

#### РАЗДЕЛ 4.

### ГИДРОЛОГИЯ, ОКЕАНОЛОГИЯ И КЛИМАТОЛОГИЯ

УДК 556.06

#### «МЕТОДИКА ДОЛГОСРОЧНОГО ПРОГНОЗА ПРИТОКА ВОДЫ К КАСКАДУ ВОДОХРАНИЛИЩ НА РЕКЕ КОЛЫМЕ НА ВТОРОЙ КВАРТАЛ»

*Ушаков М. В.*

*ФГБУН Северо-Восточный комплексный научно-исследовательский институт имени Н. А. Шило Дальневосточного отделения Российской академии наук, Магадан, Россия  
E-mail: mvilorich@narod.ru*

На р. Колыме работает каскад из двух ГЭС. Для более эффективного использования водных ресурсов Колымские гидроэнергетики нуждаются в прогнозах суммарного притока воды в водохранилища на второй квартал. Цель данной работы: разработать методику долгосрочного прогноза этой характеристики. Исследованием установлено, что многолетние колебания притока воды за второй квартал имеют 3- и 6-летние циклы. В многолетнем ходе притока воды тренд отсутствует, однако имеются нелинейные тренды в многолетних колебаниях средней температуры воздуха и максимальных запасов воды в снежном покрове в бассейне водохранилищ. Методом скользящей обучающей выборки получена удовлетворительная методика прогноза притока воды к каскаду водохранилищ на второй квартал, оправдываемость проверочных прогнозов составила 76,2 %. Предикторами послужили максимальный запас воды в снежном покрове и Полярно-Евразийский индекс атмосферной циркуляции. Показано, что метод скользящей регрессии эффективнее традиционного подхода, в котором коэффициенты регрессии в прогностическом уравнении постоянны.

**Ключевые слова.** приток воды к водохранилищу, многолетние колебания, тренд, прогноз.

#### ВВЕДЕНИЕ

В Магаданской области (Северо-восток России) на р. Колыме функционируют Колымская и Усть-Среднеканская ГЭС. Для более эффективного регулирования речного стока гидроэнергетикам необходимы долгосрочные прогнозы притока воды в водохранилища ГЭС [1; 2]. Необходимость прогнозов притока воды на второй квартал к каскаду ГЭС обусловлена следующими причинами. Во-первых, ежегодно в апреле перед Колымскими гидроэнергетиками стоит дилемма: для пропуска волны весеннего половодья производить холостые сбросы воды из водохранилищ или нет, а если и производить, то в каком объеме. Так, если год окажется маловодным, то в результате холостых сбросов воды при ориентации на норму водохранилища могут «уйти в зиму» с недостаточным объемом воды, что вызовет снижение выработки электроэнергии в зимний период. Во-вторых, почти ежегодно в период летне-осенней межени ГЭС осуществляют холостые сбросы воды для обеспечения судоходных уровней на р. Колыме, и в этом случае перед гидроэнергетиками тоже встает задача о допустимой величине холостых сбросов воды из водохранилищ.

В данной работе ставится цель разработать методику долгосрочного прогноза суммарного притока воды в Колымское и Усть-Среднеканское водохранилища на второй квартал. Данная методика разрабатывается впервые.

«МЕТОДИКА ДОЛГОСРОЧНОГО ПРОГНОЗА ПРИТОКА ВОДЫ К КАСКАДУ  
ВОДОХРАНИЛИЩ НА РЕКЕ КОЛЫМЕ НА ВТОРОЙ КВАРТАЛ»

Имеются работы по прогнозам притока воды в Колымское водохранилище на год, май, июль, сентябрь, третий квартал и в Усть-Среднеканское водохранилище – на год [3; 4; 5; 6].

Технические характеристики водохранилищ приведены в табл. 1.

Таблица 1.

Технические характеристики водохранилищ

Площадь водосбора, км <sup>2</sup>	Расстояние плотины от устья, км	Полный объем, км <sup>3</sup>	Средний напор, м
Колымское водохранилище			
61500	1850	14,4	112
Усть-Среднеканское водохранилище			
37600	1677	5,44	55,0

Характерной особенностью рассматриваемой территории является холодный климат [7]. Многолетнемерзлые породы распространены повсеместно [8], в долинах водотоков имеются сквозные гидрогенные и гидрогеогенные талики [9; 10].

Внутригодовое распределение стока рек в бассейне каскада водохранилищ отличается значительной неравномерностью (рис. 1). В теплую часть года (май–октябрь) протекает основная масса воды (94–99 %), в зимние месяцы сток незначителен или вовсе отсутствует [11]. Сток воды во втором квартале составляет 40–50 % годового объема. Он формируется главным образом тальми водами. Весеннее половодье начинается в первой половине мая и заканчивается во второй половине июня – начале июля. Гидрограф половодья характеризуются зачастую пилообразной формой. Волна половодья нередко сливается с последующими дождевыми паводками. Дождевые паводки проходят в период середины июня – сентябрь. Как правило, в среднем за год наблюдается от одного-двух до трех-пяти паводков. Наименьшие расходы воды за период открытого русла могут наблюдаться в любой летний месяц, преимущественно во второй половине лета, и перед появлением на реке осенних ледовых явлений. Зимняя межень наблюдается со второй половины октября до начала мая.

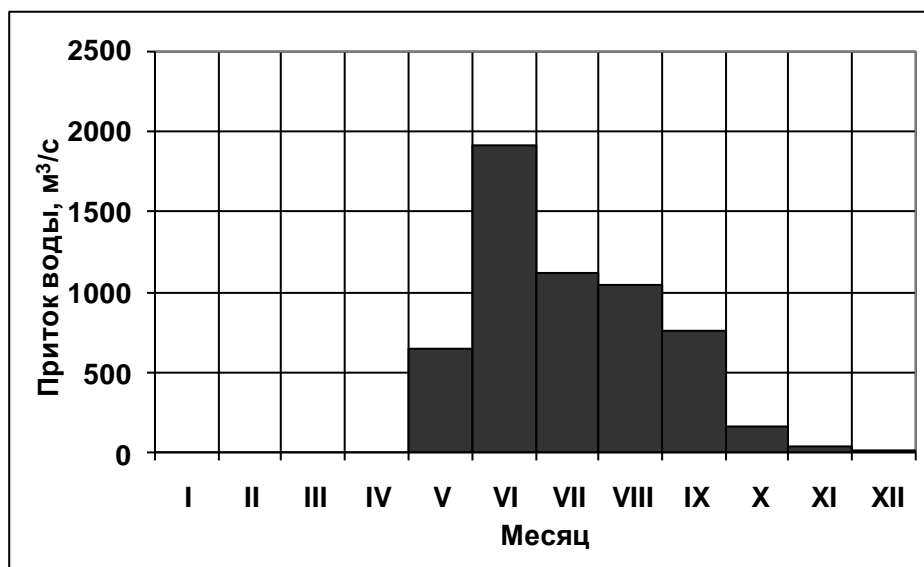


Рис. 1. Среднегодовое внутригодовое распределение притока воды в водохранилище Колымской ГЭС

## 1. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ И МЕТОДЫ

Исходные данные о притоке воды к каскаду водохранилищ на р. Колыме, максимальных запасах воды в снежном покрове (снегозапасах) в бассейне водохранилища получены в научно-оперативном фонде Колымского управления по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Колымское УГМС). Сведения о температуре воздуха взяты на сайте Всероссийского научно-исследовательского института гидрометеорологической информации – Мирового центра данных (ВНИИГМИ-МЦД) [12].

Продолжительность ряда притока воды за второй квартал достаточна для определения статистических параметров и разработки метода прогноза (табл. 1). Определение параметров кривой производилось методом моментов [13].

В многолетнем ходе притока воды во втором квартале статистически значимый тренд отсутствует, однако имеются нелинейные тренды в многолетних колебаниях средней температуры воздуха во втором квартале (ряд с 1937 г.) и максимальных снегозапасов (ряд с 1946 г.) в бассейне каскада водохранилищ (рис. 2). На рис. 2 тренды проведены от руки, так как неизвестна функция, по которой следует аппроксимировать кривые. Наличие положительных трендов, очевидно, связано с современным глобальным потеплением климата, которое признано большинством исследователей [14; 15; 16; 17]. Увеличение увлажненности, по-видимому, компенсируется увеличением испарения с поверхности водосбора из-за повышения температуры воздуха, поэтому норма притока воды не меняется.

Таблица 1.

Статистические параметры ряда притока воды к каскаду водохранилищ за второй квартал

Длина ряда, лет	Среднее, м <sup>3</sup> /с	Ошибка опреде-ления среднего, %	C <sub>v</sub>	Ошибка опреде-ления C <sub>v</sub> , %	C <sub>s</sub> /C <sub>v</sub>	r(1)	Однородность	
							по среднему (критерий Стьюдента)	по дисперсии (критерий Фишера)
83	797	3,74	0,34	8,15	2,5	0	однороден	однороден

Примечание: C<sub>v</sub> – коэффициент вариации; C<sub>s</sub> – коэффициент асимметрии; r(1) – коэффициент корреляции смежных лет.

Перед разработкой метода долгосрочного прогноза следует выяснить, какой статистической модели отвечает ряд суммарного притока воды: модели независимой случайной величины, модели простой или сложной цепи Маркова. Для этого необходимо исследовать частотную структуру многолетних колебаний прогнозируемой величины. Спектральный анализ ряда притока выявил циклы 3 и 6 лет (рис. 3), то есть можно полагать, что исследуемый ряд представляет собой реализацию случайного процесса большого пространственно-временного масштаба, которому отвечает статистическая модель сложной цепи Маркова. Можно предположить, что приток может иметь дальние асинхронные связи с индексами атмосферной циркуляции.

Спектральная функция колебаний притока S(T) рассчитывалась с использованием весовой функции Хэмминга по формуле [18]

$$S(T) = 1/2\pi + [(0,54 + 0,46\cos(\pi\tau/m))r(\tau)\cos(2\pi\tau/T)]/\pi, \quad (1)$$

где  $\tau$  – сдвиг по времени с дискретностью 1 год;  $m$  – максимальный сдвиг по  $\tau$  ( $m = n/2$  лет);  $r(\tau)$  – ординаты автокорреляционной функции;  $T$  – период ( $T = 1, 2, \dots, m$  лет).

При разработке прогностической модели был использован регрессионный анализ.

В условиях меняющегося климата целесообразно производить построение прогностической модели по скользящей обучающей выборке. Такой адаптивный подход к определению коэффициентов уравнения множественной линейной регрессии позволяет учесть изменяющиеся связи между зависимой переменной и предикторами.

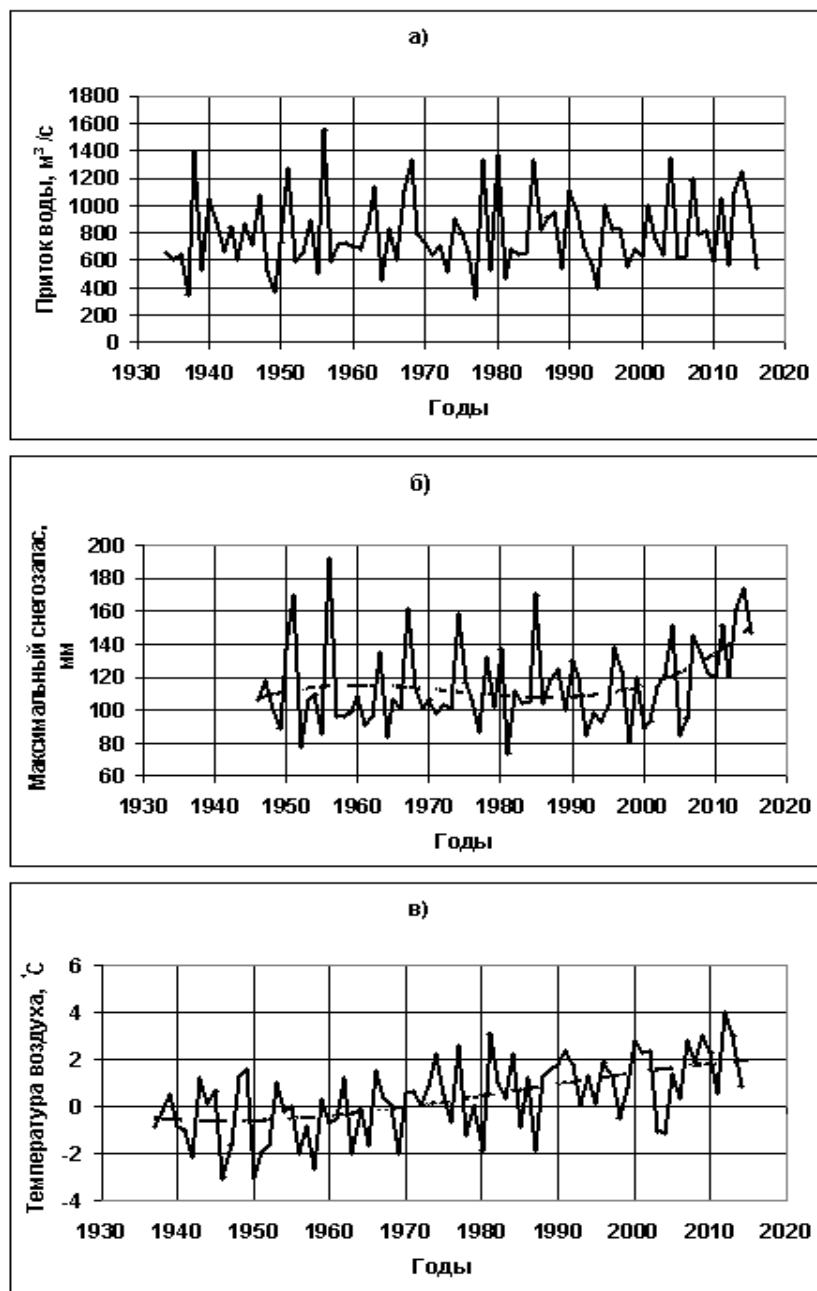


Рис. 2. Многолетний ход притока воды к каскаду водохранилищ во втором квартале (а), максимальных снеговзапасов в бассейне водохранилищ (б), средней температуры воздуха в г. Сусумане во втором квартале (в). Пунктиром проведены линии тренда

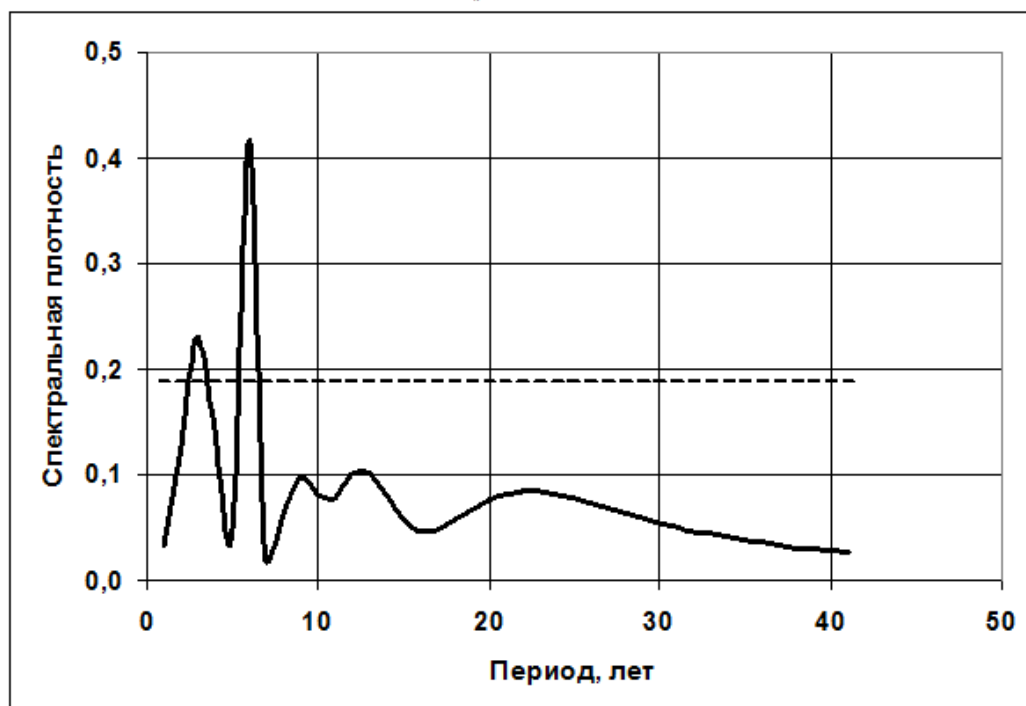


Рис. 3. Спектрограмма суммарного притока воды к водохранилищам р. Колымы во втором квартале. Пунктиром проведена доверительная граница при уровне значимости 5 %

В качестве показателя снегонакопления были взяты средневзвешенные максимальные запасы воды в снежном покрове на водосборе водохранилищ

$$S = 0,26S_1 + 0,22S_2 + 0,35S_3 + 0,17S_4, \quad (2);$$

где  $S_1, S_2, S_3, S_4$  – максимальные снегозапасы на метеорологических станциях Сусуман, Бохапча, Кулу, Усть-Омчуг. Весовые коэффициенты пропорциональны парным коэффициентам корреляции связи притока воды во втором квартале и снегозапасов на соответствующей станции.

При отыскании потенциальных предикторов использовались различные индексы атмосферной циркуляции: Арктическая осцилляция, Зональности Блиновой, Восточно-Атлантическая осцилляция, Восточно-Атлантический/Западно-Российский индекс, Восточная Пацифика-Северная Пацифика, Эль-Ниньо в районе 3.4, Северо-Атлантическая осцилляция, Эль-Ниньо в районах 1+2, 3 и 4, Южная осцилляция, Тихоокеанский/ Северо-Американский, Полярно-Евразийский, Скандинавский, Тропический Северо-Атлантический, Западно-Тихоокеанский. Месячные индексы, начиная с 1950 г., представлены на сайте Центра предсказания климата США [19].

## 2. МЕТОДИКА ПРОГНОЗА

Суммарный приток воды к каскаду водохранилищ на р. Колыме хорошо связан с максимальными запасами воды в снежном покрове (табл. 2). Анализ взаимных корреляционных функций выявил статистически значимую связь притока с Полярно-Евразийским индексом за октябрь с лагом 6 лет. Этот индекс связан с аномалиями температуры воздуха в Восточной Сибири и аномалиями осадков в полярной области [20]. Лаг длиной 6 лет, вероятно, связан с 6-летним циклом притока за второй квартал.

Таблица 2.

Корреляционная матрица  
(общий коэффициент корреляции  $R = 0,88$ )

Переменные	$Q_i$	$S_i$	$P_{i-6}$
$Q_i$	1	0,85	-0,61
$S_i$		1	-0,45
$P_{i-6}$			1

Примечание:  $Q_i$  – приток воды во втором квартале в год  $i$ , м<sup>3</sup>/с;  $S_i$  – максимальные снеготзапасы в год  $i$ , мм;  $P_{i-6}$  – полярный индекс атмосферной циркуляции за октябрь в год  $i-6$ , м<sup>3</sup>/с.

Сначала приведем традиционную схему прогноза притока на второй квартал, то есть по уравнению с фиксированными коэффициентами регрессии. Исходя из матрицы (см. табл. 2) прогностическое уравнение будет выглядеть следующим образом

$$Q_i = 7,67S_i - 73,08P_{i-6} - 80,5. \quad (3)$$

Оправдываемость проверочных прогнозов на независимом материале по формуле (3) составила 66,7 % (табл. 3). Отношение средней квадратичной ошибки прогнозов к среднеквадратическому отклонению прогнозируемого ряда составило  $S/\sigma = 0,70$ . Согласно [21] формула пригодна для составления прогнозов.

Как было указано выше, ряды предикторов имеют тренды, поэтому производить построение прогностической модели целесообразно по скользящей обучающей выборке.

Суть такого подхода заключается в оценке регрессии на последовательно сдвигаемом во времени интервале постоянной длины. Такую процедуру еще называют скользящей регрессией [22]. Пусть, например, у нас имеется выборка достаточно большого объема  $T$  и определена спецификация уравнения регрессии  $Y$  на  $X, Z, \dots$ . Тогда процедура оценивания скользящей регрессии предполагает сначала оценку регрессии на выборке от наблюдения 1 до  $m$ , где  $m < T$ . Величину  $m$  называют окном, или скользящей обучающей выборкой. Далее сдвигаем окно на

«МЕТОДИКА ДОЛГОСРОЧНОГО ПРОГНОЗА ПРИТОКА ВОДЫ К КАСКАДУ  
ВОДОХРАНИЛИЩ НА РЕКЕ КОЛЫМЕ НА ВТОРОЙ КВАРТАЛ»

одну единицу времени вперед и вновь оцениваем параметры уравнения регрессии на выборочном интервале от наблюдения 2 до  $t+1$  и т. д.

Таблица 3.  
Проверочные прогнозы притока к каскаду водохранилищ на второй квартал  
(допустимая ошибка 183 м<sup>3</sup>/с)

Годы	Фактический приток, м <sup>3</sup> /с	Качество прогнозов с фиксированными коэффициентами уравнения регрессии			Качество прогнозов по предлагаемой методике с адаптацией коэффициентов уравнения регрессии		
		прогноз	ошибка	оценка	прогноз	ошибка	оценка
1996	827	864	37	+	904	77	+
1997	828	802	-26	+	826	-2	+
1998	557	456	-101	+	450	-107	+
1999	676	807	131	+	826	150	+
2000	631	529	-102	+	525	-106	+
2001	998	648	-350	-	759	-239	-
2002	752	831	79	+	860	108	+
2003	646	845	199	-	855	209	-
2004	1338	1195	-143	+	1208	-130	+
2005	623	593	-30	+	601	-22	+
2006	632	718	86	+	750	118	+
2007	1189	982	-207	-	1027	-162	+
2008	795	1042	247	-	1099	304	-
2009	821	955	134	+	966	145	+
2010	590	897	307	-	906	316	-
2011	1048	1066	18	+	1063	15	+
2012	566	906	340	-	880	314	-
2013	1103	1240	137	+	1172	69	+
2014	1240	1149	-91	+	1158	-82	+
2015	992	1234	242	-	1115	123	+
2016	540	718	178	+	683	143	+
Оправдываемость, %		66,7			76,2		
Отношение $S/\sigma$		0,70			0,66		

Примечание: Знаком плюс обозначены оправдавшиеся прогнозы, знаком минус – неоправдавшиеся.



В условиях меняющегося климата Всемирная метеорологическая организация рекомендует подсчитывать климатические нормы за 30 лет. Исходя из этого, размер скользящей обучающей выборки был назначен тоже 30 лет.

Верификация предложенной модели показала, что она работает лучше, чем традиционная схема,  $S/\sigma = 0,66$  (см. табл. 3), оправдываемость прогнозов составила 76,2 %.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Исследованием установлено, что многолетние колебания притока воды к каскаду водохранилищ на р. Колыме за второй квартал имеют 3- и 6-летние циклы, то есть можно полагать, что исследуемый ряд представляет собой реализацию случайного процесса большого пространственно-временного масштаба, которому отвечает статистическая модель сложной цепи Маркова. В многолетнем ходе притока воды тренд отсутствует, однако имеются нелинейные тренды в многолетних колебаниях средней температуры воздуха и максимальных снегозапасов в бассейне водохранилища.

На основе метода скользящей регрессии получена удовлетворительная модель долгосрочного прогноза суммарного притока воды к каскаду водохранилища на второй квартал, оправдываемость проверочных прогнозов составила 76,2 %. Метод скользящей обучающей выборки эффективнее традиционного подхода, в котором коэффициенты регрессии в прогностическом уравнении постоянны.

## Список литературы

1. Крицкий С. Н., Менкель М. Ф. Гидрологические основы управления водохозяйственными системами. М.: Наука, 1982. 271 с.
2. Резниковский А. Ш., Великанов М. А., Костина И. Г. и др. Гидрологические основы гидроэнергетики. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Энергоатомиздат, 1989. 263 с.
3. Лобанов С. А., Ушаков М. В. Ресурсы речных вод Магаданской области и их многолетняя изменчивость // География и природные ресурсы. 2008. № 3. С. 86–89.
4. Соколов О. В., Ушаков М. В. Учет климатических изменений при прогнозировании притока воды в Колымское водохранилище на май // Труды ГГО. Вып. 566. 2012. С. 289–297.
5. Ушаков М. В. Методика прогноза притока воды к Колымскому водохранилищу на год и результаты ее оперативных испытаний // Информационный сборник Гидрометцентра России. 2008. № 35. С. 146–148.
6. Ушаков М. В. О результатах производственных испытаний методики прогноза притока воды в Колымское водохранилище на третий квартал, июль и сентябрь месяцы // Информационный сборник Гидрометцентра России. 2010. № 37. С. 77–83.
7. Север Дальнего Востока / Под ред. Н. А. Шило. М.: Наука, 1970. 487 с.
8. Геокриология СССР. Восточная Сибирь и Дальний Восток. / Под ред. Э. Д. Ершова. М.: Недра, 1989. 515 с.
9. Глотов В. Е., Глотова Л. П., Ушаков М. В. Аномальные изменения режима водного стока реки Колымы в зимнюю межень // Криосфера Земли. 2011. Т. XV. № 1. С. 52–60.
10. Glotov V. E., Glotova L. P., Ushakov M. V.. Groundwater Resources in the Kolyma River Valley and Their Changes Caused by the Operation of the Kolyma Hydropower Plant // Water Resources, 2015, Vol. 42, No. 7, pp. 869–875.
11. Ресурсы поверхностных вод СССР. Т. 19. Северо-Восток. Л.: Гидрометеиздат, 1969. 282 с.

**«МЕТОДИКА ДОЛГОСРОЧНОГО ПРОГНОЗА ПРИТОКА ВОДЫ К КАСКАДУ  
ВОДОХРАНИЛИЩ НА РЕКЕ КОЛЫМЕ НА ВТОРОЙ КВАРТАЛ»**

---

12. URL: <http://meteo.ru/data/156-temperature>. ВНИИГМИ-МЦД. [Электрон. ресурс]. Дата обращения 13.01.2016.
13. СП 33-101-2003. Определение основных расчетных гидрологических характеристик. М.: Госстрой России, 2004. 74 с.
14. Будыко М. И., Ефимова Н. А., Строкина Л. А. Эмпирические оценки изменения климата к концу XX столетия // Метеорология и гидрология. 1999. № 12. С. 5–12.
15. Израэль Ю. А., Груза Г. В., Катцов В. М., Мелешко В. П. Изменение глобального климата. Роль антропогенных воздействий // Метеорология и гидрология. 2001. № 5. С. 5–22.
16. Оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. Т. 1: Изменение климата. М.: Росгидромет, 2008. 277 с.
17. Пономарев В. И., Каплуненко Д. Д., Крохин В. В. Тенденции изменений климата во второй половине XX века в Северо-Восточной Азии, на Аляске и северо-западе Тихого океана // Метеорология и гидрология. 2005. № 2. С. 15–26.
18. Шелутко В. А. Статистические модели и методы исследования многолетних колебаний стока. Л.: Гидрометеиздат, 1984. 160 с.
19. URL: [http://ftp.cpc.ncep.noaa.gov/wd52dg/data/indices/tele\\_index.nh](http://ftp.cpc.ncep.noaa.gov/wd52dg/data/indices/tele_index.nh). Центр предсказания климата США. [Электрон. ресурс]. Дата обращения 14.01.2016.
20. Barnston A. G., Livezey R. E. Classification, Seasonality and Persistence of Low-Frequency Atmospheric Circulation Patterns // Monthly Weather Review. 1987, vol. 11, № 6. pp. 1083-1126.
21. Наставление по службе прогнозов. Разд. 3. Ч. I. Служба гидрологических прогнозов. Прогнозы режима вод суши. Л.: Гидрометеиздат, 1962. 193 с.
22. Лукашин Ю. П. Адаптивные методы краткосрочного прогнозирования временных рядов. М.: Финансы и статистика, 2003. 416 с.

**«METHOD OF LONG-TERM FORECAST OF WATER INFLOW TO THE  
CASCADE OF RESERVOIRS ON THE KOLYME RIVER FOR THE SECOND  
QUARTER OF THE YEAR»**

*Ushakov M. V.*

*North-East Interdisciplinary Scientific Research Institute n.a. N. A. Shilo, Far East Branch, Russian Academy of Sciences  
E-mail: [mvilorich@narod.ru](mailto:mvilorich@narod.ru)*

On the Kolyma River (North-East of Russia) operates a cascade of two hydropower plants. For more efficient use of water resources, the Kolyma hydropower industry needs to forecast the total of water inflow into the reservoirs for the second quarter of the year. The need for predictions of water inflow for the second quarter to the cascade of hydroelectric stations is due to the following reasons. Firstly, in April, in front of the Kolyma hydropower industry, there is a dilemma: to pass a spring flood wave, to discharge unused water from the reservoirs or not, and if so, to what extent. So, if the year turns out to be low-water, as a result of idle discharges of water, when oriented to the norm, reservoirs can "go off into the winter" with insufficient water, which will cause a decrease in the generation of electricity in the winter. Secondly, almost every year during the summer-autumn low water hydroelectric power stations perform idle discharges of water to ensure navigational levels on the river. Kolyma, and in this case, the hydropower

industry also faces the problem of the permissible value of idle discharges of water from reservoirs.

In this paper, the goal is to develop a methodology for the long-term forecast of the total inflow of water into the Kolyma and Ust-Srednekanskoye reservoirs for the second quarter. This technique is being developed for the first time.

A characteristic feature of the territory under consideration is the cold climate. Permafrost is widespread everywhere. The water discharge in the second quarter is 40-50% of the annual volume. It is formed mainly by meltwater. Spring flood begins in the first half of May and ends in the second half of June, early July.

The initial data on the flow of water to the cascade of reservoirs on the Kolyma River, the maximum water reserves in the snow cover in the reservoir basin were obtained from the Kolyma Department of Hydrometeorology and Environmental Monitoring. Information on air temperature is taken from the website of the Russian Institute of Hydrometeorological Information - the World Data Center.

In the multi-year course of water inflow in the second quarter, there is no statistically significant trend, but there are non-linear trends in long-term fluctuations in mean air temperature in the second quarter and maximum snow reserves in the reservoir cascade basin. The presence of positive trends, obviously, is connected with the modern global warming of the climate. The increase in precipitation is apparently compensated by the increase in evaporation from the surface of the catchment area due to the increase in air temperature, so the rate of water inflow does not change.

Spectral analysis of a series of water inflows revealed cycles of 3 and 6 years, that is, it can be assumed that the series under investigation represents the realization of a random process of large space-time scale, to which the statistical model of a complex Markov chain corresponds. The series of predictors has trends, therefore it is expedient to make the construction of the forecast model using a sliding training sample. A satisfactory method of forecasting of the water inflow to the cascade of reservoirs for the second quarter was obtained by the method of a sliding training sample, and the justification of the verification forecasts was 76,2 %. Predictors were the maximum water reserves in the snow cover and the Polar-Eurasian index of atmospheric circulation. It is shown that the method of sliding regression is more effective than the traditional approach, in which the regression coefficients in the prognostic equation are constant.

**Keywords.** Inflow of water to the reservoir, long-term fluctuations, trend, forecast.

#### References

1. Kritskiy S. N., Menkel' M. F. "Gidrologicheskie osnovy upravleniya vodokhozyaystvennyimi sistemami" [Hydrological foundations of management of water systems] (1982). Nauka, Moscow, Soviet Union. 271 p. (in Russian).
2. Reznikovskiy A. Sh., Velikanov, M. A., Kostina I. G., i dr. "Gidrologicheskie osnovy gidroenergetiki" [Hydrological foundations hydropower]. Issue 2. (1989). Energoatomizdat, Moscow, Soviet Union. 263 p. (in Russian).
3. Lobanov S. A., Ushakov M. V. The river water resources of the Magadan region and their long-term variability. (2008), *Geography and natural resources*. Vol. 29. No 3. pp. 247-250. (in Russian).

4. Sokolov O.V., Ushakov M.V. Uchet klimaticheskikh izmeneniy pri prognozirovanii pritoka vody v Kolymskoe vodokhranilishche na may [Accounting for climate change in the prediction of water inflow into the reservoir Kolyma for May]. (2012), *Trudy GGO*. Issue 566. 2012. pp. 289-297. (in Russian).
5. Ushakov M.V. Metodika prognoza pritoka vody k Kolymskomu vodokhranilishchu na god i rezultaty ee operativnykh ispytaniy [Methods of prediction of water inflow to the Kolyma reservoir for a year and the results of its operational tests]. (2008), *Informatsionnyy sbornik Gidromettsentra Rossii*. No 35. pp. 146-148. (in Russian).
6. Ushakov M.V. O rezultatakh proizvodstvennykh ispytaniy metodiki prognoza pritoka vody v Kolymskoe vodokhranilishche na tretiy kvartal, iyul' i sentyabr' mesyatsy [On the results of production testing methods forecast the inflow into the reservoir Kolyma in the third quarter, July and September]. (2010), *Informatsionnyy sbornik Gidromettsentra Rossii*. No 37.. pp. 77-83. (in Russian).
7. *Sever Dal'nego Vostoka* [North of the Far East] / Edited by N. A. Shilo. (1970). Nauka, , Moscow, Soviet Union. 1970. 487 p. (in Russian).
8. *Geokriologiya SSSR. Vostochnaya Sibir' i Dal'nij Vostok* [Geocryology USSR. Eastern Siberia and the Far East] (1989). Edited by Je.D. Ershov. Nedra, Moscow, Soviet Union, 515 p. (in Russian).
9. Glotov V. E., Glotova L. P., Ushakov M. V. Anomal'nye izmeneniya rezhima vodnogo stoka reki Kolymy v zimnyuyu mezhen' [Abnormal change the water flow of the Kolyma River in winter time]. (2011), *Kriosfera Zemli*. Vol. XV, No 1, pp. 52-60. (in Russian).
10. Glotov V. E., Glotova L. P., Ushakov M. V.. Groundwater Resources in the Kolyma River Valley and Their Changes Caused by the Operation of the Kolyma Hydropower Plant. (2015), *Water Resources*. Vol. 42, No. 7, pp. 869–875.
11. *Resursy poverkhnostnykh vod SSSR*. T. 19. Severo-Vostok [Surface water resources of the USSR. T. 19. NorthEast]. (1969). Gidrometeoizdat, Leningrad, Soviet Union. 282 p. (in Russian).
12. URL: <http://meteo.ru/data/156-temperature>. VNIIGMI-MCD [RIHMI-WDC]. [Electron. resource]. Date Treatment 01/13/2016.
13. *SP 33-101-2003. Opredelenie osnovnykh raschetnykh gidrologicheskikh kharakteristik* [Rulebook 33-101-2003. Determination of basic the calculated of hydrological characteristics]. (2004). Gosstroy Rossii, Moscow, Russia. 74 p. (in Russian).
14. Budyko M. I., Efimova N. A., Strokina L. A. Empiricheskie otsenki izmeneniya klimata k kontsu XX stoletiya [Empirical estimates of climate change by the end of the twentieth century]. (1999), *Meteorologiya i gidrologiya*. № 12. pp. 5-12. (in Russian).
15. Izrael' Yu. A., Gruza G. V., Kattsov V. M., Meleshko V. P. Izmenenie global'nogo klimata. Rol' antropogennykh vozdeystviy [Global climate change. The role of anthropogenic influences]. (2001), *Meteorologiya i gidrologiya*. No 5. pp. 5-22. (in Russian).
16. *Ocenochnyj doklad ob izmeneniyah klimata i ih posledstviyah na territorii Rossijskoj Federacii* [Assessment Report on climate change and their impact on the territory of the Russian Federation.]. (2008), Vol. 1: Climate change. Rosgidromet, Moscow, Russia, 277 p. (in Russian).
17. Ponomarev V. I., Kaplunenko D. D., Krokhin V. V. Tendentsii izmeneniy klimata vo vtoroy polovine XX veka v Severo-Vostochnoy Azii, na Alyaske i severo-zapade Tikhogo okeana [The trends of climate change in the second half of the XX century in the North-East Asia, Alaska and the northwest Pacific]. (2005), *Meteorologiya i gidrologiya*. No 2. pp. 15-26. (in Russian).
18. Shelutko V.A. "Statisticheskie modeli i metody issledovaniya mnogoletnikh kolebaniy stoka" [Statistical models and methods of long-term flow fluctuations]. (1984). Gidrometeoizdat, Leningrad, Soviet Union. 160 p. (in Russian).
19. URL: [http://ftp.cpc.ncep.noaa.gov/wd52dg/data/indices/tele\\_index.nh](http://ftp.cpc.ncep.noaa.gov/wd52dg/data/indices/tele_index.nh). US Climate Prediction Center. [Electron. resource]. Date Treatment 01/14/2016.
20. Bamston A. G., Livezey R. E. Classification, Seasonality and Persistence of Low-Frequency Atmospheric Circulation Patterns. 1987, *Monthly Weather Review*. Vol. 11. No 6. pp. 1083-1126.
21. *Nastavlenie po sluzhbe prognozov. Razd. 3. Ch. I. Sluzhba gidrologicheskikh prognozov. Prognozy rezhima vod sushi* [Manual on service forecasts. Section. 3. Part I. Service hydrological forecasts. Forecasts regime of surface waters] (1962). Gidrometeoizdat, Leningrad, Soviet Union. 193 p. (in Russian).
22. Lukashin Ju.P. "Adaptivnye metody kratkosrochnogo prognozirovaniya vremennykh rjadov" [Adaptive methods of short-term time series forecasting]. (2003). Finansy i statistika, , Moscow, Russia. 416 p. (in Russian).