

ДОЛГОСРОЧНЫЙ ПРОГНОЗ СТОКА Р. МОРАВА

V. Herber¹ и Б. А. Шмагин²

¹Кафедра географии естественного факультета Университета им. Я. Э. Пуркине,
Котларжска 2, Брно, Чехословакия

²Кафедра гидрогеологии Геологического факультета Московского
государственного университета им. В. М. Ломоносова, Ленинские горы,
Москва, СССР

Предложено к печати: июнь 1985 г.

РЕЗЮМЕ

Дан прогноз среднего годового и минимального месячного стока р. Морава на основе разложения исходного ряда на детерминированную и случайную составляющие. На основе полученного линейного тренда, амплитуд и фаз отдельных периодов для каждого ряда наблюдений за стоком с 1911 по 1970 гг., модельный ряд продлен на 30-летний период. Отклонение модельных рядов от исходных составило в среднем соответственно 17,7 и 22,9 %, что позволяет предположить такую же ошибку прогноза.

ВВЕДЕНИЕ

Необходимость долгосрочного прогноза стока рек всегда актуальна при гидрологическом обосновании комплексного использования водных ресурсов. Особое значение это имеет для бассейна Дуная, где наблюдается значительное колебание стока и отдельные участки которого находятся в пределах различных государств. Последнее повышает необходимость согласованного использования водных ресурсов.

Долгосрочный прогноз стока, в основу которого положено выявление скрытой периодичности его рядов, дан на примере р. Моравы, физико-географические и гидрогеологические условия формирования речного стока в бассейне которой являются характерными для бассейна Дуная в целом. При этом учитывалось наличие для этой реки достаточно представительного ряда наблюдений за стоком.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Долгосрочный прогноз стока р. Морава дан для средних годовых и минимальных месячных многолетних значений речного стока с использованием данных наблюдений за 1911—1970 гг.

Выявление скрытой периодичности последовательности данных производилось с использованием метода, предусматривающего выделение в исходном ряду детерминированной и случайной компоненты (Берри и др. 1979). При этом, детерминированная компонента исследуемого ряда выявлена в виде сложной периодической функции с линейным трендом:

$$Y(t) = a + bt + \sum A_i \cos\left(\frac{2t}{T_i} - \varphi_i\right)$$

где $a + bt$ — линейная часть уравнения, A_i , T_i , φ_i — амплитуда, период и фаза i -косинусоиды. Коэффициенты уравнения вычисляются итеративно отдельно для каждого

выделенного периода и для всех периодов вместе при условии минимизации случайной части. Собственно среднее значение случайной части, получаемое как сумма разности между исходным рядом и значением функции в каждой точке и деленное на количество точек, является показателем аппроксимации исходного ряда функций. Иначе говоря функция $V(t)$ представляет собой модельный ряд, суммирующий периоды, присутствующие в исходном ряду с точностью до случайной составляющей. Модельный ряд может быть продлен на период, не превышающий половины продолжительности исходной последовательности и в этом случае можно предположить, что ошибка прогноза будет сопоставима с величиной случайной компоненты.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Результаты анализа скрытой периодичности и проведения прогноза до 2000 г. для рядов стока р. Морава, р. Свратка — бассейн р. Морава и малой реки Райчанка — бассейн р. Ваг (горной части Словакии) представлены в таблице 1 и на рисунке 1 и 3. Модельные ряды обладают выраженной цикличностью, аппроксимируют исходные ряды по амплитуде лучше, чем кривые, полученные сглаживанием 3^x и 5-ти-летками. Автоковариационная функция для рядов стока р. Морава (рис. 2) указывает на наличие периодов соответственно 4, 7, 11, 15 лет и 6, 10, 11, 16 лет, что не всегда совпадает с выделенными периодами, особенно для первого ряда.

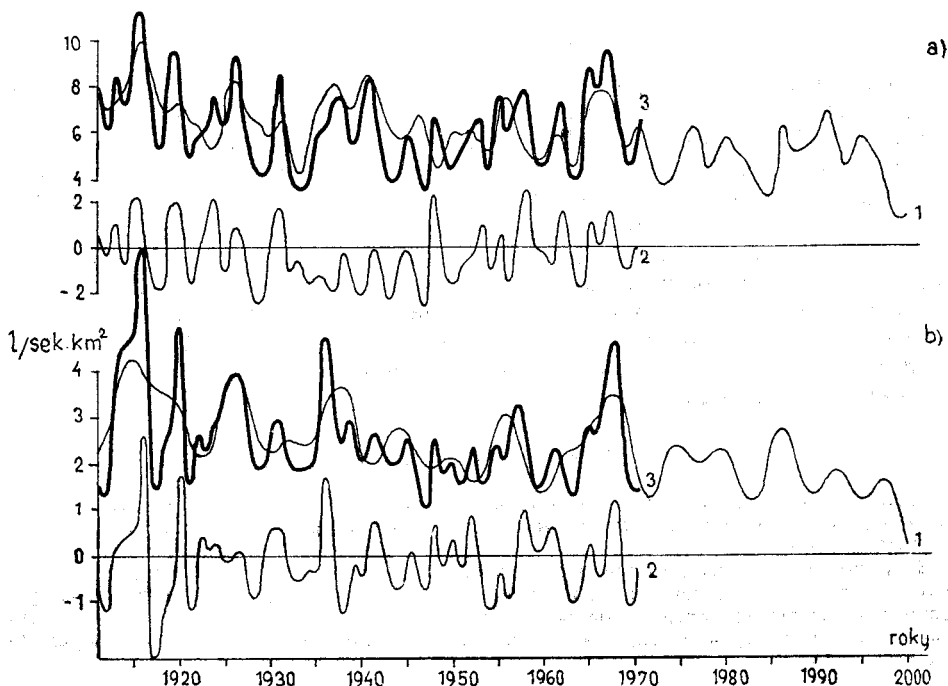


Рис. 1. Кривые исходных и модельных рядов среднего годового „а“ и минимального месячного стока „б“ р. Морава: 1 — модельный ряд, 2 — случайное отклонение, 3 — исходный ряд

Спектрограммы лучше отражают присутствие непродолжительных периодов 3, 5, 6, 10 лет. Ограничения здесь связаны с анализом не более трети исходного ряда.

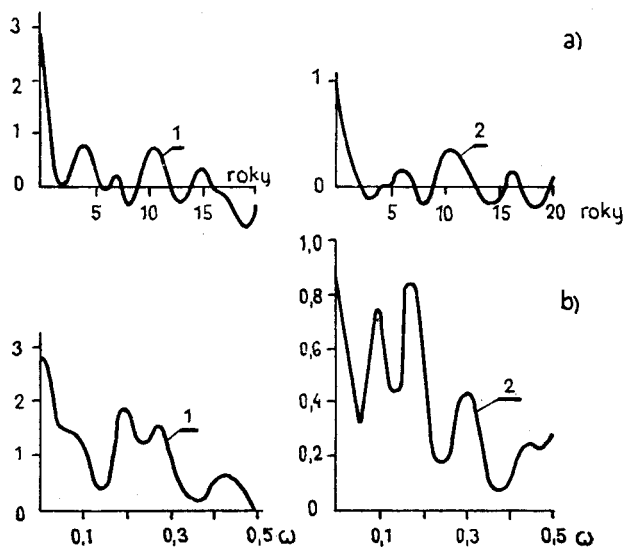


Рис. 2. Кривые автоковариации (а) и спектрограммы (б) среднего годового (1) и минимального месячного стока (2) р. Морава

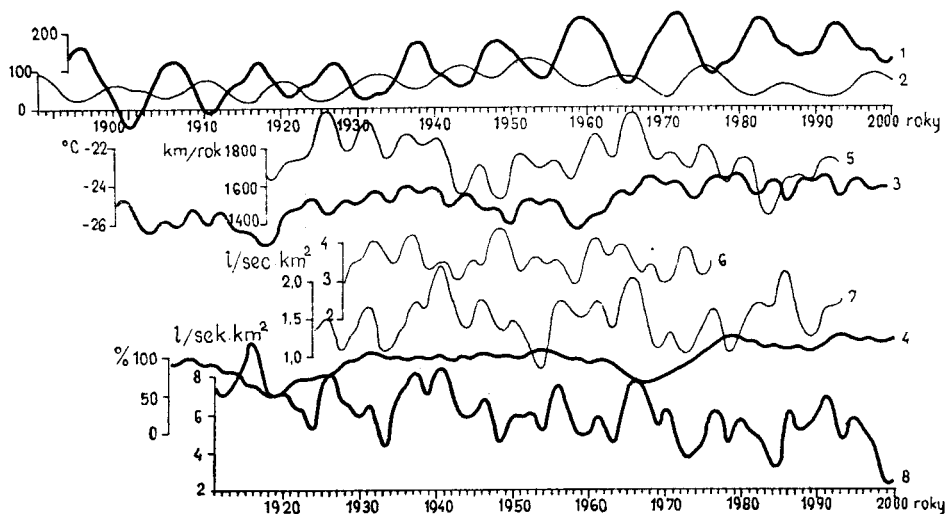


Рис. 3. Кривые модельных рядов суммарной площади солнечных пятен (1), чисел Вольфа (2), зимней температуры Северного полюса (3), динамики ледников Восточных Альп (4), суммарного годового стока Атлантического склона Европы (5), среднего годового стока р. Райчанка (6), среднего годового стока р. Свратка (7), среднего годового стока р. Морава (8)

Прогноз можно признать удовлетворительным, что подтверждается согласованием расчетных и наблюдаемых и, в частности, фактическими данными о маловодности 1983 г.

Таб. 1. Результаты исследования скрытой периодичности рядов стока

Площадь водосб. [км ²]	Расход [м ³ . с ⁻¹]	Коэффициенты уравнения, периоды, амплитуды, фазы					Среднее значение ошибки [%]
Средний годовой сток							
р. Морава — Рашков (1911—1970 гг.)							
350	7,40	—0,028	3,0	0,44	1,18		17,2
			5,0	0,83	1,21		
			10,0	0,54	4,54		
			13,0	0,83	2,16		
			17,5	0,24	3,78		
			24,5	0,68	1,54		
р. Свратка — Боровнице (1924—1970 гг.)							
128	1,54	—0,001	3,0	0,08	—0,07		19,7
			5,0	0,22	3,93		
			9,0	0,23	—1,02		
			22,0	0,28	—1,02		
р. Райчанка — Полувсие (1930—1960 гг.)							
244	3,52	—0,002	4,0	0,25	2,51		15,4
			6,0	0,22	3,87		
			8,0	0,19	3,29		
			14,0	0,34	3,60		
Минимальный месячный сток							
р. Морава — Рашков (1911—1970 г.)							
350	2,00	—0,018	6,0	0,47	4,20		22,9
			10,0	0,54	4,04		
			13,0	0,30	2,18		
			17,0	0,09	3,09		
			24,0	0,26	1,58		
			49,5	0,24	1,72		

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Для обоснования прогноза и объяснения причины установленной периодичности в рядах стока р. Морава по той же методике был проведен анализ скрытой периодичности для чисел Вольфа и суммарной площади солнечных пятен (Витинский 1973), средней зимней температуры на северном полюсе (Чижов 1976), динамики ледников Восточных Альп (Шнитников 1969), суммарного годового стока Атлантического склона Европы (Мировой водный... 1974), модельные кривые для которых представлены на рис. 3. Многоводные и маловодные циклы на модельных кривых стока хорошо согласуются с циклическим чередованием максимумов и миниму-

мов краевых динамики ледников и площади солнечных пятен. Соотношение не меняется и для прогностических частей этих кривых, что подтверждает достоверность выполненного прогноза стока и указывает на связь природных процессов.

ЛИТЕРАТУРА

- Берри Б. Л. и др. (1979): Выявление с помощью ЭВМ периодов вековых колебаний климата по дендрохронологическим рядам. В кн. Ритмы гляциальных процессов. Москва, МГУ, с. 135—148.
- Витинский Ю. П. (1973): Цикличность и прогнозы солнечной активности. Ленинград, Наука, 230 с.
- Мировой водный баланс и водные ресурсы Земли (1974), Москва, Гидрометеиздат, 637 с.
- Чижов О. П. (1976): Оледенение северной полярной области. Москва, Наука, 240 с.
- Шнитников А. В. (1969): Внутривековая изменчивость компонентов общей увлажненности. Ленинград, Наука, 243 с.

