

УДК 556.16.001.24

О МЕТОДАХ РАСЧЕТОВ ХАРАКТЕРИСТИК РЕЧНОГО СТОКА

Канд. геогр. наук И.И.Скоцеляс

Приводится обзор состояния методов гидрологических расчетов. Для горных рек Казахстана рекомендуется использовать модель формирования стока, разработанную в бывшем КазНИГМИ. Отмечается, что не следует пока отказываться полностью и от традиционных методов расчетов характеристик речного стока.

В Казахстане и других независимых государствах, расположенных на территории бывшего Советского Союза, к настоящему времени сложилось два значительно отличающихся друг от друга подхода к решению гидрологических задач. Первый из них, традиционный, основан на использовании эмпирических и полуэмпирических методов, принципа гидрологической аналогии, основных положений теории вероятностей и математической статистики. Второй подход - это путь математического моделирования.

Традиционные методы базируются в основном на стандартной гидрологической информации, получаемой на государственной сети станций и постов, реже - на постах других ведомств. Формирование стока рек представляется как стационарный случайный процесс, что справедливо только для естественных условий. Гидрологические задачи решаются путем выбора закона распределения вероятностей для определения расчетных характеристик стока и установления эмпирических или полуэмпирических связей между стоком рек и основными его факторами в од-

народных гидрологических районах. Так, к традиционным методам расчетов относится использование карт изолиний и формул, выражающих зависимость нормы и изменчивости годового, максимального и минимального стока от площади и средней высоты водосборов и т.д. Влияние азональных факторов учитывается с помощью различных коэффициентов. Часто характеристики стока определяются по данным наблюдений на реках-аналогах. Выбор аналогов производится в основном по качественным признакам, учитывающим сходство физико-географических условий, близость расположения и примерно равные размеры водосборов, а в горных районах еще и несущественное различие по средней высоте. В гидрологических расчетах для определения вероятностных характеристик стока обычно применяются кривые Пирсона 3-го типа, трехпараметрическое гамма-распределение, нормальное и логарифмически-нормальное распределения.

За последние два десятилетия в гидрологических исследованиях широко использовался метод линейной множественной регрессии для территориальных обобщений гидрологических характеристик, приведения короткорядных наблюдений к длительным периодам и определения параметров речного стока [8,12,15]. Большой вклад во внедрение этого метода внесен Г.А.Алексеевым. Всем гидрологам известна его работа о выравнивании и нормализации корреляционных связей [1]. Этим автором сделано много и других предложений по развитию и использованию статистических методов в гидрологических расчетах. Широкую известность получили также работы А.В.Рождественского с соавторами [11,13,14], в которых детально рассмотрены вопросы оценки точности гидрологических расчетов и однородности рядов характеристик речного стока. Последнее особенно важно в связи с необходимостью учета влияния на сток хозяйственной деятельности.

Для исследования многолетних колебаний стока, прежде всего годового, разработаны статистические модели. Эти модели используются для получения длинных рядов стока как в отдельных пунк-

тах наблюдений, так и для группового моделирования гидрологических связей. Чаще всего при моделировании задаются первые моменты или одномерные функции распределения вероятностей, а в одной из последних работ [10], посвященных этому вопросу, рекомендуется математический аппарат двумерной двух- и трехпараметрической гамма-корреляции.

Традиционные методы имеют целый ряд недостатков. Они в недостаточной мере учитывают многофакторность процесса формирования стока, взаимосвязь и взаимообусловленность факторов. Многие формулы и методы расчета половодий и дождевых паводков слабо генетически обоснованы, исходят из частных, присущих только конкретным условиям, закономерностей формирования стока половодий и дождевых паводков. В частности, получивший широкое распространение метод расчета дождевых паводков, основанный на принципе предельной интенсивности, содержит недостатки, начиная с расчета стокоформирующих осадков и кончая коэффициентом стока, который трактуется как "сборный параметр" или "условный коэффициент стока" [7]. По мнению Е.Д.Гопченко [6], использование метода предельной интенсивности теоретически оправдано лишь в частном, редко встречающемся случае, когда время добега воды по руслу меньше периода установившейся фазы стокообразования. Только при этом условии, считает Е.Д.Гопченко, расчет дождевых паводков можно производить по средней интенсивности дождя, продолжительность которой равна полному времени бассейнового добега. Однако на практике метод предельной интенсивности часто используется за допустимыми пределами. Для горных рек этот метод приводит к завышению максимальных расходов воды, особенно для водосборов с большой естественной зарегулированностью склонового стока.

На 5-ом гидрологическом съезде отмечалось, что в действующий СНиП заложена не лучшая формула максимального стока. В качестве альтернативы предлагались [6,10], в частности, объемная или упрощенная генетическая формулы, полученные А.Н.Бефани и принцип региональной обусловленности

гидрологических процессов, как основа гидрологических исследований.

Очень подробно вопросы формирования и расчета дождевых паводков рассмотрены Ю.Б.Виноградовым [3]. По его мнению, существующие многочисленные формулы для расчетов максимальных расходов воды дождевых паводков могут быть сведены к выражению, в котором максимальный расход принимается равным произведению коэффициентов размерности и "влияния", площади водосбора и максимально возможной средней интенсивности стокообразования за время руслового добегаия. Все эти формулы основаны на предположении о существовании линейной зависимости между максимально возможной средней интенсивностью стокообразования и максимальным расходом. Как считает Ю.Б.Виноградов, этот принцип в значительной мере сглаживает разницу между крайней асимметричностью распределения максимальных расходов дождевых паводков и более умеренной асимметрией максимально возможной средней интенсивности стокообразования. Ю.Б.Виноградов обращает также внимание и на второе предположение, заложенное в формулы такого типа (Д.Л.Соколовский, Г.А.Алексеев и др.). Оно состоит в допущении, что максимальный расход формируется "расчетным дождем" с фиксированной продолжительностью, зависящей от времени добегаия. Фактически же соотношение между временем руслового добегаия и продолжительностью стокообразования может быть любым. Кроме того, предполагается, что интенсивность притока в русловую сеть численно равна интенсивности стокообразования. Все эти предположения и допущения скрываются путем введения различных поправочных коэффициентов.

Для расчета максимальных расходов воды дождевых паводков Ю.Б.Виноградов предложил метод, основанный на использовании уравнения гидрографа суммарного притока к русловой сети с последующим пересчетом максимальной ординаты этого гидрографа в максимальный расход воды в замыкающем створе. При таком пересчете также не обошлось без некоторой схематизации. В частности, принята постоянной

интенсивность стокообразования.

В работе Ю.Б.Виноградова [3] приведены новые методики определения осадков и инфильтрации. Для расчета осадков, в частности, используется выражение, позволяющее преобразовать асимметричное распределение слоя осадков в нормальное распределение. В настоящее время по этой методике выполнены расчеты осадков для всех горных районов бывшего СССР. Она считается пока лучшей.

Таким образом, традиционные методы объединяет устаревшее в настоящее время представление о стационарности гидрологических процессов, допущение о возможности переноса на будущее гидрологических характеристик или их параметров, установленных по материалам наблюдений за прошедшие годы, а также слабая обоснованность большинства методов и ограниченность используемой информации, особенно экспериментальной. Это позволило Ю.Б.Виноградову [4] утверждать, что в настоящее время применение традиционных методов доведено до предела своих возможностей.

Важным шагом в развитии методов гидрологических расчетов стало появление детерминированных моделей формирования стока. Многие ученые подразделяют их на концептуальные и физико-математические. Ю.Б.Виноградов считает, что данное деление ничем не обосновано, так как "... везде математические формы, везде - концепции, везде аппроксимация". Более важным, по его мнению, является вопрос о том, какой должна быть модель: единой обобщенной или представлять собой систему моделей, различающихся по видам стока (талый, дождевой, подземный) или региональным особенностям, с сосредоточенными или распределенными параметрами. Он полагает, что должна быть единая обобщенная детерминированная модель гидрографа стока годового цикла, пригодная для всех видов стока, для любых бассейнов, для вероятностных расчетов, для краткосрочных и долгосрочных прогнозов. Региональные особенности в ней необходимо учитывать параметрически.

С мнением Ю.Б.Виноградова не совсем согласны

некоторые видные ученые - гидрологи. Так, А.Н.Бефани, как уже упоминалось, считает, что в методологическом отношении очень большое значение имеет региональная обусловленность формирования паводков и что паводки представляют собой не жестко детерминированные процессы. Практически они неповторимы во времени и в пространстве. В разных природных зонах, по А.Н.Бефани, могут быть разные формы склонового стекания. Поэтому важное место в исследованиях должен занимать статистический анализ данных наблюдений и экспериментов, а также оптимизация.

Другой известный гидролог, Г.А.Алексеев [2], считает, что в природе вообще преобладает необратимость и случайность, а обратимость и детерминизм приложимы лишь к отдельным простейшим случаям.

Как видно из изложенного, пока не существует единой точки зрения по вопросам математического моделирования процесса формирования стока. Большинство ученых и специалистов сходятся все же в том, что в условиях нестационарности гидрологических процессов, вызванной хозяйственной деятельностью, единственным выходом из положения является математическое моделирование и с ним должно быть связано новое поколение методов гидрологических расчетов. В то же время на этом пути имеется еще немало трудностей и требуется решить ряд задач. Одна из наиболее сложных проблем - получение на выходе моделей кривых распределения характеристик стока. В этом направлении ведется работа в ГГИ (г.Санкт-Петербург) на основе соединения двух типов моделирования - детерминированного и стохастического. Однако, из-за сложности проблемы, обусловленной разрывностью полей некоторых метеовеличин, в частности осадков, положительных результатов, по-видимому, в скором времени ожидать не следует.

Более реально в ближайшей перспективе использование для гидрологических расчетов уже имеющихся моделей формирования стока. Например, в КазНИГМИ (ныне КазНИИМОСК) модель формирования

стока горных рек Казахстана, разработанная под руководством В.В. Голубцова, доведена до стадии практического непрерывного моделирования гидрологического цикла. Она успешно применялась для долгосрочного прогнозирования водности рек и притока воды в водохранилища. В настоящее время на ее основе разработаны также методы краткосрочного прогноза с заблаговременностью 1-3 суток. Основные положения этой модели опубликованы в работе [5]. Она описывает процессы формирования снегозапасов, поступления воды на поверхность водосбора, суммарного испарения, изменения запасов влаги в зоне активного влагообмена, промерзания и оттаивания почвогрунтов, задержания атмосферных осадков растительным покровом, поверхностного, почвенногрунтового и грунтового стокообразования, притока воды к речной сети, трансформации его в речной сток в замыкающем створе.

По своей структуре модель КазНИГМИ трехобъемная. Первый объем отождествляется с поверхностным стокообразованием, второй - с почвенногрунтовым, третий - с грунтовым. Основными исходными данными для моделирования стока являются средне-суточные температуры воздуха и суточные суммы осадков. Моделирование производится по суточным интервалам времени. При наличии соответствующих данных оно может осуществляться отдельно по высотным зонам, экспозициям склонов, для открытых, залесенных и занятых ледниками участков. Индивидуальные особенности бассейнов рек учитываются с помощью параметров.

Главным препятствием для широкого применения имеющихся моделей, в том числе и модели КазНИГМИ, является слабая информационная база. Это относится как к исходным данным, так и к параметрам моделей. Несмотря на это, для тех бассейнов, для которых необходимая информация уже имеется или ее можно получить в ближайшем будущем, использование моделей для решения некоторых гидрологических задач не только возможно, но и необходимо. Так, с помощью модели КазНИГМИ можно удлинять короткие ряды гидрологических характеристик, получать ин-

формацию об условиях формирования стока, восстанавливать его естественные значения, оценивать влияние хозяйственной деятельности и антропогенного изменения климата на ресурсы поверхностных вод.

Не следует пока, по нашему мнению, полностью отказываться и от традиционных методов расчетов стока. Во-первых, хозяйственной деятельностью значительно искажен гидрологический режим не на всех водных объектах. Во-вторых, представляется возможным идти по пути восстановления естественного стока, используя и традиционные методы, а также появившиеся за последние десятилетия новые данные для его уточнения. Затем можно учитывать антропогенные отклонения от естественного стока, предварительно обобщив их при разном уровне хозяйственной деятельности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алексеев Г.А. Объективные методы выравнивания и нормализации корреляционных связей. - Л.: Гидрометеиздат, 1971. - 363 с.
2. Алексеев Г.А. Перспективы и резервы усовершенствования гидрологических расчетов и прогнозов для водохозяйственного проектирования // Тр. 5-го Всес. гидрол. съезда. - 1989. - Т.6. - С.15-22.
3. Виноградов Ю.Б. Вопросы гидрологии дождевых паводков на малых водосборах Средней Азии и Казахстана. - Л.: Гидрометеиздат, 1967. - 262 с. - (Тр. КазНИГМИ; Вып.28).
4. Виноградов Ю.Б. Перспективы использования математических моделей для расчетов стока при строительном проектировании // Тр. 5-го Всес. гидрол. съезда. - 1989. - Т.6. - С.34-43.
5. Голубцов В.В., Ли В.И., Строева Т.П. Математическое моделирование процессов формирования стока горных рек в условиях ограниченной информации // Тр. 5-го Всес. гидрол. съезда. - 1989. - Т.6. - С.374-382.

6. Гопченко Е.Д. Об оптимальной структуре и параметрах формул максимального стока // Тр. 5-го Всес. гидрол. съезда. - 1989. - Т.6. - С.52-58.
7. Доброумов В.М., Туманская С.М. Перспективы развития методов расчета максимального стока // Тр. 5-го Всес. гидрол. съезда. - 1989. - Т.6. - С.6-15.
8. Лобанова А.Г., Зорин М.В. Опыт приведения параметров речного стока к многолетнему периоду // Тр. ГГИ. - 1986. - Вып.324. - С.73-99.
9. Научно-методические основы расчета и прогноза дождевых паводков на территории СССР / А.Н.Бефани, Н.Ф.Бефани, Е.Д.Гопченко, А.Г.Иваненко, Е.В.Терентьев // Тр. 5-го Всес. гидрол. съезда. - 1989. - Т.6. - С.213-221.
10. Резниковский А.Ш., Великанов М.А. Статистическое моделирование многомерных гидрологических процессов // Тр. 5-го Всес. гидрол. съезда. - 1989. - Т.6. - С.52-58.
11. Рождественский А.В., Ежов А.В., Сахарюк А.В. Оценка точности гидрологических расчетов. - Л.: Гидрометеиздат, 1990. - 276 с.
12. Рождественский А.В., Лобанова А.Г. Приведение рядов речного стока к длительному периоду методом множественной линейной корреляции // Тр. ГГИ. - 1968. - Вып.163. - С.9-18.
13. Рождественский А.В., Лобанова А.Г. Пространственно-временные колебания годового стока рек СССР // Тр. 5-го Всес. гидрол. съезда. - 1989. - Т.6. - С.100-104.
14. Рождественский А.В., Чеботарев А.И. Статистические методы в гидрологии. - Л.: Гидрометеиздат, 1974. - 424 с.
15. Сотникова Л.Ф., Макарова Т.Ф. Приведение гидрологических характеристик к многолетним значениям // Тр. 5-го Всес. гидрол. съезда. - 1989. - Т.6. - С.133-140.

Казахский научно-исследовательский институт мониторинга окружающей среды и климата

ӨЗЕН АҒЫНЫ КӨРСЕТКІШТЕРІН ЕСЕПТЕУІҢ ӘДІСТЕРІ ТУРАЛЫ

Геогр.ғ.канд. И.И.Скоцеляс

Гидрологиялық есептеу әдістерінің қазіргі жағдайына шолу берілді. Қазақстанның таулы өзендері үшін бұрынғы Қазақтың гидрометеорологиялық ғылыми зерттеу институтында жасалған моделді қолдану ұсынылды. Қазірше өзен ағысын есептеуде дәстүрлі әдістем толығымен бас тартуға болмайтындығы айтылады.