$D\%$	A_{mp}	$D\%$
Бассейн Амура	2.3	12	0.4	1	0.4	2	4.0	3	−3.6	6	−3.2	9
Побережье	3.0	9	1.5	5	2.0	11	2.9	1	1.6	4	3.0	6
Нижний Амур	2.7	9	1.5	10	1.7	16	8.2	9	−3.4	4	−1.3	1
Уссури	2.0	3	0.9	3	1.3	6	10.7	11	−2.1	1	−1.0	3
Зeya и Бурea	2.3	4	0.0	0	0.5	1	1.7	1	−4.8	4	−4.0	4
Сунгари	1.1	1	0.0	0	0.2	0	5.8	3	−3.0	3	−2.6	2
Верхний Амур	−0.2	0	0.5	1	0.5	1	3.2	1	−5.0	6	−5.3	7

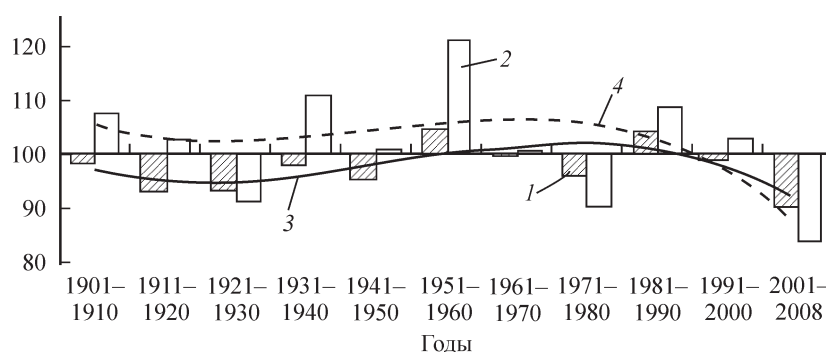


Рис. 4. Средние до десятилетия годовые суммы осадков (%) (1) и стока (%) (2) в бассейне Амура за 1901—2008 гг. по отношению к периоду за 1961—1990 гг.
3 — тренд осадков, 4 — тренд стока, аппроксимированный полиномом 2-й степени.

десятилетиям годовые суммы осадков и стока Амура (%), нормированные по отношению к периоду 1961—1990 гг. Сток Амура был взят по створу с. Богородское, где дренируется до 95 % всего амурского стока. Сток, составляющий в среднем одну треть выпадающих на водосборе Амура осадков, имеет больший диапазон изменений. Аппроксимация десятилетних сумм осадков и стока полиномами 2-й степени показывает примерно схожие их изменения (рис. 4). Средние десятилетние годовые суммы осадков и стока уменьшаются с начала периода наблюдений до 1920-х гг., затем происходит их рост до 1960-х гг., а в последние 30 лет вновь наблюдается их уменьшение.

Интересно также сопоставить изменение среднегодовой температуры воздуха (Т), годовых сумм атмосферных осадков (Ос) и среднегодового стока (Q) в бассейне Амура (табл. 3). Выделены жирным шрифтом в данной таблице коэффициенты корреляции, уровень достоверности которых превышает 95 %.

Наиболее высокая корреляция отмечается между осадками и стоком в зависимости от анализируемого периода времени корреляция изменяется от 0.84 до 0.88. Коэффициент корреляции между среднегодовой температурой воздуха и годовыми расходами Амура у с. Богородское за весь период наблюдений оказался отрицательным — 0.22. Взаимосвязь между осадками и температурой воздуха также оказалась отрицательной. Она несколько слабее, чем между температурой воздуха и расходами воды. Коэффициент корреляции между температурой воздуха и осадками изменяется в зависимости от периода наблюдений от –0.10 до –0.25. Таким образом, прогнозируемое потепление в целом для земного шара и, в частности, для широт бассейна Амура, по всей вероятности, может привести к общей тенденции уменьшения увлажнения и стока бассейна Амура.

Таблица 3

Корреляционная матрица для среднегодовой температуры воздуха (Т), годовых сумм атмосферных осадков (Ос) и среднегодового стока (Q) в бассейнах Амура за различные периоды времени

	Период								
	1891—2008 гг.			1891—1950 гг.			1951—2008 гг.		
	Параметр								
	Q	Ос	T	Q	Ос	T	Q	Ос	T
Сток, Q	1.00			1.00			1.00		
Осадки, Ос	0.84	1.00		0.88	1.00		0.84	1.00	
Температура, T	−0.22	−0.10	1.00	−0.17	−0.16	1.00	−0.27	−0.25	1.00

Выводы

1. Тенденции изменения климата в бассейне Амура в целом синхронны глобальным климатическим изменениям. За прошедшее столетие среднегодовая температура воздуха в бассейне Амура возросла на 1.46 °С. Минимальное потепление отмечается на побережье Японского моря и восточном секторе бассейна, по мере продвижения в глубь континента темпы потепления усиливаются. Самое интенсивное потепление происходит в зимне-весенний период в континентальной части бассейна — до 2—3 °С за 100 лет. Летом и особенно осенью скорость потепления снижается в 2—5 раз. На побережье летом и осенью выявлено небольшое похолодание — 0.3—0.6 °С за 100 лет. В последнее 33-летие скорость потепления по сравнению со столетним периодом возрастает в среднем в 3—4 раза.

2. С учетом прогнозов дальнейшего глобального потепления к 2050 г. рост приземной температуры воздуха в бассейне Амура в среднем может составить 3 °С по сравнению с современным периодом, что равносильно смещению амурских природных зон на 250—350 км к северу.

3. За 100 лет средний рост годовых и осадков за теплый период в целом по бассейну Амура составил 4 %. Наибольшее увеличение осадков произошло в холодный период года на 23 % за 100 лет. Годовые суммы осадков за период 1976—2008 гг. в среднем в бассейне Амура уменьшаются со скоростью 3.3 %/10 лет, в холодный период года осадки увеличиваются со скоростью 4 %/10 лет.

4. Выявлена отрицательная корреляция между годовыми величинами стока, осадков и среднегодовой температурой воздуха в бассейне Амура. В случае осуществления прогнозируемого в XXI в. потепления в бассейне Амура имеется вероятность в среднем для всего водосбора снижения количества атмосферных осадков и стока.

Список литературы

- [1] Водно-экологические проблемы бассейна реки Амур / Под ред. А. Н. Махинова. Владивосток: ДВО РАН, 2003. 187 с.
- [2] Карты отклонений температуры воздуха и осадков от многолетних средних Северного полушария, вып. 1—4 / Под ред. Е. С. Рубинштейн. Л.: Гидрометеиздат. 1961—1967.
- [3] Ким В. И., Махинов А. Н., Новороцкий П. В. Современные природные и антропогенные изменения климата, рельефа и речного стока в бассейне р. Амур. III Дружининские чтения: Комплексные исследования природной среды в бассейне реки Амур. Материалы Межрегиональной науч. конф., Хабаровск, 6—9 октября 2009 г. В 2 кн. Хабаровск: ДВО РАН, 2009. Кн. 1. С. 79—83.
- [4] Месячные суммы осадков в процентах от нормы / Под ред. А. И. Неушкина. Ч. 1. Вып. 3. М.: Гидрометеиздат, 1977. 578 с.
- [5] Новороцкий П. В. Распространение муссона над южной частью российского Дальнего Востока // Метеорология и гидрология. 1999. № 11. С. 40—46.
- [6] Новороцкий П. В. Климатические изменения в бассейне нижнего Амура // Изв. РГО. 2007. Т. 139. Вып. 2. С. 10—19.
- [7] Оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. Т. 1. Изменения климата. М.: Росгидромет, 2008. 227 с.
- [8] Петров Е. С., Новороцкий П. В., Ленишин В. Т. Климат Хабаровского края и Еврейской автономной области. Владивосток; Хабаровск: Дальнаука, 2000. 174 с.
- [9] Поляк И. И. Оценивание линейного тренда временных метеорологических рядов // Труды ГГО. 1975. Вып. 364. С. 51—55.
- [10] IPCC 2007. Climate Change, 2007. The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change / S. Solomon, D. Quin, M. Manning et al., eds // Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 2007. 996 p.

Хабаровск
novorockiy@ivep.as.khb.ru

Поступило в редакцию
9 июня 2010 г.