

Н. П. СМЕРНОВ, Э. И. САРУХАНИЯН, О. Ф. КОНДРАЦОВА
К ВОПРОСУ О ПРИЧИНАХ МНОГОЛЕТНИХ КОЛЕБАНИЙ
СТОКА ВОЛГИ

(Представлено академиком Д. В. Наливкиным 23 IX 1968)

Было установлено, что часть многолетних изменений крупномасштабных природных процессов возникает в результате воздействия на оболочку Земли сил планетарного характера (¹⁻³). Оказалось, что вследствие квазиритмического характера возмущающих сил, таких как солнечная активность, долгопериодные приливообразующие силы и сила деформации, создаваемая движением земных полюсов, в многолетних изменениях природных процессов возникают циклические колебания со средними периодами около 7, 11 и 19 лет.

Существование подобной ритмичности в изменениях атмосферной циркуляции (^{4, 5}), по-видимому, должно отражаться и в многолетних колебаниях стока рек, поскольку основную роль в возникновении последних играют изменения климатических условий, в частности осадков и температурного режима (⁶).

Для изучения многолетних колебаний стока Волги использовались материалы Гидрометеорологической службы по длительным рядам наблюдений, характеризующих сток Волги на четырех створах (см. табл. 1). Указанные ряды подвергались фильтрации с помощью скользящего осреднения. При выборе фильтров мы основывались на предположении о вероятной квазиритмической структуре многолетней изменчивости стока. Скользящее осреднение значений стока проводилось по 3-, 7-, 11- и 21-летнему интервалам, затем были применены так называемые полосовые фильтры: 3—7, 7—11 и 11—21, т. е. из величин, полученных скользящим осреднением по 3-летиям, вычитались 7-летние скользящие средние и т. д.

Таблица 1

Амплитуды (А) и фазы (φ) циклических колебаний в многолетних изменениях стока Волги. (Фазы приведены к 1877 г.)

Створ	Продолжительность ряда	Периоды Т (годы)								
		6—8			10—14			19—24		
		Т	А	φ	Т	А	φ	Т	А	φ
Приток в Рыбинское водохранилище	1893—1962	6	$\frac{75}{13}$	209	10	$\frac{82}{14}$	160	20	$\frac{101}{17}$	236
Ярославль	1877—1962	6	$\frac{88}{15}$	186	10	$\frac{93}{15}$	139	20	$\frac{137}{23}$	205
Куйбышев	1877—1964	6	$\frac{382}{11}$	162	14	$\frac{609}{18}$	178	19	$\frac{434}{12}$	205
Волгоград	1879—1964	6	$\frac{346}{10}$	198	14	$\frac{600}{16}$	197	21	$\frac{662}{18}$	318

Примечание. Числа над чертой — амплитуда вариации в м³/сек, под чертой — в процентах от абсолютной амплитуды ряда, вычисленной по формуле: $A_{абс} = \frac{Q_{max} - Q_{min}}{2}$, где Q — расход.

Отфильтрованные ряды подвергались обработке методом спектрального анализа, результаты которого подтвердили высказанные предположения о многокомпонентном циклическом характере многолетней изменчивости стока Волги. Действительно, величины периодов статистически достоверных колебаний группировались около средних значений 6—7, 10 и 19—20 лет. В качестве примера на рис. 1 приведены спектрограммы соответственно через 2—3 г. и через 3—4 г. после максимума солнечной ак-

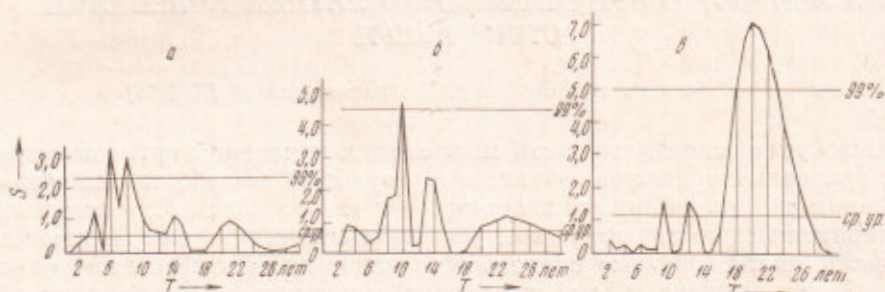


Рис. 1. Спектр колебаний отфильтрованных рядов притока вод в Рыбинское водохранилище при фильтрах 3—7 (а), 7—11 (б) и 11—21 (в)

При анализе рядов наблюдений на створах у г. Куйбышева и г. Волгограда, отфильтрованных фильтром 7—11, достоверными оказались амплитуды циклов с периодами около 14 лет. Учитывая это обстоятельство, при анализе циклов более длительного периода предварительная фильтрация указанных рядов производилась с помощью фильтра 15—21.

Установив основные периоды циклических колебаний в стоке Волги, мы применили для определения их амплитуд и фаз метод периодограммного анализа натурных рядов. Полученные амплитуды и фазы циклических колебаний стока Волги на различных створах представлены в табл. 1.

Судя по значениям амплитуд, выраженных в процентах от абсолютной амплитуды ряда, указанные колебания с периодами в 6, 10—14 и 19—21 лет составляют в сумме около 50% от общей изменчивости стока.

Как уже было указано, в стоке Средней Волги вместо предполагаемой «одиннадцатилетней» циклическости обнаружена вариация с периодом в 14 лет. Причины такого несоответствия остаются пока неясными, можно лишь предполагать, что они кроются в сложном взаимодействии различных барических систем, формирующих синоптические условия в бассейне Средней Волги, поскольку северная и центральная части Европейской территории СССР находятся под воздействием западного переноса влаги с Атлантического океана, в то время как южные ее районы получают влагу в основном от юго-западного переноса со Средиземного моря (7).

В дальнейшем были исследованы циклические колебания для выяснения их природы. С этой целью были рассчитаны взаимокорреляционные функции отфильтрованных стоковых рядов по различным створам последовательно с индексами солнечной активности, приливообразующей силы и движения полюса Земли.

Взаимокорреляционные функции связи солнечной активности с многолетними изменениями стока рассчитывались при сопоставлении чисел Вольфа с 1900 по 1957 гг. с величинами расходов воды на четырех выбранных створах, отфильтрованных с применением фильтра 7—11 (рис. 2).

Анализ хода взаимокорреляционных функций подтверждает предположение о влиянии солнечной активности на процессы изменения стока. Периодичность хода функций свидетельствует о том, что связь между солнечной активностью и колебаниями стока Волги, оставаясь постоянной по знаку, достигает наибольшей тесноты один раз в 10 лет. Именно этот период характерен для циклической деятельности Солнца в рассмат-

риваемом интервале времени. Судя по ходу взаимокорреляционных функций, эта связь различна для районов Верхней и Средней Волги. Наступление многолетних лет наблюдается в стоке Верхней Волги через 1—2 года после минимума солнечной деятельности, а в стоке Средней и Нижней Волги — через 2—3 г. Аналогично этому минимальный сток возникает соответственно через 2—3 г. и через 3—4 г. после максимума солнечной ак-

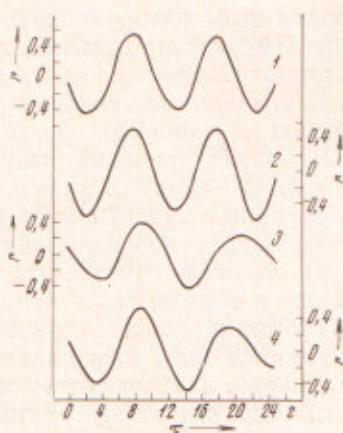


Рис. 2

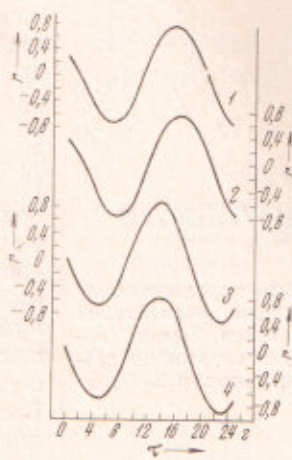


Рис. 3

Рис. 2. Взаимокорреляционные функции связи солнечной активности с рядами по стоку (фильтр 7—11). Здесь и на рис. 3, 4: 1 — приток в Рыбинское водохранилище, 2 — сток у Ярославля, 3 — у Куйбышева, 4 — у Волгограда

Рис. 3. Взаимокорреляционные функции связи потенциала приливообразующей силы Луны с рядами по стоку Волги (фильтр 11—21)

тивности. Такой характер связи солнечной деятельности с одиннадцатилетними колебаниями стока согласуется с нарушениями зональности атмосферной циркуляции под влиянием солнечной активности (⁴).

Для доказательства приливной природы девятнадцатилетней вариации в стоке Волги рассчитывались взаимокорреляционные функции при сопоставлении величин потенциала приливообразующей силы Луны с 1900 по 1954 г. со значениями рядов по стоку на четырех створах, отфильтрованных с применением фильтра 11—21. Как показывает ход функций (рис. 3), между изменениями приливообразующей силы и многолетними колебаниями стока наблюдается отчетливая зависимость.

Минимальный сток в среднем течении Волги наблюдается спустя 4—5 лет после моментов, соответствующих максимальным значениям приливного потенциала. При этом неоднородность атмосферных условий над различными районами волжского бассейна проявляется и в данном случае — временной сдвиг между максимумом приливообразующей силы и уменьшением стока в верхнем течении Волги возрастает до 6—7 лет.

Наименее изучена природа семилетней цикличности в колебаниях стока. Поскольку происхождение семилетней вариации в изменениях атмосферных процессов связано с влиянием на барическое поле Земли силы деформации, создаваемой движением земных полюсов, можно предполагать, что возникновение семилетней цикличности в стоке рек обусловлено воздействием силы деформации на процессы стока, которое осуществляется через соответствующие изменения в циркуляции атмосферы.

Однако в данном случае речь идет о роли, по существу, сезонного фактора в многолетних изменениях стока, поскольку период свободного движения полюса, а следовательно, и период перемещения максимума

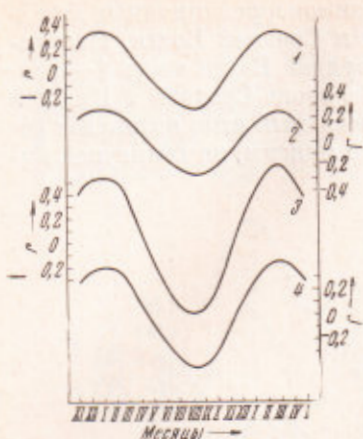


Рис. 4. Взаимокорреляционные функции связи показателей движения полюса Земли (координата x) с рядами по стоку Волги⁷ (фильтр 3—7)

силы деформации равен 14 мес. Это означает, что проходя через определенные районы земного шара сила деформации оказывает максимальное влияние на формирование сезонных колебаний атмосферных условий в каждом районе в разные месяцы года. Для того чтобы определить момент наибольшего влияния движений полюса на изменчивость стока Волги, мы рассчитали взаимокорреляционные функции показателей движения полюса Земли (координата x на начало каждого месяца) с 1920 по 1959 г. со значениями стоковых рядов, отфильтрованных с помощью фильтра 3—7. 17 рядов месячных значений координаты x полюса вращения Земли были последовательно скоррелированы с каждым из стоковых рядов. Ход полученных корреляционных функций (рис. 4) отражает отчетливую 14-месячную вариацию в тесноте связи движений полюса с колебаниями стока и свидетельствует о том, что влияние силы деформации на сток Волги сказывается наиболее отчетливо в зимние месяцы, когда радиус-вектор полюса вращения Земли пересекает районы Северной Атлантики. Полученные результаты согласуются с высказанным ранее положением о том, что сток равнинных рек Европейской части СССР в значительной мере определяется атмосферными процессами в зимний период⁽⁹⁾.

Вместе с тем это обстоятельство и является причиной возникновения семилетнего цикла в изменчивости стока Волги. Сила деформации, рассматриваемая в определенном районе земного шара для фиксированного момента года, обнаруживает семилетний период изменения вследствие несовпадения 14-месячного периода с годовым. Соответственно, ее влияние на сток, наиболее характерное для зимних месяцев, будет изменяться от года к году, достигая максимальных значений один раз в 7 лет.

Обобщая результаты спектрального и корреляционного анализа, мы приходим к заключению о многокомпонентной квазипериодической структуре многолетней изменчивости стока Волги, которая формируется под воздействием атмосферных процессов и, следовательно, отражает все нарушения зональности атмосферной циркуляции, возникающие под влиянием солнечной активности, приливных сил и силы деформации, создаваемой движением полюсов Земли.

Институт биологии водохранилищ
Академии наук СССР
п. о. Борок, Ярослав. обл.

Поступило
7 IX 1968

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ Б. Л. Дзердзеевский, Изв. геогр. общ., 94, в. 4 (1962). ² И. В. Максимов, Н. П. Смирнов, Тр. Полярн. инст. рыбн. хоз. и океаногр., 20 (1967). ³ А. В. Шнитников, Зап. географич. общ. СССР, 16 (1957). ⁴ И. В. Максимов, Н. П. Смирнов, Тр. Арктич. и Антарктич. н.-и. инст., 262 (1965). ⁵ В. И. Егорова, Тр. Главн. геофизич. обсерв., 87 (1959). ⁶ Л. К. Давыдов, Водность рек СССР, ее колебания и влияние на нее физико-географических факторов, 1947. ⁷ А. Н. Афанасьев, Колебания гидрометеорологического режима на территории СССР, «Наука», 1967. ⁸ К. П. Воскресенский, Нормы и изменчивость годового стока рек Советского Союза, М., 1962.