



«УТВЕРЖДАЮ»  
Директор  
ФГБУ «Гидрометцентр России», д.т.н.  
Р.М. Вильфанд  
«25» сентября 2015 г.

## О Т З Ы В

ведущей организации на диссертационную работу Морейдо Всеволода Михайловича «Разработка методов ансамблевого прогноза характеристик сезонного речного стока (на примере притока воды в Чебоксарское водохранилище)», представленную на соискание ученой степени кандидата географических наук по специальности 25.00.27 – гидрология суши, гидрохимия, водные ресурсы

Ведущей организации представлена на рассмотрение диссертационная работа Морейдо Всеволода Михайловича «Разработка методов ансамблевого прогноза характеристик сезонного речного стока (на примере притока воды в Чебоксарское водохранилище)», выполненная в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Институте водных проблем Российской академии наук (ИВП РАН). Работа посвящена разработке методов и созданию методик долгосрочного ансамблевого прогнозирования характеристик сезонного стока. Она направлена на повышение точности прогнозов важнейших гидрологических характеристик: притока воды в водохранилище, характерных расходов воды в период половодья и летней межени. Концептуальное и методическое развитие этих видов гидрологических прогнозов в конечном итоге определяет повышение эффективности водопользования и защиты от опасных гидрологических явлений на реках Российской Федерации. Исходя из общего системного и структурного анализа диссертации можно констатировать, что данная работа полностью соответствует специальности 25.00.27 – гидрология суши, водные ресурсы и гидрохимия.

Необходимо отметить высокую актуальность диссертации В.М. Морейдо, которая определяется необходимостью улучшения эффективности и надежности существующих методов долгосрочного прогнозирования нескольких важных гидрологических характеристик. Точный и заблаговременный прогноз притока воды в водохранилище и максимального расхода воды за период прохождения половодья существенно повышает экономическую эффективность управления водноресурсными системами, а также защиту от наводнений населения и объектов экономики нашей страны. Разработанные в работе методы ансамблевого прогноза позволяют предоставлять прогностическую продукцию в вероятностной форме, что дает возможность пользователям более эффективно использовать её в целях управления водными ресурсами и минимизации ущербов от опасных гидрологических явлений.

Диссертация включает 185 страниц машинописного текста, проиллюстрирована 50 рисунками и содержит 33 таблицы. Она состоит из введения, четырех глав, заключения и списка использованных источников. Список использованных источников литературы насчитывает 91 наименование. Работа дополнена 3 приложениями.

Во введении детально изложены состояние вопроса, цели и задачи исследования, научная новизна и практическая значимость работы.

В первой главе дается описание существующих методов долгосрочного прогнозирования гидрологических характеристик, используемых в оперативной практике в России и за рубежом. При этом подробно рассматриваются детерминистические и ансамблевые подходы долгосрочного прогнозирования. Представлены основные методики долгосрочного прогнозирования, используемые в настоящий момент в качестве основы при выпуске оперативных прогнозов характеристик речного стока. Показаны преимущества представления прогнозов в вероятностном виде, учитывающие неопределенность задания метеорологической информации на период заблаговременности прогноза.

Вторая глава содержит физико-географическое описание бассейна Чебоксарского водохранилища, в том числе анализ основных природных процессов, влияющих на формирование стока на водосборе. В главе дано детальное описание модели формирования стока ЕСОМАГ, которая использована в работе в качестве основы для разработки метода долгосрочного ансамблевого прогнозирования. Представлена структура модели, её основные расчетные соотношения, а также требуемая гидрометеорологическая и физико-географическая информация, необходимая для реализации модели. Соискателем выполнена процедура калибровки параметров модели ЕСОМАГ по многолетним данным наблюдений, а также проверка качества расчётов притока воды в Чебоксарское водохранилище на независимой выборке. Результаты проверки качества дали удовлетворительные результаты и подтвердили возможность применения данной модели в качестве расчётной основы для выпуска долгосрочных гидрологических прогнозов.

Третья глава посвящена описанию разработанному механизму задания метеорологических условий на период заблаговременности долгосрочного гидрологического прогноза. Показано, что неопределённость долгосрочного прогноза в большей степени состоит из неопределённости метеорологического прогноза. В работе показано, что для задания метеорологических условий в долгосрочных гидрологических прогнозах могут быть использованы метод аналогов и так называемый метод «генератора погоды», который на основе статистической обработки многолетних данных наблюдений за метеорологическими характеристиками рассчитывает возможные сценарии развития метеорологической обстановки на период заблаговременности прогноза. При этом получают достаточно большое количество возможных реализаций (входных метеорологических ансамблей), которые и служат основой для ансамблевого гидрологического прогнозирования. В связи с тем, что процесс накопления и стаивания снежного покрова является одним из наиболее критических при прогнозировании характеристик весеннего стока, в работу включен подраздел с информацией по моделированию вероятностных характеристик свойств снежного покрова с использованием разработанного генератора погоды.

В четвертой главе диссертации представлены основные результаты выполненных исследований: 1) разработанный метод долгосрочного прогноза притока воды в Чебоксарское водохранилище за три месяца и максимальных расходов воды в период половодья, основанные на использовании физико-математической модели формирования стока и стохастического генератора погоды; 2) анализ качества использования разработанных методов. При этом сравнивались два подхода – ансамблевые подходы с использованием пятисот смоделированных реализаций метеорологических условий, а также наблюдаемые реализации метеорологических условий из архива данных метеорологических наблюдений. Проверка проводилась с помощью критериев проверки ансамблевых прогнозов. Результаты анализа показали, что использование схемы с метеорологическими сценариями, смоделированными с помощью предложенного стохастического генератора погоды, физически лучше описывают рассматриваемое явление по сравнению с использованием ансамбля сценариев, задаваемых по данным имеющихся метеорологических наблюдений.

В заключении диссертации достаточно подробно сформулированы полученные автором основные научные и практические результаты, которые позволяют системно более глубоко с разных сторон оценить выполненную работу.

Научная новизна диссертации В.М. Морейдо заключается в использовании математического моделирования для решения задач долгосрочного прогнозирования весеннего и летнего стока рек. Использование моделей формирования речного стока является достаточно новым подходом в долгосрочных гидрологических прогнозах и создает предпосылки разработки новых методов, основанных на более совершенных расчётных схемах. Принципиально новым направлением в долгосрочных прогнозах характеристик весеннего стока рек является использование физико-математической модели формирования речного стока с применением ансамблевого подхода, учитывающего изменчивость метеорологических условий и неопределённость их задания на период заблаговременности прогноза.

Практическую значимость и новизну представляет разработанный и использованный автором малопараметрический стохастический генератор погоды, позволяющий моделировать возможные реализации метеорологических условий на период заблаговременности сезонных гидрологических прогнозов на основе исследования статистической природы многолетних рядов метеорологических элементов. Применение искусственных реализаций метеорологических условий позволяет учесть возможные варианты их развития, включая наиболее экстремальные, и получить ансамбль развития гидрологических условий. Определённый научный и практический интерес представляют предложенные в работе методы верификации проверочных ансамблевых прогнозов.

Диссертация В.М. Морейдо имеет ряд недостатков, позволяющих сделать следующие замечания:

1. Предложенные методы верификации методики прогнозирования представлены как два отдельных пункта научной новизны (отдельно для весны и для летнего периода), хотя по сути это один метод. Было бы корректней указать это один раз.
2. Система прогнозирования Национальной службы погоды США NWSRFS представлена, как концептуальная модель.
3. В разделах 1.1, 1.2 упор сделан на применение физико-статистических зависимостей в детерминированных методах, а моделей формирования стока в ансамблевых. Хотя ансамблевый прогноз это не тип модели, а численная схема выпуска прогноза, то есть схема использования модели (причем любой). Недостаточно чётко раскрыт смысл ансамблевого прогнозирования.
4. Утверждение о том, что нарушение однородности рядов наблюдений затрудняет уточнение регрессионных зависимостей (стр. 14), является неточным, поскольку в соответствии с существующими правилами в оперативной деятельности гидрологических прогнозных подразделений регрессионные зависимости корректируются ежегодно, что позволяет своевременно выявить и устранить нарушения однородности. Кроме того, нарушение однородности рядов наблюдений является проблемой не только физико-статистических методов прогнозирования, но и подходов, основанных на использовании методов физико-математического моделирования.

5. Утверждение о том, что модернизация наблюдательной сети нарушает однородность рядов наблюдений, некорректно. Проводимая в Росгидромете модернизация направлена на сокращение доли ручного труда, на внедрение в производство автоматизированных средств измерений показателей гидрологического режима, на повышение точности и увеличение частоты наблюдений. При этом требование сохранения однородности рядов наблюдений (это касается не только гидрологии, но метеорологии) является основополагающим.
6. В разделах, посвящённых анализу существующих методов долгосрочных прогнозов (к примеру, разделы 1.1.1, 1.1.2) было бы более удачно, если бы автор рассматривал непосредственно первоисточники, а не Руководство по гидрологическим прогнозам (1989 г.) или «Упражнения и методические разработки по гидрологическим прогнозам» Бефани Н.Ф. и Калинин Г.П. (1965 г.). При этом надо заметить, что автором последнего является Бефани Н.Ф., а не Бефани А.Н. Кроме того, в 1983 г. было выпущено новое издание «Упражнений...» существенно переработанное и дополненное, поэтому было бы уместно сделать ссылку именно на последнее издание.
7. Рисунок 1.1, заимствованный из Руководства по оценке и прогнозированию низкого стока (WMO-№. 1029. 2008), представлен в несколько искажённом виде. Так, в соответствии с приведённым в диссертации рисунком, период заблаговременности краткосрочных прогнозов составляет от 1–7 дней до 1–4 недель, среднесрочных – от 1–4 недель до 1–3 месяцев и т.п., что не соответствует первоисточнику и принятой в ВМО классификации гидрологических прогнозов.
8. В модели формирования снежного покрова разделение осадков по фазовому состоянию выполняется по некоторой критической температуре, при этом выделяются только две фазы – жидкие осадки (дождь) и твёрдые осадки (снег). В то же время нередки случаи выпадения смешанных осадков (снег с дождём или дождь со снегом), что не учитывается в данной модели и может существенно повлиять на точность расчёта запасов воды в снеге.
9. Таяние снежного покрова происходит не только за счёт температуры воздуха, а за счёт радиационного обмена на границе снежный покров – атмосфера. Для расчёта последнего необходимы не только температура воздуха и его влажность, но также облачность (приведённая), скорость ветра и альбедо снежного покрова. Фактически автор рассчитывает интенсивность снеготаяния по коэффициенту стаивания и среднесуточной температуре воздуха. Такой подход не может учесть возгонку снежного покрова (переход снега из твёрдого состояния в газообразное минуя жидкую фазу) в случае установления продолжительного периода антициклональной погоды в начале весны, когда в ночную часть суток наблюдается слабо отрицательная температура воздуха, а в дневные положительная. В этом случае происходит интенсивное уменьшение запасов воды в снеге без водоотдачи. Такие процессы в последние годы стали типичными в марте в центральных регионах нашей страны, к примеру, в бассейне реки Оки. Таким образом, расчёт талого стока по коэффициенту стаивания изначально предполагает возможность существенных ошибок в расчётах снеготаяния.
10. В бассейне Чебоксарского водохранилища функционируют в оперативном режиме более 90 метеорологических станций и более 50 снегомерных маршрутов. В связи с этим непонятно, почему соискатель использовал лишь данные по 15 метеорологическим станциям, при этом только пять из них находятся в бассейне самого водо-

хранилища. Требуется также пояснений, почему в качестве начальных условий не использовались данные непосредственных измерений характеристик снежного покрова на начало расчетного периода (на 28 февраля).

11. Требуется пояснения тот факт, что при хорошем соответствии модельных расчетов (по фактическим метеорологическим данным) ежедневных расходов притока воды за март – май, качество расчетов суммарного притока за тот же период резко снижается. При этом, исходя из таблицы 2.4 критерий качества метода расчета суммарного притока ( $S/\sigma$ ) составляет 0,62 при обеспеченности допустимой погрешности около 70%, что говорит об удовлетворительном, в отличие от расчетов ежедневных расходов притока воды в водохранилище, качестве метода.
12. Требуется пояснений, почему в качестве прогнозируемой характеристики выбран не приток воды за квартал, как принято в оперативной практике, а приток за период с марта по май и с июня по август.
13. На основании данных рисунка 4.4 (глава 4) делается вывод о точности метода при использовании в качестве метеорологического входа на период заблаговременности климатических норм. Из рисунка и представленных расчетов этого не следует, так как сравниваются два метода прогноза без приведения данных наблюдений. Возможно необходимо привести ссылку на другую таблицу.
14. При оценке качества методик прогнозирования максимальных расходов воды (глава 4) делается вывод об эффективности разработанной методики при критерии качества, принимающем значение около 1.
15. В работе отсутствует раздел об оценке применимости предложенных методик прогнозирования в оперативном режиме. Такой раздел мог бы содержать: 1. сравнительный анализ предложенных методик долгосрочного прогноза с оперативной методикой Росгидромета; 2. выводы о возможности (перспективах) внедрения предложенной методики в систему выпуска оперативных прогнозов, включая вопросы обеспеченности данными наблюдений; 3. предложения о расширении прогностической продукции, которую в настоящий момент могут усваивать потребители (в основном это специалисты водохозяйственного сектора).
16. В работе практически отсутствует описание технологии программной реализации предлагаемого автором подхода. В настоящее время за рубежом в открытом доступе в глобальной сети размещена подробная информация о программном обеспечении (ПО), реализующем различные по уровню сложности физически обоснованные математические модели различных гидрологических процессов. Поэтому совершенно естественно возникает вопрос о преимуществах разработанного ПО в сопоставлении с зарубежными аналогами.

В заключение необходимо отметить, что, несмотря на высказанные в отзыве замечания, диссертационная работа Морейдо В.М. представляет собой законченное научное исследование и отвечает требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям:

- а) по актуальности темы, достоверности и новизне основных полученных результатов;
- б) по научной и практической значимости;
- с) по завершённости работы в целом и оформлению.

Автореферат диссертации, несмотря на отдельные редакционные опечатки, в достаточной степени отражает содержание диссертационной работы. Основные результаты опубликованы автором в научной печати, в том числе в журналах, рекомендованных ВАК.

Диссертация В.М. Морейдо «Разработка методов ансамблевого прогноза характеристик сезонного речного стока (на примере притока воды в Чебоксарское водохранилище)», является научно-квалификационной работой, в которой содержится решение задачи, имеющей важное научное и практическое значение. Впервые в Российской Федерации разработаны методы ансамблевого прогнозирования характеристик весеннего и летнего речного стока на основе использования физико-математической модели формирования стока и задания метеорологической информации на период заблаговременности прогноза с помощью генератора погоды.

Диссертация соответствует Положению о порядке присуждения ученых степеней, а её автор, Морейдо Всеволод Михайлович, заслуживает присвоения ему учёной степени кандидата географических наук по специальности 25.00.27 – гидрология суши, водные ресурсы, гидрохимия.

Отзыв составили:

заведующий отделом речных гидрологических прогнозов ФГБУ «Гидрометцентр России»,  
кандидат географических наук

С.В. Борщ

Ведущий научный сотрудник отдела речных гидрологических прогнозов ФГБУ «Гидрометцентр России»,  
кандидат географических наук

А.В. Романов

Старший научный сотрудник отдела речных гидрологических прогнозов ФГБУ «Гидрометцентр России»,  
кандидат географических наук

Ю.А. Симонов

Подлинность подписей Борща Сергея Васильевича, Романова Алексея Викторовича и Симонова Юрия Андреевича удостоверяю

Учёный секретарь ФГБУ «Гидрометцентр России»,  
кандидат физико-математических наук

Н.А. Шестакова