

РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЯ МЕТОДОВ ПРОГНОЗА МЕСЯЧНОГО И КВАРТАЛЬНОГО ПРИТОКА ВОДЫ В ВОДОХРАНИЛИЩА САЯНО-ШУШЕНСКОЙ И КРАСНОЯРСКОЙ ГЭС НА ВТОРОЙ И ТРЕТИЙ КВАРТАЛЫ

База данных гидролого-математической модели, применяемой для прогнозов стока сибирских рек (авторы – Д.А. Бураков, И.Н. Гордеев, Среднесибирское УГМС), включает не только информацию в пунктах гидрометеорологических наблюдений, но и спутниковую информацию о динамике площади снегового покрытия территории, что особенно важно в условиях ограниченного гидрометеорологического обеспечения прогнозов. Алгоритмическое описание модели рассмотрено в [1–10]. По сравнению с [9], в испытываемых методах усовершенствована база исходных данных, изменены некоторые алгоритмы расчетов, усовершенствован выбор аналогов на период заблаговременности.

Испытания метода проводились в оперативном режиме в течение второго и третьего кварталов 2009–2010 гг.

На начало каждого расчетного периода выпускался прогноз притока воды, базирующийся на данных прогноза погоды заблаговременностью шесть суток Красноярского Гидрометцентра. Синоптическая ситуация в конце периода прогноза дополнялась наиболее вероятным сценарием развития ситуации на основе месячных прогнозов погоды Иркутского Гидрометцентра, ФГБУ «Гидрометцентр России». Прогноз погоды по южным районам края интерпретировался в числовом выражении в количество осадков и температуру воздуха на станциях бассейна, включенных в территорию прогноза.

В конце марта и июня были выпущены долгосрочные прогнозы притока воды на второй и третий квартал. Использовались данные снегомерных съемок на 20 марта и показатель предзимнего увлажнения бассейна. Суточный ход температуры воздуха и осадков задавался по данным наблюдений лет-аналогов. Годы-аналоги апреля и июля выбирались на основе месячного прогноза погоды Иркутского Гидрометцентра. Прогноз, составленный испытываемым методом, основывается на предположении о близости развития гидрометеорологических процессов на территории Средней Сибири на период заблаговременности прогноза с погодой прошлых лет. Аналоги на остальные месяцы выбирались с привлечением долгосрочных прогнозов погоды ФГБУ «ААНИИ», ФГБУ

«Гидрометцентр России», а также сезонного прогноза погоды Красноярского Гидрометцентра.

В конце первой декады (для месячных прогнозов) и в конце первого месяца в квартале (для квартальных прогнозов) с учетом свежей информации, снова рассчитывали прогноз притока по модели (уточнение прогноза). При небольших отклонениях двух величин (в пределах 0–10 %) спрогнозированная ранее величина не корректировалась. При значимых отклонениях (более 10 %) принималась уточненная величина притока воды. При этом величина допустимой погрешности прогноза уменьшалась.

Результаты прогнозов притока воды в водохранилища Саяно-Шушенской и Красноярской ГЭС на второй и третий кварталы (прогнозы на месяц и квартал) 2009–2010 гг. за период открытого русла представлены в табл. 1–4. Оценка прогнозов осуществлялась на основе сравнения фактической и допустимой ошибок прогноза притоков воды.

Для Саяно-Шушенского водохранилища по гидролого-математической модели в 2009 году было выпущено шесть прогнозов притока воды на месяц (один не оправдался), в 2010 году из шести прогнозов также один не оправдался. За два года было выпущено 4 прогноза притока воды на квартал, один не оправдался (прогноз притока на третий квартал 2009 года).

Наиболее успешно рассчитаны долгосрочные прогнозы притока воды на месяц в водохранилище Саяно-Шушенской ГЭС в мае-июне и августе-сентябре 2009 г., а также в апреле и сентябре 2010 г. – допустимые ошибки прогноза не превышены в первичном прогнозе. Если сравнить прогнозы по годам, то в 2009 г. такие прогнозы были более успешными (более соответствовали фактической погоде). Прогнозы притока воды на квартал, как видно из табл. 1 и 2, можно с допустимой погрешностью рассчитать только после уточнения прогноза.

Для Красноярского водохранилища по гидролого-математической модели в 2009 г. было выпущено аналогично 6 прогнозов притока воды на месяц (из них прогнозы за апрель и август не оправдались). В 2010 г. из шести прогнозов не оправдался один (в мае). За два года было выпущено 4 прогноза притока воды на квартал, все оправдались.

Таким образом, в целом оправдываемость прогнозов притока воды на месяц в водохранилище Саяно-Шушенской ГЭС составила 83 %. Качество прогнозов притока воды на месяц в Красноярское водохранилище несколько ниже – 67 %. Ошибки в прогнозе связаны со значительной вариацией притока воды в апреле-мае при небольшой допустимой ошибке прогноза. В это время прогноз температуры воздуха имеет огромное значение; гидрографы стока рек Саян определяются ходом температуры воздуха. Аналогично долгосрочные прогнозы притока воды на квартал в водохранилище Красноярской ГЭС в трех

случаях из четырех с допустимой погрешностью рассчитываются после уточнения, т.е. по истечении первого месяца квартала.

Оправдываемость прогноза притока воды в водохранилища обоих ГЭС на второй и третий кварталы составила 88 %.

Таблица 1

**Результаты долгосрочных прогнозов притока воды в водохранилище
Саяно-Шушенской ГЭС на II и III кварталы 2009 г.**

Месяц	IV	V	VI	II квартал	VII	VIII	IX	III квартал
Фактический приток, м ³ /с	1000	2970	4170	2710	3470	2780	2440	2900
Год-аналог	2008	2005	2007		2008	1995	2007	
Прогноз, м ³ /с	750 У 1200	3000	4420	3100 У 2860	2800 У 3180	2520	2170 У 2570	2300 У 2630
Фактическая ошибка прогноза	250 У 200	30	250	390 У 150	670 У 290	260	270 У 130	600 У 270
Допустимая ошибка	168	496	836	312	618	384	273	342
Допустимая ошибка при уточнении прогноза	120	350	600	250	450	270	200	250
Ошибка прогноза	–	+	+	+(У)	+(У)	+	+	–

Примечание (к табл. 1–4):

1. Даты выпуска прогноза на II квартал – 25 марта, на III квартал – 25 июня.
2. Для апреля и июля годы-аналоги приняты по месячному метеорологическому прогнозу Иркутского Гидрометцентра.
3. Для мая, июня, августа и сентября годы-аналоги приняты по долгосрочному метеорологическому прогнозу.
4. У – уточнение прогноза.

Таблица 2

**Результаты долгосрочных прогнозов притока воды в водохранилище
Саяно-Шушенской ГЭС на II и III кварталы 2010 г.**

Месяц	IV	V	VI	II квартал	VII	VIII	IX	III квартал
Фактический приток, м ³ /с	672	3140	7060	3570	3390	3020	1760	2720
Год-аналог	1989	2005	2009		2006	1999	2001	
Прогноз, м ³ /с	770 У 550	4110 У 4270	8000 У 6820	3030 У 3500	6190 У 3350	2560 У 3080	1700 У 1710	3480 У 2730
Фактическая ошибка прогноза	98 У 122	970 У 1130	940 У 240	540 У 70	2800 У 40	460 У 60	60 У 50	760 У 10
Допустимая ошибка	168	496	836	312	618	384	273	342
Допустимая ошибка при уточнении прогноза	120	350	600	250	450	270	200	250
Ошибка прогноза	+	–	+(У)	+(У)	+(У)	+(У)	+	+(У)

Таблица 3

**Результаты долгосрочных прогнозов притока воды в водохранилище
Красноярской ГЭС на II и III кварталы 2009 г.**

Месяц	IV	V	VI	II квартал	VII	VIII	IX	III квартал
Фактический приток, м ³ /с	2010	5600	4380	4000	2380	1880	1780	2010
Год-аналог	2008	2005	2007		2008	1995	2007	
Прогноз, м ³ /с	1350 У 2700	4310 У 5440	4000	4100	2010	1500	1125 У 1650	1350 У 1810
Фактическая ошибка прогноза	660 У 690	1290 У 160	380	100	370	380	655 У 130	660 У 300
Допустимая ошибка	349	631	894	380	427	319	316	256
Допустимая ошибка при уточнении прогноза	250	500	650	280	300	250	220	200
Ошибка прогноза	-	+(У)	+	+	+	-	+(У)	+(У)

Таблица 4

**Результаты долгосрочных прогнозов притока воды в водохранилище
Красноярской ГЭС на II и III кварталы 2010 г.**

Месяц	IV	V	VI	II квартал	VII	VIII	IX	III квартал
Фактический приток, м ³ /с	1020	4215	6520	3910	2110	1470	840	1470
Год-аналог	1989	2005	2009		2006	1999	2001	
Прогноз, м ³ /с	1295 У 600	4940 У 5400	6550 У 6530	3430 У 3750	2920 У 2120	1780 У 1250	1210 У 1010	1750 У 1630
Фактическая ошибка прогноза	275 У 620	725 У 1185	30 У 10	480 У 160	810 У 10	310 У 220	370 У 170	280 У 160
Допустимая ошибка	349	631	894	380	427	319	316	256
Допустимая ошибка при уточнении прогноза	250	500	650	280	300	250	220	200
Ошибка прогноза	-	-	+	+(У)	+(У)	+	+(У)	+(У)

Следует заметить, что годы-аналоги для обеих ГЭС в период испытания выбраны за одни и те же годы, т.е. выбранные годы описывают прогнозное поведение погоды как в бассейнах Красноярского, так и Саяно-Шушенского водохранилищ. Критериями выбора аналога, как правило, являются средняя месячная температура воздуха и сумма осадков за месяц.

Рекомендации о внедрении

Основываясь на результатах оперативных испытаний, Технический совет Среднесибирского УГМС в своем решении от 22 декабря 2010 г. рекомендует использовать:

– метод прогноза квартального притока воды в водохранилища Саяно-Шушенской и Красноярской ГЭС в качестве основного расчетного метода в отделе гидрологических прогнозов Гидрометцентра Красноярского ЦГМС-Р;

– метод прогноза месячного притока воды в водохранилища Саяно-Шушенской и Красноярской ГЭС в качестве основного метода на период июнь-сентябрь; на период апрель-май – в качестве вспомогательного расчетного метода.

Технический совет Среднесибирского УГМС также рекомендует продолжить работу над усовершенствованием методов долгосрочных прогнозов притока воды в водохранилища Саяно-Шушенской и Красноярской ГЭС с учетом модернизации гидрометеорологической сети.

Список литературы

1. Бураков Д.А. Предвычисление гидрографа весеннего половодья заболоченных рек в южной части лесной зоны Западно-Сибирской низменности // Метеорология и гидрология. – 1966. – № 1. – С. 42–46.

2. Бураков Д.А. К оценке параметров уравнений, аппроксимирующих кривую руслового добегания // Водные ресурсы. – 1978. – № 4. – С. 21–24.

3. Бураков Д.А. Кривые добегания и расчет гидрографа весеннего половодья. – Томск: Томский госуниверситет, 1978. – 129 с.

4. Бураков Д.А. Математическая модель расчета гидрографа весеннего половодья для равнинных заболоченных бассейнов // Метеорология и гидрология. – 1978. – № 1. – С. 49–59.

5. Бураков Д.А., Авдеева Ю.В. Технология оперативных прогнозов ежедневных расходов (уровней) воды на основе спутниковой информации о заснеженности (на примере р. Нижней Тунгуски) // Метеорология и гидрология. – 1996. – № 10. – С. 75–87.

6. Бураков Д.А., Адамович А.А. Учет весенних заморозков в гидролого-математической модели прогноза наводнений в бассейне Енисея // Труды VII научной конференции «Современные методы математического моделирования природных и антропогенных катастроф», том 1, Красноярск, 2003. – С. 14–21.

7. Бураков Д.А., Кашкин В.Б., Сухинин А.И., Ромасько В. Ю., Ратненко И.В. Методика определения заснеженности речного бассейна по спутниковым данным для оперативных прогнозов стока // Метеорология и гидрология. – 1996. – № 8. – С. 100–109.

8. *Котляков В.М., Ходаков В.Г., Гринберг А.М.* Тепловое проявление снежно-ледовых объектов как метод количественной интерпретации аэрокосмической информации // Известия АН СССР, серия географическая. – 1981. – № 3. – С. 127–134.

9. *Бураков Д.А., Космакова В.Ф.* О результатах оперативных испытаний методов краткосрочного и долгосрочного прогноза притока воды в Саяно-Шушенское и Красноярское водохранилища в период открытого русла // Информационный сборник № 36. – 2009. – С. 122–142.

10. *Бураков Д.А., Гордеев И.Н.* Методика прогноза декадного притока воды в водохранилища Енисейских ГЭС (Саяно-Шушенское и Красноярское) в период открытого русла и результаты ее испытания // Информационный сборник № 37. – 2010. – С. 69–76.