

В.Г. Бордокова, Н.Ф. Мирошникова

**РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЯ
УСОВЕРШЕНСТВОВАННОГО МЕТОДА
ДОЛГОСРОЧНОГО ПРОГНОЗА ЭЛЕМЕНТОВ
ВЕСЕННЕГО ПОЛОВОДЬЯ ПО БАССЕЙНУ
РЕКИ ИСЕТЬ**

Необходимость работы связана с важностью заблаговременного предупреждения о подтоплениях пойменных участков рек Исеть, Миасс и возможного наступления неблагоприятных и опасных гидрологических явлений (4 отметки опасного явления) [1]. Долгосрочные прогнозы максимальных уровней весеннего половодья включены в ведомственное задание Росгидромета, востребованы органами государственной власти Российской Федерации и их субъектов, органами ГКУ «ТЦМ».

В течение длительного периода времени прогнозы элементов весеннего половодья на бассейне Исети выпускались по графическим зависимостям. В 80-е годы преобладающим стал метод территориально-общих зависимостей, учитывающий характерные особенности небольших притоков Исети, но не реки Миасс, которая является крупнейшим правобережным притоком. В 90-е годы возрос интерес к долгосрочным прогнозам не только объемов весеннего половодья на реках бассейна по мере расширения строительства на них водохранилищ, но и к прогнозам максимальных уровней, при которых происходит подтопление городов и поселков, расположенных в поймах Исети, Миасса.

Относительно существующих методов разрабатывались новые, базирующиеся на автоматизации большей части ручных операций, с внедрением программного обеспечения. Несмотря на автоматизацию

методологической базы, оценка качества принятых в 2000 году к практическому внедрению линейных и квадратичных моделей (метод группового учета аргументов МГУА) для прогнозирования максимумов весеннего половодья снижалась (по пунктам Катайск, Шадринск до уровня консультации).

Существенное влияние на величину прогнозируемых гидрологических характеристик оказывали предикторы редкой повторяемости, наблюдающиеся особенно часто в последнем десятилетии. В годы с аномальными значениями гидрометеорологических предикторов (снегозапасы, осеннее увлажнение, количество осадков до пика половодья) математические модели МГУА либо значительно занижали, либо завышали прогнозируемые компоненты. Отсутствие визуализации на персональном компьютере выбираемых для прогноза математических зависимостей, т. е. отсутствие возможности вмешаться в расчет и самостоятельно выбрать тот вид функциональной зависимости, который наиболее объективно отражал бы текущие гидрометеорологические факторы, также влияло на критерий оценки качества выпускаемых прогнозов.

Усовершенствование метода долгосрочного прогноза элементов весеннего половодья по бассейну реки Исеть проводилось в рамках основных теоретических аспектов с учетом особенностей физико-географических, гидрометеорологических условий прохождения весеннего половодья на реках бассейна Исети [2]. Для всестороннего анализа были отобраны, частично восстановлены необходимые гидрологические, агрометеорологические и метеорологические данные за период 1968–2008 гг., создана электронная база данных (в формате Excel) для математико-статистических расчетов с привлечением специализированных программных средств. Выявлены наиболее тесные корреляционные связи между прогнозируемыми гидрологическими элементами [слой стока (Y), максимальный уровень (H_{max})] и переменными характеристиками [максимальные запасы воды в снежном покрове (S_{max}), осадки за различные периоды (X_1, X_2, X), глубина промерзания грунтов (Z), запасы влаги в почве (W), коэффициенты осенней (μ_{IX-X}, μ_{X-XI}) и зимней водности (μ_{I-II}) и т. д.]. Установлены главные переменные факторы, определяющие изменчивость стока и максимальных уровней половодья. Построены графические

зависимости, созданы модели, разработанные методом группового учета аргументов (МГУА). Проведена оценка качества полученных зависимостей, рассчитаны допустимые погрешности прогнозируемых величин весеннего половодья по 10 действующим гидростворам бассейна Исети.

В табл. 1 приведены основные зависимости – графические и модели (МГУА) и показатели их качества: критерий эффективности и качества ($\bar{S}/\bar{\sigma}$, в долях единицы), коэффициент корреляции, обеспеченность допустимой погрешности (P , %).

Производственные испытания метода прогноза элементов весеннего половодья на реках бассейна Исети проводились в период 2010–2014 гг. Прогнозы слоев стока в 2012–2014 гг. оправдались с оценкой качества «хорошо» – «отлично» (оправдываемость 88–100 %), что позволяет рекомендовать метод для внедрения как основной.

Результаты качества прогнозов слоев стока весеннего половодья на реках бассейна Исети представлены в табл. 2.

В связи с аномальными гидрометеорологическими условиями в 2010–2012 гг. результаты испытания усовершенствованного метода долгосрочных прогнозов максимальных уровней весеннего половодья по бассейну реки Исеть в большинстве случаев оказались неудовлетворительными (оправдываемость 33–50 %). Так, в 2010 г., несмотря на высокие величины гидрометеорологических характеристик (до 130 % нормы), максимальные уровни весеннего половодья сформировались ниже прогнозных на 0,2–1,5 м (при допустимых погрешностях 0,4–0,9 м) и ниже средних многолетних величин на 0,4–1,1 м. Сочетание контрастных (как больше нормы – до 40 %, так и существенно меньше нормы – до 50 %) гидрометеорологических характеристик, отмечавшихся в 2011–2012 гг., не наблюдалось на протяжении последних 40 лет. В 2011 г. большая часть максимальных уровней оказалась ниже прогнозных, в основном на 0,4–1,3 м, в низовьях реки Миасс – на 0,5 м выше прогнозных (максимум был заторный) и ниже нормы, в основном на 0,2–1,4 м. В 2012 г. максимумы половодья оказались ниже прогнозных в основном на 0,6–1,4 м, но сформировались как выше, так и ниже нормы ($\pm 0,2$ –1 м).

Результаты качества прогнозов максимальных уровней весеннего половодья на реках бассейна Исети представлены в табл. 3.

Таблица 1

Графические зависимости и модели (МГУА) и показатели качества

| Виды зависимостей | Показатели качества | | |
|----------------------------|--|---------------------------|--|
| | \bar{S}/σ , доли единицы | коэффициент корреляции | обеспеченность допустимой погрешности, Р, % |
| Графические зависимости | $H_{\max} = f(S_{\max} \text{ либо } (S_{\max} + X1),$ либо $(S_{\max} + X2);$ W либо $(\mu I-II),$ либо $(\mu IX-X),$ либо $(\mu X-XI),$ либо $Z)$ $Y = f(S_{\max} \text{ либо } (S_{\max} + X);$ W либо $(\mu I-II),$ либо $(\mu IX-X),$ либо $(\mu X-XI, Z)$ | 0,61–0,75 | 63–73 |
| Модели (МГУА) | $H_{\max} = f(S_{\max} \text{ либо } (S_{\max} + X1),$ либо $(S_{\max} + X2);$ $W; (\mu I-II)$ либо $(\mu IX-X),$ либо $(\mu X-XI); Z)$ | 0,56–0,71 | 66–77 |
| | $Y = f(S_{\max} \text{ либо } (S_{\max} + X);$ $W; (\mu I-II)$ либо $(\mu IX-X),$ либо $(\mu X-XI); Z)$ | 0,59–0,69 | 67–75 |

Таблица 2

**Оправдываемость прогнозов слоев стока весеннего половодья
на реках бассейна Исети в период 2010–2014 гг.**

| Год | Выпущено прогнозов | Оправдалось прогнозов | Оправдываемость прогнозов, % |
|------|--------------------|-----------------------|------------------------------|
| 2010 | 8 | 4 | 50 |
| 2011 | 8 | 5 | 63 |
| 2012 | 8 | 7 | 88 |
| 2013 | 8 | 8 | 100 |
| 2014 | 8 | 8 | 100 |

Таблица 3

**Оправдываемость прогнозов максимальных уровней весеннего половодья
на реках бассейна Исети в период 2010–2014 гг.**

| Год | Выпущено прогнозов (с учетом консультаций) | Оправдалось прогнозов | Оправдываемость прогнозов, % |
|------|---|-----------------------|------------------------------|
| 2010 | 6 (8) | 2 (3) | 33 (37) |
| 2011 | 6 (8) | 3 (4) | 50 (50) |
| 2012 | 6 (8) | 3 (4) | 50 (50) |
| 2013 | 6 (8) | 4 (6) | 67 (75) |
| 2014 | 6 (8) | 4 (5) | 67 (62) |

За 5 лет испытаний средняя оправдываемость прогнозов максимальных уровней половодья в долгосрочном плане составила 50–55 %. Поэтому прогнозы уточнялись в средне- и краткосрочном порядке дополнительно путем анализа текущей гидрометеорологической ситуации и моделирования гидрологических процессов на основе подбора аналогов, с опорой на многолетний опыт специалиста. С учетом уточнений средняя за 5 лет оправдываемость гидрологических прогнозов составила 77–80 %, что соответствует критерию «хорошо» [3].

В связи с изложенным, усовершенствованный метод прогноза весеннего половодья по бассейну реки Исеть в части выпуска прогнозов слоев стока можно принять как основной, а в части выпуска прогнозов максимальных уровней воды – как консультативный.

Разрабатывать автоматизированные методы прогноза максимальных и ежедневных уровней воды по бассейну реки Исеть на основе

математических и физико-статистических моделей с применением современной информационно-технологической базы необходимо совместно со специалистами НИУ Росгидромета [4].

Список литературы

1. Положение о порядке действий организаций наблюдательной сети на территории деятельности Уральского УГМС при угрозе возникновения и возникновения ОЯ. Министерство природных ресурсов и экологии Российской Федерации Уральское межрегиональное территориальное управление Федеральной службы по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Уральское УГМС). Екатеринбург, 2009. – 16 с.

2. Руководство по гидрологическим прогнозам. Выпуск 1. Долгосрочные прогнозы элементов водного режима рек и водохранилищ. – Л.: Гидрометиздат, 1989.

3. РД 2.27.2844-91. Методические указания. Проведение производственных (оперативных) испытаний новых и усовершенствованных методов гидрометеорологических и гелиофизических прогнозов. – М.; Л.: Гидрометиздат, 1991.

4. Бураков Д.А., Космакова В.Ф., Гордеев И.Н. О результатах испытания метода прогноза максимальных уровней весеннего половодья р. Енисей // Информационный сборник № 39 «Результаты испытаний новых и усовершенствованных технологий моделей и методов гидрометеорологических прогнозов». – 2012. – С. 121–126.