

соновского института/ Солнечные данные. - 1973. - № 3. - С. 91 - 102.

3. В и н н и к о в К . Я . Современные изменения глобального климата// Сер.метеорология. Обзорная информация /Вып. 8. Обнинск.: 1985. - 52 с.
4. Г о л я д и н Г . С . Изменения климата в XX и XXI столетиях (обзор)// Изв. АН СССР. ФАО. - 1986. - т.22, № 12. - С. 1235-1249.
5. З а х а р о в В . Д . Льды Арктики и современные природные процессы// Л.: Гидрометеониздат. - 1981. - 136 с.
6. К л и г е Р . К . Изменения глобального водообмена. М.: Наука. - 1985. - 248 с.
7. О л ь А . И . , Ш е р с т ь к о в Б . Г . , Т р о ф и м е н к о Л . Т . Каталог индексов солнечной и геомагнитной активности. Обнинск: 1979. - 201 с.
8. П и в о в а р о в а З . И . Радиационные характеристики климата СССР. - Л.: Гидрометеониздат. - 1977. - 336 с.
9. P. D. Jose, *Astr. j.*, *jo*, 193, 1965.

Н.А.МУСАТОВ

ФИЗИКО-СТАТИСТИЧЕСКИЙ МЕТОД ПРОГНОЗА ГОДОВОГО СТОКА р.ЗЕРАВШАН У ПОСТА ДУПУЛИ

Сверхдолгосрочное прогнозирование стока рек является решением одной из основных проблем эффективного использования водных ресурсов Средней Азии. Нехватка воды в маловодные и избыток в многоводные годы наносят определенный ущерб хозяйству.

Сложность проблемы сверхдолгосрочного прогнозирования (на год и более) состоит в том, что область сбора предикторов, обуславливающих долгопериодные колебания стока, должна охватывать весь земной шар или большую его часть. Невозможность учета всех факторов, влияющих на формирование стока рек при несомненном наличии глобальных долгопериодных возмущений (солнечная активность, температура поверхности океана и др.) привела к тому, что основное развитие в исследованиях многолетнего колебания стока получили стохастические модели. Однако для большинства рек Средней Азии построение стохастических моделей не позволило получить прогноз стока с требуемой точностью /4/.

В настоящей работе на основе использования уравнений множественной регрессии рассмотрен один из подходов к долгосрочному про-

гнозированию колебаний годового стока рек. Обычно в качестве предикторов принимают индикаторы или факторы, характеризующие крупномасштабные процессы: ледовитость северных морей (Норвежского, Баренцева, Белого и др.), индексы атмосферной циркуляции, температуру подстилающей поверхности и т.д. /1/.

При составлении уравнений регрессии для прогноза годового стока р.Зеравшан в качестве предикторов использовались месячные аномалии приземной температуры и давления воздуха в узлах регулярной сетки северного полушария с шагом 5° по широте и 10° по долготе, любезно предоставленные автору сотрудниками СНИГМИ им.В.А.Бугаева.

Гидрометеорологические элементы, как правило, обладают большой пространственной и временной неоднородностью. Для устранения влияния случайных факторов и выделения полезной информации из временных рядов обычно используют "фильтры". Наиболее широкое применение в практике гидрологических расчетов получили биномиальный фильтр, экспоненциальное сглаживание, осреднение.

В качестве фильтра было использовано скользящее осреднение по двухмесячным (I-II, II-III, III-IV, IV-V, V-VI, VI-VII, VII-VIII, VIII-IX, IX-X, X-XI) и трехмесячным (I-III, II-IV, III-V, IV-VI, V-VII, VI-VIII, VII-IX, VIII-X, IX-XI) периодам. Декабрь - период, необходимый для сбора, обработки и представления информации по температуре и давлению в северном полушарии - в осреднении не участвовал.

Информативная группа предикторов определялась посредством вычисления пространственно-временных корреляционных связей между годовым стоком р.Зеравшан у поста Дупули и осредненными по временным периодам аномалиям температуры и давления /2, 3/. Таким образом, для дальнейшего анализа выбирались те предикторы, которые имели наиболее высокий (значимый для выборки данной длины) коэффициент корреляции с предиктантом. Пространственное распределение значимых парных коэффициентов корреляции приведены на рисунке.

Информативные предикторы, имеющие одинаковые сдвиги во времени и сгруппированные в отдельные области, осреднялись по пространству. Такое преобразование аномалий температуры и давления во времени и по пространству позволило выделить полезную информацию. Полученные реализации использовались при составлении линейных уравнений множественной регрессии.

Выбор расчетного уравнения включал следующие этапы: исходные выборки разбивались на две части - обучающую и проверочную, по обучающей выборке составлялось несколько уравнений и выбирались те, для которых сводный коэффициент корреляции был максимальным, составлялись прогнозы и различные варианты осреднения прогнозов, последние подвергались проверке на независимом материале. За группу расчетных уравнений принимались те, для которых число оправдавшихся

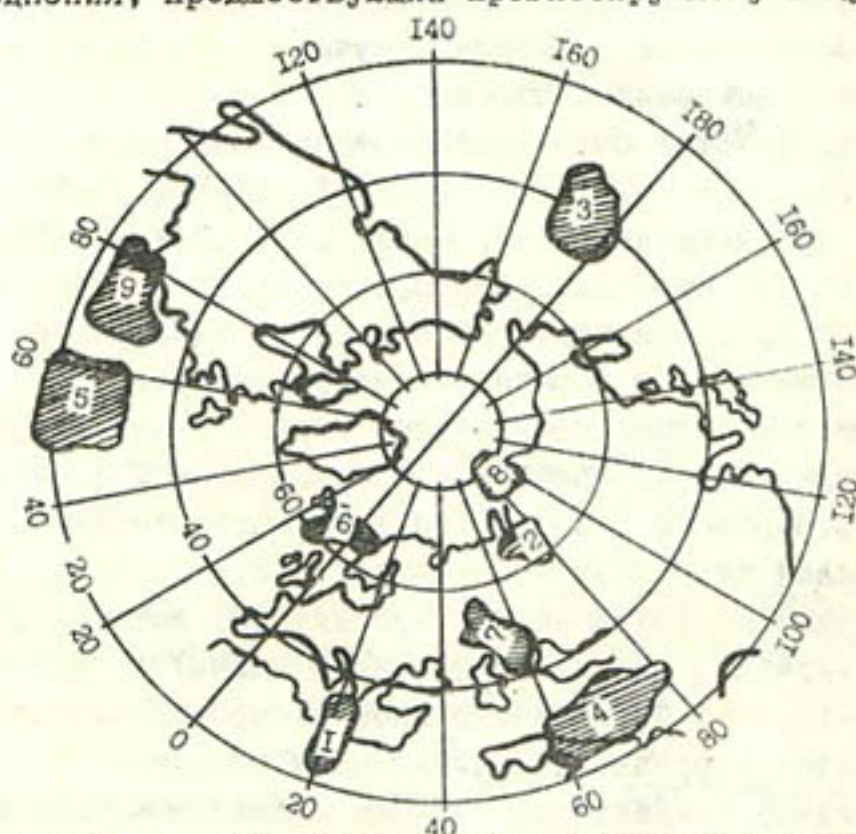
на независимом материале прогнозов было наибольшим. Прогноз считался оправдавшимся, если модуль его ошибки меньше или равен $0,674 \sigma$ (σ - среднеквадратичное отклонение прогнозируемого ряда, для р.Зеравшан $0,674 \sigma = 15 \text{ м}^3/\text{с}$). Таким образом, были получены следующие уравнения для прогноза годового стока р.Зеравшан:

$$Q_1 = 0,419 D_{\text{VII-VIII}}^{(1)} + 0,094 D_{\text{III-IX}}^{(2)} + 0,412 D_{\text{I-VII}}^{(3)} + 153, \quad (1)$$

$$Q_{\text{II}} = 0,649 T_{\text{X-XI}}^{(1)} - 0,223 D_{\text{III-V}}^{(2)} + 0,118 D_{\text{I-VII}}^{(3)} + 153, \quad (2)$$

$$Q_{\text{III}} = 0,23 D_{\text{VI-VIII}}^{(2)} - 0,138 T_{\text{II-IV}}^{(3)} - 0,279 T_{\text{I-II}}^{(3)} + 160, \quad (3)$$

где $T_j^{(i)}$, $D_j^{(i)}$ - осредненные во времени и по пространству температура и давление; i - номер осредненной области (рисунок); j - период осреднения, предшествующий прогнозируемому году.



Области значимых значений коэффициентов корреляции (заштрихованы) между стоком р.Зеравшан и приземным давлением (1 - 3, 5 - 7) и температурой (4, 8, 9)

Основные критерии выбора расчетных уравнений приведены в табл. I, проверка прогнозов на независимом материале - в табл. 2.

Для улучшения качества прогноза часто применяют методы комплексации прогнозов, полученных различными способами [5]. Анализ некоторых подходов к расчету весовых коэффициентов при комплексации прогнозов рассмотрен в работе [5]. Частным случаем комплексации прогнозов, вычисленных по различным уравнениям, является их осреднение. Анализ результатов проверки прогнозов на независимом

материале показывает, что результаты осреднения прогнозов по второму и третьему, а также по трем уравнениям позволяют существенно улучшить оправдываемость и качество прогноза.

Таблица I

Критерии выбора расчетных уравнений для прогноза

Номер уравнения	Число элементов обучающей выборки	Коэффициент корреляции			Число исходов проверочной выборки	Оправдываемость, %
		сводный	верхняя граница	нижняя граница		
1	30	0,87	0,94	0,73	14	57
2	32	0,81	0,90	0,63	14	57
3	29	0,80	0,91	0,63	14	64

Выводы

1. Для прогноза годового стока р.Зеравшан получены линейные уравнения множественной регрессии. В качестве предикторов приняты преобразованные во времени и по отдельным информативным областям северного полушария аномалии температуры и давления.

2. Использование методов комплексации прогнозов, полученных по различным уравнениям, позволило улучшить оправдываемость и качество прогнозов. Оправдываемость прогнозов на независимом материале составляет 70%.

Список литературы

1. Багров Н. А. и др. Долгосрочные метеорологические прогнозы. - Л.: Гидрометеоздат, 1985. - 274 с.
2. Кям И. С., Инагамова С. И. Об информативности полей приземного давления и температуры над северным полушарием для прогноза крупных аномалий температуры в Средней Азии// Тр./ САНИГМИ. - 1978. - Вып. 42(123). - С.77-84.
3. Кям И. С. О статистическом методе прогноза аномалий средней месячной температуры воздуха в декабре - марте по Средней Азии//Тр./ САНИИ. - 1980. - Вып. 80(161). - С.38-46.
4. Мусатов Н. А. Долгосрочное прогнозирование водных ресурсов Средней Азии// - Тезисы Всесоюзной научно-техн. конф. молодых ученых: Повышение эффективности мелиорируемых земель и водохозяйственное строительство. Тбилиси. - ГрузНИИГим. - 1987. - С. 179-180.
5. Savadias G., Morin G. *The combination of Simulated discharges of Hydrological Models // Application to the WMO intercomparison of Conceptual Models of snowmelt Runoff. - Nordic Hydrology. - 1986 - 17 - p. 21 - 32.*

И. Д. ШЕНЦИС, Б. К. ЦАРЕВ,
Н. А. АГАЛЬЦЕВА, Б. Л. ЛЯПИНА,
У. О. ТУРСУНОВ

ДОЛГОСРОЧНЫЙ ПРОГНОЗ ВЕГЕТАЦИОННОГО СТОКА РЕК МУРГАБ И ТЕДЖЕН

Реки Мургаб и Теджен - важнейшие источники водоснабжения и орошения засушливых районов Туркмении. Для рационального использования водных ресурсов этих рек, отличающихся значительной внутригодовой и межгодовой изменчивостью стока, нужен долгосрочный прогноз. Первая и до настоящего времени единственная попытка разработки метода такого прогноза сделана в 1957 г., когда В.Н.Паршин /4/ предложил систему графических связей для прогноза вегетационного (среднего за сезон и по месяцам) стока рек Мургаб и Теджен, используя в качестве основного предиктора рассчитанную "условную величину общего снегозапаса в бассейне". При этом автор работы исходил из следующего: "... не имея в своем распоряжении данных об осадках в горных частях рассматриваемых бассейнов, мы сочли возможным использовать для характеристики их за холодный период результаты маршрут-