

УДК: 556.166.15711.5192

МЕТОДЫ РАСЧЕТА МАКСИМАЛЬНЫХ РАСХОДОВ ВОДЫ РЕК В АЗЕРБАЙДЖАНЕ И ТУРЦИИ

Ф.А. Иманов¹⁾, Фатих Кескин²⁾, М.Я. Асадов³⁾, А.А. Нуриев⁴⁾, А.Р. Маггеррамова⁵⁾

^{1), 4), 5)} Бакинский государственный университет,

г. Баку, Азербайджан, e-mail: farda_imanov@mail.ru

²⁾Международный Инженерный Сервис Темелсу,

г. Анкара, Турция, e-mail: fatih.keskin@temelsu.com.tr

³⁾Государственное агентство водных ресурсов Азербайджана,

г. Баку, Азербайджан, e-mail: safsu@mail.ru

В статье рассмотрены методы расчета максимального стока рек, используемые в Азербайджане и Турции. Показано, до сих пор проектные организации Азербайджана независимо от объема исходной гидрологической информации все расчеты выполняют согласно нормативному документу, принятому в 1983 г. в бывшем СССР. В Турции при наличии данных наблюдений обеспеченные значения расходов воды чаще всего определяются с помощью двух- и трехпараметрического логнормального распределения, логарифмического распределения Пирсона III типа и распределения Гумбеля. Для неизученных рек в зависимости от размера речного бассейна используются различные методы: рациональный метод, метод Снайдера (Snyder), метод охраны почв США (SCS), метод Мокуса (Mockus), синтетический метод DSI и региональные методы оценивания. Приводятся значения максимальных расходов воды р.Акера, рассчитанные различными методами.

Ключевые слова: Азербайджан; Турция; максимальный расход; методы расчета

METHODS FOR CALCULATION OF MAXIMUM DISCHARGE OF RIVERS IN AZERBAIJAN AND TÜRKIYE

F.A. Imanov¹⁾, Fatih Keskin²⁾, M.Ya. Asadov³⁾, A.A. Nuriyev⁴⁾, A.R. Magharramova⁵⁾

^{1), 4), 5)} Baku State University,

Baku, Azerbaijan, e-mail: farda_imanov@mail.ru

²⁾Temelsu International Engineering Services Inc.,

Ankara, Türkiye, e-mail: fatih.keskin@temelsu.com.tr

³⁾Azerbaijan State Agency for Water Resources,

Baku, Azerbaijan, e-mail: safsu@mail.ru

The article considers methods for calculating the maximum flow of rivers used in Azerbaijan and Türkiye. It is shown that until now the design organizations of Azerbaijan, regardless of the amount of initial hydrological information, perform all calculations in accordance with the regulatory document

adopted in 1983 in the former USSR. In Türkiye, for Gaged Basins water discharge values are most often determined using the two- and three-parameter lognormal distributions, the Pearson type III logarithmic distribution, and the Gumbel distribution. For Basin with no Data depending on the size of the river basin, different methods are used: the rational method, the Snyder method, the US Soil Conservation Method (SCS), the Mockus method, the synthetic DSI method, and regional estimation methods. The values of the maximum water discharges of the Hakera River calculated by various methods are given.

Keywords: Azerbaijan; Türkiye; river; maximum water discharge; calculation methods

Введение

Поверхностные водные ресурсы Азербайджана ограничены и составляют всего 30,9 км³, из которых 20,6 км³ приходится на долю трансграничных рек, а 10,3 км³ на долю местных рек [1]. На сток рек влияют различные антропогенные факторы, среди которых следует особо выделить орошаемое земледелие [2]. Территория страны также очень чувствительна к изменению климата [3].

Страны с ограниченными водными ресурсами стремятся к увеличению собственных ресурсов «устойчивого стока». В этом направлении доступным и относительно дешевым способом является построение водохранилищ. Принимая во внимание существующий дефицит воды и ситуацию с водохранилищами в стране, 27 июля 2020 года Президент Азербайджанской Республики подписал распоряжение «О дополнительных мерах по обеспечению рационального использования водных ресурсов», согласно которому планируется строительство 10 новых водохранилищ. В рамках процесса реинтеграции освобожденных территорий Карабаха в экономику Азербайджана проектируются еще 3 водохранилища. К тому же в настоящее время в Азербайджане строятся новые автомобильные и железные дороги, возводятся мосты, проектируются солнечные и ветряные электростанции, в засушливых районах, подверженных наводнениям, расширяются посевные площади. Для реализации этих проектов требуется расчет максимальных расходов рек. В этих проектах наряду с местными гидрологами участвуют также специалисты из Турции.

Основная задача статьи – обзор методов расчета максимальных расходов воды рек, используемых в Азербайджане и Турции.

Обсуждение результатов

Как и во всех горных странах, условия формирования максимального расхода воды рек в Азербайджане изменяются в зависимости от высотного положения речного водосбора. Максимальные расходы воды рек, берущих начало в среднегорье и высокогорье (2000 м и более), образуются в результате таяния снега. С уменьшением высоты водосбора возрастает роль дождевых вод и в режиме рек преобладают максимумы дождевого происхождения [4].

Расчет максимального расхода воды при наличии данных наблюдений. В настоящее время в *Азербайджане* для расчета максимального расхода рек используют нормативный документ, принятый в бывшем СССР (СНиП 2.01.14-83) [5]. Согласно этому документу, для сглаживания и экстраполяции эмпирических кривых распределения, как правило, применяется трехпараметрическое гамма-распределение. В большинстве случаев эта функция распределения хорошо согласуется с эмпирической кривой. Однако часть исследуемых рядов, имеют значимый тренд на понижение [3]. Причиной нестационарности стали изменения климата, влияние которых на максимальный сток в различных регионах *Азербайджана* стало заметным с 1995-1998 гг. [6]. Для неоднородных и нестационарных рядов эмпирические кривые обеспеченностей максимальных расходов воды имеют сложную форму. Для этих рядов строятся усеченные кривые обеспеченностей, а в качестве аналитической кривой используется трехпараметрическое гамма-распределение, что допускается СНиП 2.01.14-83.

В *Турции* чаще всего применяются двух- и трехпараметрическое лог-нормальное распределение, логарифмическое распределение Пирсона III типа и распределение Гумбеля [7].

Расчет максимального расхода воды при отсутствии данных наблюдений. В *Азербайджане* расчетный максимальный расход воды весеннего половодья и дождевых паводков, заданной ежегодной вероятностью превышения определяют по известным формулам, приведенным в СНиП 2.01.14-83. В последние годы выполнено уточнение параметров формулы предельной интенсивности. Построена новая карта максимального суточного слоя осадков 1%-ной обеспеченности [8]. При отсутствии надежных аналогов и надлежащем обосновании для расчета максимальных расходов воды неизученных рек применяются зависимости модуля максимального стока от средней высоты водосбора [4].

В *Турции* в зависимости от размера речного бассейна используются различные методы: рациональный метод, метод Снайдера, метод охраны почв США (SCS), метод Мокуса (Mockus), синтетический метод DSI, метод индексов паводков и др. [7]. Все эти методы, за исключением синтетического метода DSI, широко используются в международной гидрологической практике [9]. Большинство из них известны и в странах бывшего СССР [10, 11], но практически не применяются. Например, Д.Л. Соколовский (1968) отмечал, что основные недостатки метода предельной интенсивности стока (неточное определение скорости стекания воды и времени добегаания, предельной интенсивности осадков и коэффициента стока) характерны и для рационального метода.

Согласно методу индексов паводков для гидрологически однородного района обобщаются статистические параметры выбранной функции распределения и строится безразмерная кривая обеспеченности. Потом устанавливается зависимость индекса паводка (например, максимальный расход воды 50%-ной обеспеченности) от физико-географических характеристик речного бассейна (площадь водосбора, его средняя высота и др.) [7, 9].

Остальные методы, применяемые в Турции, относятся к группе методов синтетического (обобщенного) единичного гидрографа. Эти методы, используемые для расчета максимальных расходов воды, предусматривают установление зависимости между параметрами единичного гидрографа и характеристиками речного бассейна. Один из ранних методов этой группы был разработан Снайдером (1938 г.) для рек района Аппалачских гор в США. Для определения продолжительности эффективных (избыточных) осадков, максимального значения поверхностного стока и времени добегания были предложены расчетные формулы [7, 9, 12, 13]. В методе Мокуса (Mockus) единичный гидрограф имеет форму треугольника. Расчетными параметрами являются продолжительность ливня, время добегания, длина и уклон реки. Метод применим для бассейнов со временем добегания до 30 часов [12, 14-16]. Синтетический метод DSI разработан Главным управлением государственных гидротехнических сооружений Турции. Метод дает хорошие результаты для бассейнов с площадью до 1000 км². Его можно применять и для водосборов с площадью более 1000 км², но в этом случае, бассейн реки следует делить на суббассейны и использовать принцип суперпозиции [12,15,16].

Расчет максимальных расходов воды р.Акера, на которой планируется строительство водохранилища с объемом 26,7 млн м³, выполнены методами, разработанными для неизученных рек, так как в створе проектирования отсутствуют данные наблюдения. Были отобраны по три метода, применяемые в Азербайджане и Турции.

В СНиП 2.01.14-83 отмечается, что при определении расчетных гидрологических характеристик, при надлежащем обосновании, допускается применять региональные схемы и методы, требования которых не противоречат требованиям настоящих норм. Поэтому расчеты осуществлены по эмпирической зависимости максимального стока от средней высоты водосбора, по редуccionной формуле при отсутствии рек-аналогов и по методу предельной интенсивности стока. Из числа методов, применяемых в Турции, были выбраны метод индексов паводков (региональный метод оценивания), метод Мокуса (Mockus) и метод Снайдера. Рассчитанные значения максимальных расходов воды приведены в таблице.

Максимальные расходы воды, рассчитанные различными методами

| Обеспеченность, % | Методы расчета | | | | | |
|-------------------|----------------|-----|-----|-----|-----|------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 0,01 | 297 | 334 | 947 | 451 | 321 | 1014 |
| 0,1 | 234 | 256 | 795 | 366 | 257 | 736 |
| 1 | 173 | 191 | 568 | 280 | 192 | 457 |
| 2 | 158 | 183 | 488 | 255 | 173 | 356 |
| 5 | 130 | 136 | 398 | 211 | 140 | 206 |
| 10 | 111 | 134 | 312 | 195 | 128 | 176 |
| 25 | 84,0 | 130 | 199 | 166 | 107 | 120 |

Примечание: 1-зависимость максимального стока от средней высоты водосбора; 2-метод предельной интенсивности стока; 3-редукционная формула при отсутствии реки-аналога; 4-метод индексов паводков; 5-метод Мокуса; 6-метод Снайдера.

Выводы

Поскольку в створе проектирования водохранилища на р.Акера отсутствуют данные о максимальных расходах воды, расчеты выполнены методами для неизученных рек. Использованы по три метода, применяемые в Азербайджане и Турции. Обеспеченные значения расходов воды, рассчитанные выбранными методами, существенно отличаются. Наименьшие значения получены по эмпирической зависимости максимального стока от средней высоты водосбора, а наибольшие по методу Снайдера и редукционной формуле. В качестве расчетной принят метод Снайдера, который в отличие от редукционной формулы позволяет рассчитать гидрограф паводка.

Библиографические ссылки

- 1.Рустамов С.Г., Кашкай Р.М. Водные ресурсы Азербайджанской ССР // Баку: Элм, 1989. 184 с.
- 2.Иманов Ф.А. Водные ресурсы и их использование в трансграничном бассейне р. Куры. Санкт-Петербург: Свое издательство, 2016. 164 с.
- 3.Махмудов Р.Н. Современные изменения климата и опасные гидрометеорологические явления. Баку, 2018. 232 с. (на азербайджанском языке).
- 4.Мамедов М.А. Расчеты максимальных расходов воды горных рек. Л.: Гидрометеоиздат, 1989. 184с.
- 5.Определение расчетных гидрологических характеристик. СНиП 2.01.14-83. М.: Стройиздат, 1985. 35 с.

- 6.Иманов Ф.А., Сикан А.В. Анализ изменений климата на территории Азербайджана. Гидрометеорология и экология. 2022. № 69. С. 607—619. doi: 10.33933/2713-3001-2022-69-607-619.
- 7.Özdemir, H. (1978). Uygulamalı Taşkın Hidrolojisi, DSİ Genel Müdürlüğü Matbası, Ankara.
- 8.Магеррамова А.Р. Расчет максимальных расходов воды дождевых паводков рек Азербайджана. Гидрометеорология и экология. 2022. № 69. С.452—462.
- 9.ВМО-№ 168. Руководство по гидрологической практике. Том II. Управление водными ресурсами и практика применения гидрологических методов. Шестое издание, 2012. 324 с.
- 10.Соколовский Д.Л. Речной сток. Л.: Гидрометеоздат, 1968. 539с.
- 11.Виссмен мл У., Харбаф Т.И, Кнепп Д.У. Введение в гидрологию. – Л.: Гидрометеоздат, 1979. 470 с.
- 12.Béré Benjamin Bantchina and Kemal Sulhi Gündoğdu. Watershed Characteristics and Synthetic Unit Hydrographs Determination using Geographical Information Systems. J. BIOL. ENVIRON. SCI., 2021, 15(45), 27-34
- 13.David A. Chin. Water-resources Engineering (Second edition). Pearson education International, USA, New Jersey, 2006. 572 pp.
- 14.Kumanlıoğlu A.A., Ersoy S.B. Akım Gözlemi Olmayan Havzalarda Taşkın Akımlarının Belirlenmesi; Kızıldere Havzası. Dokuz Eylül Üniversitesi-Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi. Cilt 20, Sayı 60, Eylül, 2018. S.890-904. DOI: 10.21205/deufmd.2018206070
- 15.Öztürk M., Kaya N., Aşkan A.H. Menfezlerin projelendirilmesinde kullanılan taşkın hesap metodlarının değerlendirilmesi. SAU Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi. Cilt 7, Sayı 2, 2003. S.167-171.
- 16.Sönmez, O., Hırça, T., Demir, F., 2017. Akım ölçümü olmayan nehirlerde farklı yağış akış modelleri ile tekerrürlü taşkın debisi hesabı: Mudurnu Çayı örneği. 5th International Symposium on Innovative Technologies in Engineering and Science. 29-30 September, Baku-Azerbaijan. 1091 – 1100.