

Ответ на третье замечание А. Фролова к статье Шевнина Е. и Силаев А.

doi: 10.5194/gmd-2018-108

А. Фролов в целом снова повторяет свои замечания, ранее высказанными в предыдущих дискуссиях о модели (4). В частности, в нашей публикации он подвергает сомнению, что можно рассматривать модель (4) для рассматриваемой переменной стока, поскольку А. Фролову не нравится, что параметр модели $\bar{c} + \tilde{c}(t)$ описывается суммой константы $\bar{c}$ и белого гауссовского шума $\tilde{c}(t)$. В своем замечании он пишет, что параметр c не должен содержать шум, который "генерируется ошибками измерения. Физическая причина этого удаления состоит в том, что ошибки измерения никоим образом не могут формировать речной сток. Следовательно, мультипликативный шум должен быть исключен из уравнения (4)". Как альтернативу он предлагает свой подход, в котором действительно коэффициент в линейном уравнении постоянен, но в правую часть уравнения добавляются переменные $R(t)$ и $E(t)$, описывающие осадки и испарения, для которых в свою очередь записываются стохастические уравнения типа:

$$dR = [-k_1 R + n_1(t)]dt,$$

$$dE = [-k_2 E + n_2(t)]dt,$$

где $n_1(t)$ и $n_2(t)$ — шумы. Эта система приводится на стр. 89 монографии Коваленко, 2004: http://elib.rshu.ru/files_books/pdf/img-417153826.pdf, где далее обсуждается случаи ее применения. Мы включили эту монографию в отредактированный список литературы.

Замечание, что $\tilde{c}(t)$ генерируется ошибками измерения не корректно, так как измерение стока воды не связано с применяемой моделью. Для идентификации параметров модели (4) используется ряд выборочных значений стока реки Q , точность измерения которых не связана с используемой моделью (4). Для того, чтобы реализовать метод предложенный А. Фроловым, кроме ряда выборочных значений стока реки Q , по всей видимости, необходимо знать выборочные значения осадков и испарений R и E или из каких то соображений задавать параметры модельных уравнений для этих переменных k_1 , k_2 и характеристики шумов $n_1(t)$ и $n_2(t)$ в виде средних значений, интенсивностей, взаимных корреляций и т.п.

Представляется, что оба метода имеют право на существование, так как есть плюсы и минусы у каждого. А. Фролов утверждает, что необязательно считать $n_1(t)$ и $n_2(t)$ - гауссовскими в силу линейности его модели. С другой стороны, требуется оценивать больше параметров и, скорее всего, необходимо больше измерений - не только Q , но и R и E . Кроме того, если $n_1(t)$ и $n_2(t)$ - гауссовы, то $Q(t)$ - также будет гауссовским процессом, а на практике, видимо, это не так и непонятно как можно получить распределение Пирсона. В представленном авторами подходе В. Коваленко (1993) предполагается гауссовость и дельта-коррелированность шумов, но при этом возникает распределение из семейства кривых Пирсона для плотности вероятности переменной Q , что и хотелось бы иметь поскольку многолетние ряды годового, максимального и минимального стока описывают распределения Пирсона III типа (см. например Соколовский, 1968). Кроме того, для оценок параметров модели используется только ряд значений Q , что удобнее.

Замечание А. Фролова, что в статье используется "Приближенный метод решения уравнения ФПК" также не вполне корректное. Уравнения для моментов (10)-(15) точные и приближение только одно - при переходе к уравнениям (17) - (19) считаем, что $b_2=0$. В принципе, можно было бы обойтись без этого приближения, но тогда потребуется добавлять еще одно уравнение для четвертого момента и оценивать b_2 . Поскольку переход к кривой распределения Пирсона III типа достаточно распространен в инженерной гидрологии (Рождественский и

Чеботарев, 1974), то он оправдывает переход к трем уравнениям для моментов (17) — (19), который, действительно, возможно не всегда оправдан.

В редактированную версию статьи мы включили следующие ссылки:

Sokolovskiy D.L.: River runoff (bases on a theory and methods of calculations). Leningrad, Hydrometeoidat, 540 p. 1968. (in Russian)

Kovalenko, V. V.: Partial infinite modelling and forecasting of the process of river-runoff formation. St. Petersburg: RSHU Publishers, 2004. Available on-line: http://elib.rshu.ru/files_books/pdf/img-417153826.pdf

С уважением,

А. М. Силаев¹ и Е. В. Шевнина²

¹National Research University Higher School of Economics, Nizhny Novgorod, 603155, Russia

²Finnish Meteorological Institute, Helsinki, FI-00560, Finland