



УДК 551.583: 551.557

Многолетние флуктуации стока р. Сунгари

П. В. Новороцкий (novorockiy@iver.as.khb.ru)

Аннотация. Проанализированы флуктуации стока р. Сунгари за период с 1898 по 2000 гг. Выявлены циклы различной длительности, периоды повышенной и пониженной водности. Определена доля вклада стока р. Сунгари в сток р. Амур в месте их слияния и вблизи г. Хабаровска.

Ключевые слова: Амур, Сунгари, сток, цикл.

Введение

Многолетние колебания водности Сунгари (Сунхуацзян) – реки на северо-востоке Китая, крупнейшего правого притока Амура, существенно воздействуют на состояние экосистем его бассейна. На берегах Сунгари расположены крупные города Гирин, Харбин, Цзямусы и множество более мелких населенных пунктов, здесь действуют более 100 крупных предприятий нефтехимической и целлюлозно-бумажной промышленности, машиностроения, развито сельское хозяйство. Вклад р. Сунгари в водность Амура возле г. Хабаровска составляет в среднем около 25 %, при этом в последние годы с ее водами приносится до 80 % от общего количества загрязняющих веществ, поступающих в Амур [2].

Протяженность р. Сунгари 1865 км, площадь водосбора 532 000 км². Бассейн реки, берущей начало на плоскогорье Чанбайшань, расположен между 41°40'–51°50' с. ш. и 119°25'–132°30' в. д. Один из ее истоков начинается близ оз. Тяньчи, у кратера вулкана Байтоушань. Средний расход Сунгари у г. Цзямусы составляет 1870 м³/с [11, 12, 14].

В верхнем течении Сунгари – типичная горная река, но ниже Гирина она выходит на равнину Дуньбэй, где достигает 0,5–2 км в ширину и становится судоходной. Особенно широка и подвержена наводнениям долина р. Сунгари ниже устья Нуьцзяна (Нонни). В низовьях Сунгари течет по китайской части Среднеамурской низменности, часто разбиваясь на рукава и изобилуя мелями. Ширина ее поймы 3–5 км [11, 12, 14].

В предлагаемой работе планируется на основании имеющихся рядов наблюдений проанализировать многолетние изменения стока р. Сунгари, а также оценить изменения вклада сунгарийского стока в общий сток Амура в сезонном и многолетнем режиме.

Исследования многолетних гидрологических колебаний в бассейнах Амура и Сунгари проводились на основе данных по стокам р. Амур в створе с. Помпеевка (1898–1962 гг.), г. Хабаровска (1896–2005 гг.), р. Сунгари в створах городов Харбин (1898–2000 гг.) и Цзямусы (1953–2000 гг.);

источник информации – гидрологические справочники и архивные материалы Дальневосточного управления гидрометеослужбы. Наиболее длительный и непрерывный ряд наблюдений – по стоку Амура в створе Хабаровска, где формируется в среднем от 80 до 90 % всего стока реки [13].

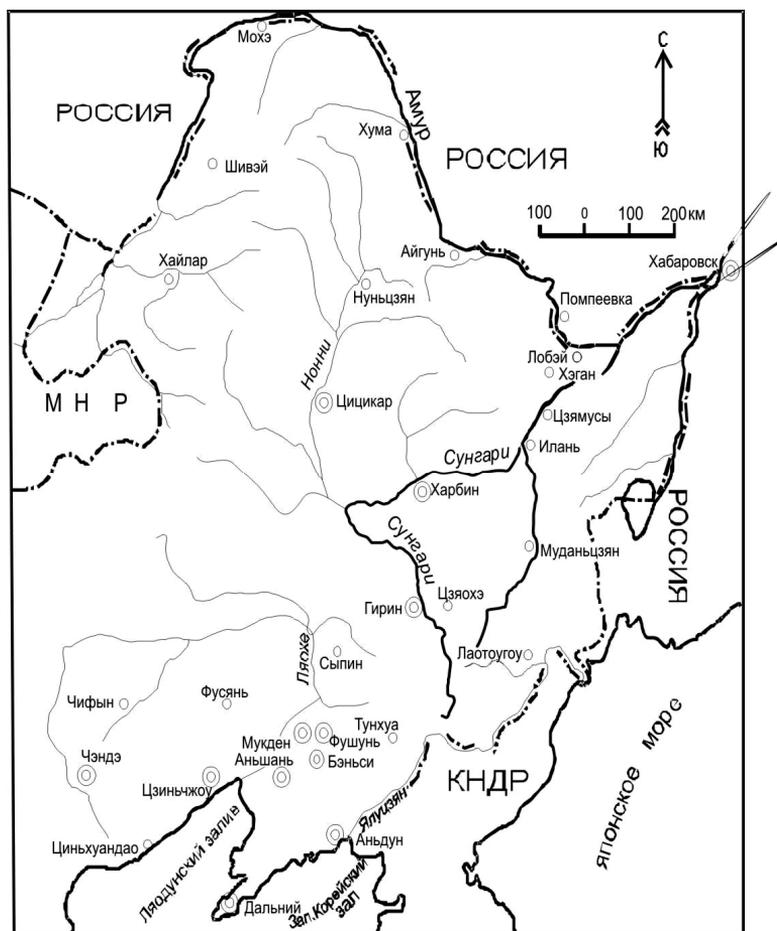


Рис. 1. Бассейн р. Сунгари

Исходные материалы и используемые методы

Наиболее представительный ряд наблюдений за 103 года по стоку Сунгари имеется в створе г. Харбин, расположенного на расстоянии 707 км от устья реки; площадь бассейна Сунгари здесь 390 500 км². Наблюдения за стоком Сунгари ведутся также в створе г. Цзямусы, расположенном ниже Харбина, на расстоянии 270 км от устья р. Сунгари; площадь бассейна – 528 300 км². Данные по водному стоку Сунгари у г. Цзямусы характеризуют сток реки практически всего сунгарийского бассейна.

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

Полученные результаты и обсуждение

За весь период наблюдений на интегральной кривой годового стока р. Сунгари у г. Харбина (рис. 2) можно выделить один законченный столетний цикл со средним стоком, равным среднему многолетнему – с 1898 по 1998 гг. На фоне этого продолжительного цикла видны более короткие маловодные и многоводные периоды. Пониженная водность р. Сунгари наблюдалась в 1898–1927, 1974–1980 гг., повышенная – в 1928–1940, 1952–1967 и 1980–1998 гг. В отдельные периоды (1941–1951, 1968–1973 гг.) годовой сток имел короткие (1–3 года) периоды пониженной и повышенной водности.



Рис. 2. Разностные интегральные кривые модульных коэффициентов $\Sigma(\kappa-1)$ стока рек Амур и Сунгари в разных створах за период наблюдений (Амур – Хабаровск, Амур – Помпеевка, Сунгари – Харбин, Сунгари – Цзямусы)

На р. Амур у г. Хабаровска за весь период наблюдений (1896–2005 гг.) выделяется также длительный период со стоком равным среднему многолетнему с 1928 по 2005 гг. Общий фон повышенной водности Амура у г. Хабаровска отмечался в следующие периоды: с 1906 по 1916, с 1926 по 1943 и с 1955 по 1966 гг., соответственно пониженная водность наблюдалась в периоды с 1917 по 1927, с 1974 по 1980, и с 1999 по 2005 гг. В другие периоды: с 1944 по 1954, 1967 по 1973 гг., с 1981 по 1998 гг. годовой сток чередуется короткими 1–2–3-летними периодами пониженной и повышенной водности.

Колебания годового стока р. Сунгари у г. Цзямусы (1953–2000 гг.), а также сток Амура у с. Помпеевка согласуются с изменениями стока Сунгари у г. Харбин и Амура у г. Хабаровска (рис. 2). Незначительные расхождения в межгодовом изменении стока между Сунгари у г. Харбин и Амура у г. Хабаровска отмечаются в 1900-е, 1980–1990-е гг. На р. Сунгари

у г. Харбин интенсивность изменения стока за весь период наблюдений наиболее значительная. Это может быть связано с меньшей дренируемой площадью водосбора в данном створе по сравнению с другими рассматриваемыми пунктами наблюдений, где сток формируется на более обширной территории.

Синхронность колебания стока подтверждают также данные корреляционной матрицы, где представлены парные коэффициенты корреляции стока в створах исследуемых рек (табл. 1). Коэффициенты корреляции изменения анализируемого стока рек в различных створах довольно высокие, самая слабая связь наблюдается между стоком Амура у с. Помпеевка и стоком Сунгари у г. Харбин ($r = 0,44$). Все коэффициенты корреляции в табл. 1 значимы ($p < 0,05$).

Таблица 1

Корреляционная матрица годового стока рек бассейна Амура

Река – пункт		1	2	3	4
Амур – Хабаровск	1	1,00	0,82	0,79	0,68
Амур – Помпеевка	2		1,00	0,62	0,44
Сунгари – Цзямусы	3			1,00	0,95
Сунгари – Харбин	4				1,00

Корреляционные и спектральные функции часто используют для изучения структуры колебаний стока и их периодичности [1, 4, 5, 10]. Обычно эти методы применяются для исследования выборок, отвечающих требованиям стационарности и эргодичности и имеющих нормальное распределение. Несмотря на то, что эти требования во временных рядах гидрометеорологических параметров не всегда строго выполняются, результаты расчетов позволяют приближенно оценить временную структуру исследуемых рядов.

Оценка спектральных плотностей стока р. Сунгари производилась с помощью программы для статистических расчетов на ПК «STATISTICA 6.0». Для определения вероятности случайного появления максимумов спектральной плотности на отдельных частотах вычислялись уровни значимости 1, 5 и 10 %. Для уменьшения разброса точек и сокращения количества отрицательных значений спектральной плотности, не имеющих физического смысла, выполнялось их сглаживание с помощью коэффициентов Хамминга [10].

В табл. 2 представлены циклы различной продолжительности на рассматриваемых створах Амура и Сунгари. В колебаниях годового стока за весь период наблюдений на р. Сунгари имеют место циклы со средней длиной 2–3, 4–5, 12 и 26–27 лет, на р. Амур – 2–3, 4–5, 7, 12 и 27–28 лет. На всех створах наблюдается приблизительно одинаковый набор циклов колебаний стока, за исключением 7-летнего цикла, который отмечается лишь на Амуре. Обращает на себя внимание также высокая значимость длительных циклов колебаний стока 26–28 лет (табл. 2).

Таблица 2

Циклическая структура годового стока рек бассейна Амура

Река – пункт	Длина цикла, годы
Амур – Хабаровск	4*; 7*; 12*; 27-28**
Амур – Помпеевка	3; 4*; 7*; 12*; 27**
Сунгари – Цзямусы	2–3; 4*; 12*; 26**
Сунгари – Харбин	2–3*; 4–5*; 12; 26–27**

Примечание: *, ** – соответственно 5 % и 1 % уровни значимости; без знака – 10 %.

В целом на основании данных, приведенных на рис. 2, табл. 1, 2, можно сделать предварительный вывод об относительной синхронности многолетних колебаний годового стока на р. Сунгари и р. Амур в створах с. Помпеевка и г. Хабаровска. Относительное несогласование изменения стока на этих реках отмечается лишь в 1900-е, 1980–1990-е гг.

Спектральный анализ многолетних колебаний годового стока р. Сунгари у г. Харбин за 1911–1988 гг. выполнен Н. Ф. Ефремовой [4], получившей для данного створа статистически значимые циклы продолжительностью 4, 15 и 25 лет, что достаточно близко к нашим данным.

В настоящее время во многих природных явлениях, в том числе в климатических гидрологических процессах, обнаружено множество циклов различной продолжительности. Нестабильность проявления во времени и пространстве – отличительная черта цикличности многих гидрометеорологических процессов. Природа выявленных циклов не всегда бывает ясна, постоянно дискутируется в литературе [1, 3, 5, 10]. Генетическими причинами цикличности гидрометеорологических процессов, по мнению многих исследователей, служат внешние (космо-геофизические) по отношению к ним процессы: приливообразующие силы системы Солнце – Луна – Земля, солнечная активность, характеристики движения Земли и др. Другие считают, что они обусловлены автоколебательными процессами системы атмосфера – гидросфера Земли, вулканической активностью, третьи – естественными свойствами любой случайной последовательности [1, 3, 5, 10].

Некоторые полученные в данной работе циклические составляющие колебания стока Амура и Сунгари характерны также и для других рек земного шара. Например, циклические составляющие колебаний годового стока с периодом 4 года выявлены на многих крупных реках: Янцзы, Меконг, Нил, Миссисипи, а также в стоке рек средней Европы (от берегов Франции до Урала), юга Прибалтики, сибирских реках – Ангаре, Лене, Колыме [1, 5, 10].

Интенсивность теплоотдачи в системе Гольфстрим периодически меняется через 4–5 лет [1]. Формирование температурных аномалий на поверхности воды Атлантики у берегов Европы отражается на изменчивости воздушного переноса, поступлении влаги на евразийский континент.

Обнаруженные в колебаниях стока Амура и Сунгари 12-летние циклы близки к известному солнечному циклу (числа Вольфа). Эти циклы выявлены во многих природных процессах, в том числе в колебаниях годового стока: Темзы, Немана, Десны, рек Фенноскандии, Янцзы, Нила, Миссури, Эльбы, Оби, Селенги, Шилки, Ангары, Лены и др. [1, 5, 10].

Для более детального анализа низкочастотных циклических колебаний определены также динамические средние колебаний стока р. Сунгари с периодом осреднения 10 лет (рис. 3). Использование скользящих средних позволяет сгладить колебания более высокой частоты, чем период осреднения. Представленные на рис. 3 данные по стоку были нормированы, т. е. взяты по отношению к средним многолетним расходам р. Сунгари за анализируемый период наблюдений (1898–2000 гг.). Наиболее отчетливо в ходе динамических средних в стоке р. Сунгари (рис. 3) прослеживаются циклы с периодичностью 20, 25, 28 и 30 лет: три полных цикла и начавшийся в 1980 г. цикл, у которого в 2000 г. наблюдается завершение фазы понижения стока.

Выявленные в амурском бассейне 25–27-летние циклы наблюдаются в годовом стоке рек северо-запада России, Ангары, Шилки [1, 5, 10]. Циклы с периодичностью 28 лет прослеживаются также в колебаниях атмосферных осадков в бассейне нижнего Амура [7, 8]. 23–25-летние циклы обнаружены в дендрологических временных рядах прироста деревьев в горных районах Тянь-Шаня (Зеравшанский хр.), в Северной Америке (провинция Альберта) [1].

Циклы в увлажнении территории длиной 25–35 лет и кратные им в 2 и 4 раза большей частью совпадают, как считает О. А. Дроздов [3], с уменьшением прозрачности атмосферы, вызванной эруптивными извержениями вулканов в XIX–XX вв. Пространственно-временное распределение циклов осадков и соответственно стока рек он объясняет автоколебаниями системы атмосфера – океан – суша, на которую оказывают влияние и некоторые внешние факторы.

С 1898 по 2000 гг. происходило неуклонное увеличение стока Сунгари (рис. 3): за 103 года ее водность увеличилась в среднем на 43 %. Уравнение линейного тренда для годового стока имеет следующий вид:

$$y = 0,4233 x + 78,001; R^2 = 10 \%. \quad (1)$$

Статистическую 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 % ($p \leq 0,05$). При объеме выборки 50 лет это соответствует величине $R^2 \geq 10 \%$, при объеме выборки 100 лет – $R^2 \geq 5 \%$. [9].

Полученный линейный тренд (уравнение 1) описывает 10 % межгодовой изменчивости, статистически значим, уровень достоверности превышает 95 %.

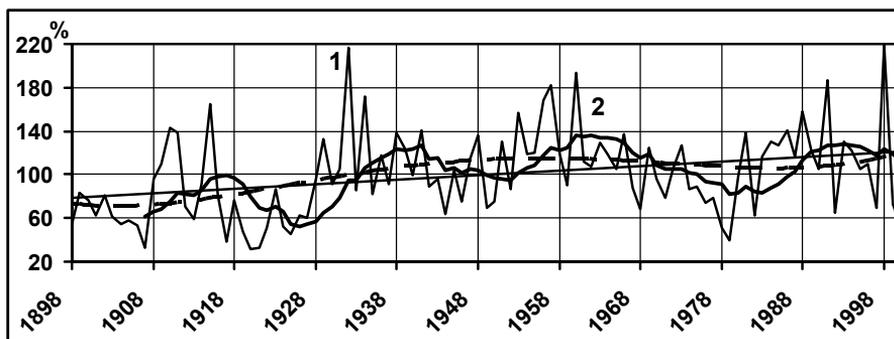


Рис. 3. Многолетний ход нормированного годового стока р. Сунгари у г. Харбина в 1898–2000 гг., % (1) и десятилетние скользящие средние (2).

Прямая линия – линейный тренд; штрих-пунктирная линия – тренд, аппроксимированный полиномом 4-й степени

Аппроксимация среднегодовых многолетних изменений стока р. Сунгари полиномом 4-й степени позволила получить также статистически значимую зависимость, описываемую уравнением:

$$y = 8 \cdot 10^{-6} x^4 - 0,0017 x^3 + 0,1022 x^2 - 1,1273 x + 74,01; R^2 = 15 \%. \quad (2)$$

Данная полиномиальная зависимость позволяет выявить некоторые нюансы во внутривековом изменении стока. Эта зависимость показывает тенденцию повышения стока р. Сунгари с начала XX в. до 1950-х гг., затем прослеживается плавное уменьшение водности к 1990 г. Таким образом, в стоке р. Сунгари при сильном сглаживании (рис. 3) можно визуальнo выделить большую 80–90-летнюю волну пониженной и повышенной водности.

Для створа р. Сунгари у г. Цзямусы, расположенного ниже г. Харбин, были определены величины годового стока за период наблюдений 1953–2000 гг. Величины годового стока были нормированы по отношению к среднему за период наблюдений 1953–2000 гг. (рис. 4).

За анализируемый период наблюдений выявлен статистически значимый линейный тренд понижения годового стока р. Сунгари у г. Цзямусы со средней скоростью 6,1 %/10 лет:

$$y = -0,6141 x + 115,05; R^2 = 7 \%. \quad (3)$$

Данные наблюдения были также аппроксимированы статистически значимой полиномиальной зависимостью четвертой степени:

$$y = -0,0005 x^4 + 0,044 x^3 - 1,236 x^2 + 9,531 x + 108,45; R^2 = 32 \%. \quad (4)$$

Сглаженная полиномиальная кривая показывает, что после высоких значений стока 1950-х гг. водность Сунгари постепенно снижается, достигнув минимума в 1970-е гг., затем она вновь нарастает к началу 1990-х гг. и далее вновь понижается к 2000 г.

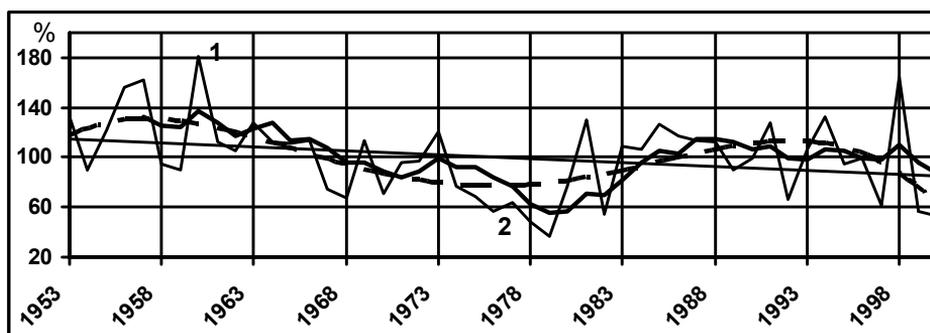


Рис. 4. Многолетний ход нормированного годового стока р. Сунгари у г. Цзямусы в 1953–2000 гг., % (1) и пятилетние скользящие средние (2).

Прямая линия – линейный тренд, штрих-пунктирная линия – тренд, аппроксимированный полиномом 4-й степени

За этот же период времени (1953–2000 гг.) тренд понижения годового стока р. Сунгари у г. Харбин происходил со средней скоростью 4,3 %/10 лет, несколько меньшей, чем у г. Цзямусы:

$$y = -0,4319x + 123,37; R^2 = 3\% \quad (5)$$

Выполненный анализ показал, что для периода синхронных наблюдений за годовым стоком р. Сунгари у г. Харбин и г. Цзямусы в 1953–2000 гг. отмечается достаточно тесная связь: коэффициент корреляции $r = 0,95$; при $r_{0,95} = 0,20$. Это свидетельствует о согласованности колебаний стока в этих двух створах Сунгари, ниже г. Харбин перед г. Цзямусы впадает лишь один крупный приток у г. Сансин – р. Муданьцзян.

Минимум водности р. Сунгари у г. Харбин за весь период наблюдений, когда годовые расходы воды были равны или ниже на 20 % по сравнению со средними многолетними расходами воды за 103 года, отмечался 35 раз. Это наблюдалось в следующие годы: 1898, 1900, 1901, 1903–1907, 1912, 1913, 1917–1922, 1924–1927, 1944, 1946, 1949, 1950, 1968, 1971, 1976–1979, 1982, 1986, 1992, 1997, 1999, 2000. Абсолютный годовой минимум водности за весь период наблюдений у г. Харбина был отмечен в 1920 г. – 386 м³/с (31 % от средних многолетних расходов).

Повышенная водность р. Сунгари у г. Харбин за весь период наблюдений, когда годовые расходы воды были соответственно равны или на 20 % выше средних многолетних величин, наблюдалась 29 раз (в 1910, 1911, 1915, 1929, 1932, 1934, 1938, 1939, 1941, 1948, 1951, 1953, 1956–1957, 1960, 1963, 1966, 1969, 1973, 1981, 1984–1986, 1988, 1989, 1991, 1993, 1994, 1998 гг.). Абсолютный годовой максимум водности у г. Харбина (2700 м³/с), зафиксированный в 1998 г., превысил средний многолетний расход в 2,2 раза. Из 103 лет наблюдений 64 года характеризуются либо повышенной, либо пониженной водностью, причем примерно в равных долях. Анализируя приведенные данные, можно заключить, что минимум

расходов воды р. Сунгари у г. Цзямусы отмечается в среднем с периодичностью 1–3, 5, 8, 10, 16 лет, максимум – с периодичностью 1–5, 7, 14 лет.

В последнее время участились аварии и связанные с ними неконтролируемые сбросы вредных и ядовитых химических веществ в реки на предприятиях Китая, расположенных в бассейне р. Сунгари. Это обострило и без того довольно сложную экологическую обстановку как здесь, так и на участке Амура, расположенном ниже места впадения р. Сунгари. В связи с этим представляет интерес оценка притока сунгарийской водной массы в р. Амур, чтобы в первом приближении определить потенциальную разбавляющую способность амурских вод по отношению к стокам р. Сунгари.

Ближайший гидрологический створ на р. Амур перед впадением в него р. Сунгари расположен у с. Помпеевка, примерно в 200 км выше по Амуру от места его слияния с р. Сунгари (рис. 1). Наблюдения проводились здесь с 1898 по 1962 гг., а затем были прекращены [13].

За период наблюдений (1953–1962 гг.) среднегодовой сток р. Сунгари – Цзямусы (рис. 5) составляет около половины (47 %) от стока р. Амур – Помпеевка, изменяясь от 74 % (многоводные годы на р. Сунгари) до 28 % (маловодные годы). В многоводные годы на р. Сунгари происходит разбавление ее водной массы примерно в 2–2,5 раза в месте впадения в р. Амур. В маловодные годы разбавление сунгарийских вод при их встрече с амурской водой может происходить в четырех-пятикратном соотношении.

Ниже по течению Амура, у Хабаровска, после впадения другого крупного амурского правобережного притока – р. Усури среднегодовой сток Сунгари составляет в среднем 25 %, изменяясь в разные годы от 16 до 41 %. Здесь при хорошем перемешивании водных масс среднегодовые показатели разбавления вод р. Сунгари примерно в два раза выше, чем в ее устьевой зоне (рис. 5).

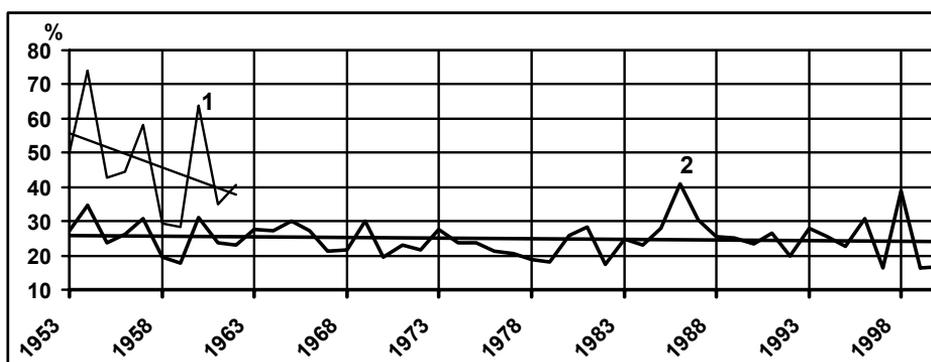


Рис. 5. Отношение среднегодового стока р. Сунгари – Цзямусы к стокам р. Амур – Помпеевка (1) и р. Амур – Хабаровск (2), %; прямые секущие линии – линейные тренды соответствующих кривых.

$$1: y = -1,9974 x + 57,602; R^2 = 16 \%; 2: y = -0,0349 x + 25,753; R^2 = 1 \%$$

Линейный тренд кривой 2 (рис. 5) показывает, что за 103 года вклад сунгарийских вод в водную массу Амура уменьшился на 3,5 %, достоверность полученной зависимости ниже 95 %.

Вышеприведенные среднегодовые соотношения стока р. Сунгари в р. Амур могут также существенно изменяться из-за неравномерного внутригодового распределения их водности.

Характерная особенность водного режима р. Сунгари, как и других рек бассейна Амура – частые летне-осенние паводки, вызываемые дождями. В этот период обычно выпадает 80 % всей годовой суммы осадков. Запасы снега в холодный период года в бассейне незначительны. В связи с этим для водного режима р. Сунгари характерна большая неравномерность в распределении стока по сезонам.

В годовом ходе можно выделить четыре основных сезона – весенний, летний, осенний и зимний. Весной (апрель–май) при таянии снега уровень воды в р. Сунгари повышается, но ненадолго и ненамного. После схода талых вод, до начала периода дождей, уровень воды в целом пониженный, но с частыми подъемами, связанными с таянием снега в высокогорных частях бассейна. Лето и осень характеризуются наибольшей водностью вследствие дождевых паводков, число и высота которых зависят от характера выпадения осадков и их распределения во времени. При наличии затяжных дождей происходит наложение паводков и формируется сплошной летний или летне-осенний подъем воды. С окончанием дождей река теряет свою водность и переходит на зимний режим. В этот момент часто происходит резкий подъем уровня воды, главным образом из-за стеснения русла, а в дальнейшем его спад – сначала крутой, а потом – медленный.

Обычно самая напряженная ситуация, связанная с экологическим состоянием Амура и его притоков, складывается в период ледостава, когда резко уменьшается разбавляющая функция всех водотоков из-за существенного (в 10–50 раз и более по сравнению с летне-осенними месяцами) снижения расходов воды (табл. 3) [11, 13].

Таблица 3

Среднее распределение стока воды по сезонам года в р. Амур у г. Хабаровска и в р. Сунгари у г. Цзямусы (% к годовому объему)

Река	Период				Год
	декабрь–март	апрель–май	июнь–сентябрь	октябрь–ноябрь	
Амур	4,8	15,8	63,3	16,0	100
Сунгари	9,2	14,1	59,1	17,7	100

Из приведенных данных (табл. 3) видно, что в летний период в р. Амур и р. Сунгари стекает больше половины годового объема воды, весной и осенью – 14–18 %, за четыре месяца зимнего периода – всего 5–9 %. Причем в р. Сунгари у г. Цзямусы доля зимнего стока от годового объема почти в два раза выше, чем в р. Амур у г. Хабаровска.

На рис. 6 представлены среднемесячные расходы воды в рассматриваемых гидрологических створах за периоды наблюдений, доступные автору. Из данного рисунка видно, что в зимний период года среднемесячные расходы воды на р. Сунгари – Цзямусы меньше расходов р. Амур – Хабаровск, но выше, чем в створе р. Амур у с. Помпеевка. С мая по октябрь расходы воды на р. Сунгари ниже, чем на р. Амуре у с. Помпеевка и г. Хабаровска.

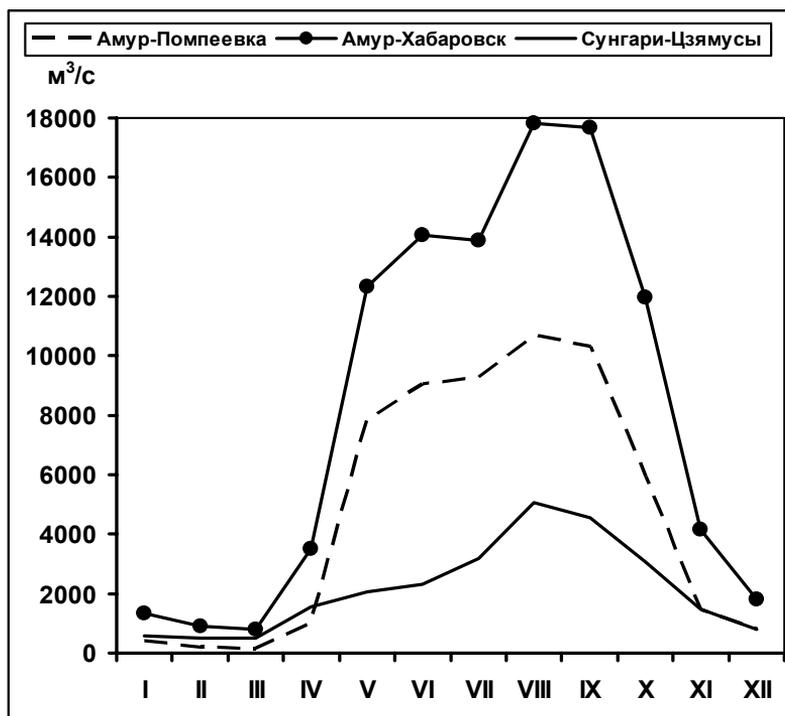


Рис. 6. Среднемесячные расходы воды ($\text{м}^3/\text{с}$):

р. Амур – Хабаровск (1896–2005 гг.), р. Амур – Помпеевка (1898–1962 гг.), р. Сунгари – Цзямусы (1953–2000 гг.)

В табл. 4 представлены соотношения стока воды на р. Сунгари – Цзямусы, р. Амур – Хабаровск и р. Амур – Помпеевка за периоды наблюдений на указанных гидрологических створах. Предварительно эти отношения были рассчитаны для каждого месяца и года синхронных наблюдений. Затем из них определены как средние величины отношений, так и их экстремальные значения – максимальные и минимальные величины. Данным образом были оценены как годовые, так и месячные доли сунгарийской воды в ее устьевой зоне при встрече с амурской (соотношения стока р. Сунгари – Цзямусы ($Q_{цз}$) и р. Амур – Помпеевка ($Q_{пом}$) за период 1953–1962 гг.), и на нижнем Амуре – по соотношению стока р. Сунгари – Цзямусы ($Q_{цз}$) со стоком р. Амур у г. Хабаровска ($Q_{хб}$) за период 1953–2000 гг. (табл. 4).

Для средних величин водного режима в ноябре и с января по апрель сток р. Сунгари в 1,5–3,4 раза превышает сток Амура возле с. Помпеевка (табл. 4, рис. 6). Максимальные величины этого превышения наблюдаются в феврале–марте (обычно это период зимней межени на Амуре). В это время года многие малые и средние водотоки северной части бассейна Амура нередко перемерзают до дна, сток с них бывает минимальным. Весеннее половодье (май–июнь) на р. Сунгари ввиду незначительного снежного покрова и нередких весенних засух очень слабо выражено. Поэтому в этот период отмечается наиболее сильное 4–5-кратное разбавление сунгарийских вод амурскими. С июля по октябрь сток р. Сунгари (в долях от амурского) близок к его среднегодовым значениям – 37–54 %, происходит 3–4-кратное разбавление сунгарийской воды. В декабре сток р. Сунгари и сток р. Амур у с. Помпеевка примерно одинаковы. Для устьевой части р. Сунгари данные выводы, особенно для зимнего периода, требуют уточнений, так как они сделаны на основании наблюдений с 1953 по 1962 гг. После ввода в эксплуатацию Зейской ГЭС (1975 г.) и первой очереди Бурейской ГЭС (2003 г.) гидрологический режим на среднем и нижнем Амуре изменился, в особенности в холодный период года. Например, по исследованиям В. И. Кима [6] на Амуре у г. Хабаровска, судя по уровням воды, зимний меженный сток по указанной причине увеличился.

Таблица 4

Месячные величины соотношения стока р. Сунгари у г. Цзямусы ($Q_{цз}$) к стоку р. Амур у с. Помпеевка ($Q_{пом}$) и р. Амур у г. Хабаровска ($Q_{хб}$), %

Месяцы	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	год
$Q_{цз} / Q_{пом}$ (1953–1962 гг.)													
Среднее	157	256	344	209	26	26	37	53	48	54	145	102	47
Максимум	252	391	518	439	41	37	65	104	93	83	253	147	74
Минимум	70	108	150	69	15	16	14	16	19	33	68	70	28
$Q_{цз} / Q_{хб}$ (1953–2000 гг.)													
Среднее	45	53	62	43	17	17	23	27	25	25	37	49	25
Максимум	81	91	102	72	26	26	38	55	45	44	72	98	41
Минимум	19	16	24	25	10	11	11	11	12	15	21	25	18

В нижнем течении Амура, в створе Хабаровска после впадения р. Усури, происходит дальнейшее разбавление воды р. Сунгари. Здесь доля ее воды в стоке Амура с ноября по апрель в среднем составляет 37–62 %, с июля по октябрь – 23–27 %, в мае–июне – 17 % (табл. 4).

Выводы

1. В целом за весь период наблюдений 1898–2000 гг. среднегодовой сток р. Сунгари увеличивался со средней скоростью 4,2 %/10 лет. В то же время во вторую половину этого периода (1953–2000 гг.) водность р. Сунгари понижается со скоростью 4–6 %/10 лет. Отмечаемое в последние десятилетия снижение стока обусловлено, по-видимому, не только климати-

ческими изменениями, но и интенсивной хозяйственной деятельностью на исследуемом водосборе.

2. На фоне многолетнего, в течение 103 лет, повышения стока р. Сунгари в ее водном режиме отмечаются отдельные периоды пониженного (1898–1927, 1974–1980) и повышенного (1928–1940, 1952–1967, 1980–1998 гг.) стока.

3. С помощью спектрального разложения величин многолетнего стока р. Сунгари, анализа экстремальных его величин, метода динамических скользящих средних выявлены циклы колебаний годового стока с периодом 2–5, 12, 25–28 лет, а на р. Амур – 2–3, 4–5, 7, 12 и 27–28 лет.

4. За рассматриваемый период наблюдений многолетние изменения годового стока р. Сунгари возле г. Харбин и г. Цзямусы в целом синхронны изменениям стока р. Амур у с. Помпеевка и г. Хабаровска. Относительное несогласование изменения стока на этих реках отмечается лишь в 1900-е, 1980–1990-е гг.

5. В приустьевой зоне р. Сунгари доля ее среднегодового стока от стока Амура составляет 47 %, в многоводные годы увеличиваясь до 74 %, а в маловодные понижаясь до 28 %. На нижнем Амуре у г. Хабаровска среднегодовая доля сунгарийской воды снижается до 25 % по сравнению с амурской, изменяясь в зависимости от водности года в пределах 16–41 %. На нижнем Амуре у Хабаровска доля вод р. Сунгари в стоке Амура с декабря по апрель составляет 37–62 %, с июля по октябрь – 23–28 %, в мае–июне – 16–17 %.

Список литературы

1. *Адаменко В. Н.* Индикация изменений климата / В. Н. Адаменко, М. Д. Масанова, А. Ф. Четвериков – Л. : Гидрометеоздат, 1982. – 112 с.
2. *Андреенко С. Н.* О реализации комплексных мер по обеспечению экологической безопасности населения российского Приамурья / С. Н. Андреенко, В. В. Бардюк, О. В. Веселовская // Материалы междунар. науч.-практ. конф. в области экологии и безопасности жизнедеятельности. – Комсомольск-на-Амуре : ГОУВПО–КнАГТУ, 2006. – С. 10–12.
3. *Дроздов О. А.* О связи многолетних колебаний температуры и увлажнения // Физические основы изменений современного климата. – Л. : Гидрометеоздат, 1980. – С. 64–73.
4. *Ефремова Н. Ф.* Анализ многолетних колебаний годового стока рек бассейна Амура // Тр. / ДВНИИ, 1992. – Вып. 137. – С. 54–66.
5. *Калинин Г. П.* Проблемы глобальной гидрологии / Г. П. Калинин. – Л. : Гидрометеоздат, 1968. – 378 с.
6. *Ким В. И.* Влияние антропогенных факторов на гидрологический режим нижнего Амура / В. И. Ким : автореф. дис. ... канд. геогр. наук. – Хабаровск : ИВЭП ДВО РАН, 2005. – 24 с.
7. *Новороцкий П. В.* Изменения климата за последние 113 лет в бассейне нижнего Амура // География и природные ресурсы. – Новосибирск, 2005. – № 2. – С. 92–97.
8. *Новороцкий П. В.* Колебания стока Амура за последние 110 лет // География и природные ресурсы. – Новосибирск, 2007. – № 4. – С. 86–89.

9. Поляк И. И. Оценивание линейного тренда временных метеорологических рядов // Тр. / ГГО. – Вып. 364. – Л. : Гидрометеиздат, 1975. – С. 51–55.
10. Природа многолетних колебаний речного стока / под ред. И. П. Дружинина. – Новосибирск : Наука, 1976. – 311 с.
11. Протасьев М. С. Река Сунгари / М. С. Протасьев. – М. : Гидрометеиздат, 1942. – 140 с.
12. Реклю Э. Россия Европейская и Азиатская / Э. Реклю. – СПб., 1883–1884. – Т. 1–2. – 440 с.
13. Ресурсы поверхностных вод СССР. – Т. 18. – Л. : Гидрометеиздат, 1966–1972. – Вып. 1. Верхний и средний Амур, 1966. – 782 с. ; Вып. 2. Нижний Амур, 1970. – 592 с.
14. Физическая география Китая. – М. : Мысль, 1964. – 740 с.

Long-Term fluctuations of the Sungari runoff

P. V. Novorotsky

Abstract. Long-Term Changes of the Sungari Run off for the period with 1898 on 2000 are analyzed. Cycles of various duration the periods raised and lowered runoff are revealed. The share of the contribution of a drain of Sungari in a drain of Amur together their merges and at Khabarovsk is determined.

Key words: Amur, Sungari, runoff, cycle.

*Новороцкий Петр Васильевич
кандидат географических наук
Институт водных и экологических проблем ДВО РАН
680000, Хабаровск, ул. Ким-Ю-Чена, 65
старший научный сотрудник
тел.: (421) 22-75-73, 21-08-46
факс: (4212) 22-75-73*