

УДК 556.5 (470.6)
ББК 26.222.5 (235.7)
М 48

Мельникова Т.Н.

Кандидат географических наук, доцент кафедры географии факультета естествознания Адыгейского государственного университета, профессор РАН, Майкоп, тел. (8772) 59-39-36, e-mail: melnikova-agu@mail.ru

Максимальный сток весеннего половодья рек Северо-Западного Кавказа (Рецензирована)

***Аннотация.** Выполнено обобщение результатов исследований максимального стока половодья рек Северо-Западного Кавказа, раскрыты условия его формирования в пределах региона, отражена его пространственно-временная изменчивость, выполнен анализ методов расчета максимального стока половодья, выявлены зависимости максимального стока талых вод от средней высоты водосборов, получена зависимость коэффициентов вариации максимального стока талых вод от средней высоты речных водосборов. Проведенные исследования расширяют теоретические и прикладные аспекты региональных гидрологических исследований.*

***Ключевые слова:** Северо-Западный Кавказ, максимальный сток весеннего половодья, пространственно-временная изменчивость максимального стока, методики расчета максимального стока талых вод.*

Melnikova T.N.

Candidate of Geography, Associate Professor of Geography Department of Natural Science Faculty, Adyge State University, Professor of the Russian Academy of Natural Sciences, Maikop, ph. (8772) 59-39-36, e-mail: melnikova-agu@mail.ru

Maximum drain of a spring river high water in the Northwest Caucasus

***Abstract.** The paper generalizes the results of researches on the maximum drain of a river high water in the Northwest Caucasus and discloses the conditions of its generation within the region. The author shows its spatial-temporal variability and makes an analysis of calculation methods of the maximum drain of a high water. As a result, the dependences of the maximum drain of thawed snow on the average height of reservoirs, and a dependence of coefficients of a variation of the maximum drain of thawed snow on the average height of river reservoirs have been obtained. The conducted researches expand theoretical and applied aspects of regional hydrological researches.*

***Keywords:** Northwest Caucasus, maximum drain of a spring high water, spatial-temporal variability of the maximum drain, method of calculation of the maximum drain of thawed snow.*

Введение

Краснодарский край, называемый с известной долей условности Северо-Западным Кавказом, занимает территорию Азово-Кубанского Предкавказья, а также горы Северо-Западного Кавказа. С учетом основных природных различий территорию Северо-Западного Кавказа подразделяют на 3 части: Азово-Кубанская равнина; горы Большого Кавказа; Черноморское побережье (в пределах Российской Федерации).

Значительное разнообразие природных условий, изменяющихся в пределах территории Северо-Западного Кавказа в соответствии с широтной зональностью и высотной поясностью, создает предпосылки больших различий в величине годового стока, водном режиме рек, максимальных расходов весенних паводков и их пространственно-временной изменчивости.

При водохозяйственном планировании, оценке водных ресурсов, строительном проектировании гидротехнических сооружений необходим учет особенностей формирования водного режима рек, водоносности, максимального и минимального стока, что способствует актуальности решения альтернативных методических подходов к оценке экстремальных характеристик стока, в частности максимального стока половодья неизученных рек.

Материалы и методы исследований

Для территории Северо-Западного Кавказа Северо-Кавказским управлением гидрометслужбы выполнен анализ материалов многолетних гидрометрических наблюдений и предложена методика оценки параметров максимального стока весенних вод по неизученным рекам [1]. В распоряжении автора выполненной работы имелись сведения по 41 гидрологическому посту, из них на крупных реках Кубань и Белая – 19 постов, на их притоках – 22. Поэтому задача настоящей работы заключается как в детальном анализе имеющейся режимной информации, так и в выработке оптимального подхода к оценке максимального стока весеннего половодья на основе возможно полного учета природных условий его формирования.

Отдельные материалы по максимальному стоку рек весеннего половодья этой территории были обобщены сотрудниками Московского государственного университета [2] и предложена методика оценки этого стока для неизученных рек.

Методика расчета максимального стока половодья для случая полного отсутствия материалов гидрометрических измерений, разработанная ГГИ под руководством А.А. Соколова [3], основана на теории редукиции этого стока по площади, то есть – уменьшения модуля стока по мере возрастания этой площади. При этом пределы влияния редукиции распространяются на многие десятки тысяч квадратных километров. Рекомендации по расчетам максимального стока неизученных рек, основанные на этой теории, изложены в нормативных документах [1].

Авторы справочника по водным ресурсам Северного Кавказа [1] предложили для оценки максимумов весеннего стока вод упрощенную, но тоже редукиционную формулу. Коэффициенты дружности половодья k_0 были увязаны с размерами водосборных площадей, сделан вывод об их редукиции по площади. Для оценки дружности половодья по неизученным рекам предложена и карта изолиний [4, 5].

Принципиально другой является методика оценки максимального стока весенних вод при отсутствии материалов наблюдений, содержащаяся в работе В.Д. Быкова и В.М. Федорова [2]. Совершенно не касаясь вопроса о редукиции модулей этого стока по площади, авторы применили для рек Северного Кавказа ту же схему обобщения информации, что и для годового стока. Ими построены 3 локальные зависимости нормы максимального стока, выраженной в модулях, от средней высоты водосборов, построенная карта изолиний этих модулей в пределах высот от 500 м, а также карта коэффициентов вариации максимального стока. Было показано, что редукиции максимального стока в обширных пределах площадей в данном случае не существует. А ничем не аргументированное исключение из расчетов данных по бассейнам площадью менее 100 км² избавило их от рассмотрения особых условий формирования максимального стока на элементарных водосборах. Вывод об ограничении редукиции максимального стока весеннего половодья только склонами малых водосборов позже был сделан сотрудниками ГГИ Р.Е. Нежиховским, М.А. Жуковым и Г.И. Поликарповым [6].

Условия формирования весеннего половодья

Весеннее половодье характерно для равнинной территории. К ним относятся реки, впадающие в Азовское море (Ея, Челбас, Бейсужек, Кирпили, Кочеты, Миус). Формирование весеннего половодья происходит в основном за счет таяния снеготпасов. Доля снегового стока на реках с весенним половодьем составляет 70-80% суммарного стока за половодье. Дождевая составляющая колеблется от 6 до 10%, а величина грунтового стока, несмотря на различие почвенных характеристик бассейнов, почти одинакова (9-13% суммарного стока за половодье).

Соответственно климатическим условиям резко изменяется величина слоя стока весеннего половодья. По данным наблюдений, средний слой стока за половодье изме-

няется от 10-15 мм в пределах Азово-Кубанской равнины до 1200-1400 мм на высотах 2200-2400 м, а в самой верхней зоне – и значительно более. Резко изменяется по территории и коэффициент стока талых вод. Если в бассейнах рек степной зоны в стоке половодья участвует лишь 25-30% запасов воды в снеге, то по мере увеличения высоты местности и соответствующего изменения климата и структуры водного баланса эта величина возрастает в горах до 80-90%. Еще в большем диапазоне изменяется по территории средний модуль максимального стока. В пределах степной равнины он составляет 5-10 л/с·км² и, постепенно повышаясь, по мере увеличения высоты местности в высоких горах достигает 400 л/с·км² и более. Максимальные значения обеспеченностью 1% превышают здесь 1000 л/с·км². В зависимости от этих же различий климатических факторов стока изменяются и средние сроки прохождения пиков половодья: на степных реках – это февраль-март, а на реках высокогорья со значительной долей в формировании стока ледников и высокогорных снегов – в период наиболее интенсивного их таяния в июле и августе [7].

За период половодья на реках Приазовья проходят от 40-100% годового стока. Форма гидрографа этих рек гребенчатая, что обусловлено выпадением дождей и возвратом холодов в период половодья. При отсутствии дождей и весенних заморозков в отдельные годы гидрограф одновершинный. Объем половодья и форма гидрографа зависят от зарегулированности рек многочисленными прудами. Максимальные расходы воды половодья наблюдается в феврале и марте (130-140 м³/с, на средних и малых реках – 2,6-5,0 м³/с). Средняя продолжительность весеннего половодья на реках Приазовья – 80 суток, максимальная – 125 суток, минимальная – 20 суток.

Весеннее половодье и паводки в теплое время года наблюдаются на реках со средней высотой водосборов более 2000 м. К ним относятся реки северных склонов Большого Кавказа, верховья рек Кубани, Малого Зеленчука. Формируется весенне-летнее половодье в результате таяния ледников и вечных снегов. Существенное влияние на его формирование оказывают дожди, настилающиеся на спаде половодья. Сроки наступления и продолжительность половодья зависят от высоты водосбора. Подъем волны половодья происходит постепенно и определяется ходом таяния снега и льда. Наступление максимальных расходов совпадает с наибольшей температурой воздуха, которая наблюдается в июле-августе. Суммарный объем половодья рек указанной зоны около 800-1000 м, что составляет 80-85% годового стока.

В пределах Северо-Западного Кавказа выделяются 3 района, где преобладают максимумы весеннего половодья (рис. 1).

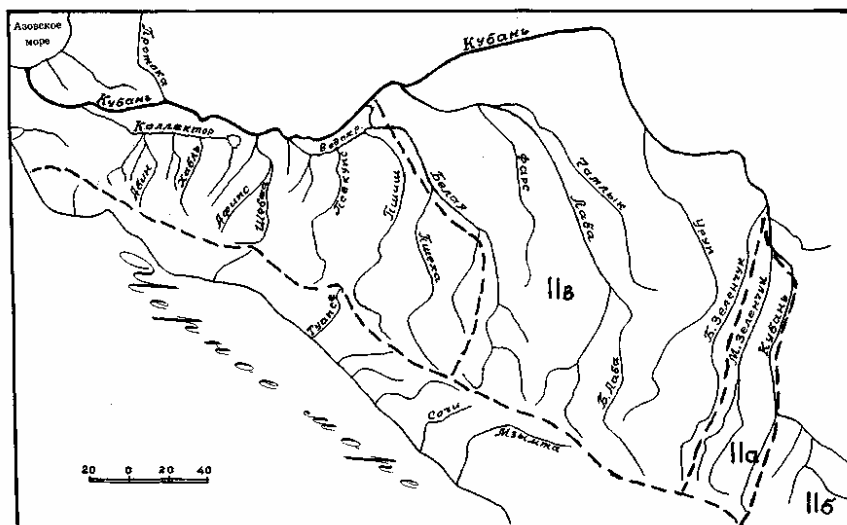


Рис. 1. Фрагмент схемы районирования территории Северо-Западного Кавказа по характеру водного режима рек и формированию максимальных расходов воды [1]

К району Па отнесен ряд левых притоков р. Кубань со средней высотой их водосборов 1900-2700 м и площадью 450-1300 км², на которых имеются данные по 6 постам. Район Пб включает территорию верховьев р. Кубань.

Наиболее обширную часть горной территории занимает район Пв, где имеются сведения по 23 постам на реках с водосборной площадью от 130 до 12000 км² и средней ее высотой 400-2400 м. Продолжительность наблюдений здесь колеблется от 12 до 34 лет.

Все реки группы районов П характеризуются весенне-летним половодьем, а в высокогорных бассейнах – и летним, формируемым талыми водами ледников и многолетних снегов. На высотах 2000-2800 м объем половодья составляет около 70-80% годового стока, а в самой верхней зоне гор (2800-3500 м) – 80-85%.

Процессы формирования половодий и особенно их пиков в значительной степени определяются местными особенностями весенне-летних процессов таяния сезонных и многолетних снегов, а также ледников. Различно и участие в формировании высоты половодья жидких осадков [8].

Альтернативная методика расчета максимального стока весеннего половодья

Для анализа имеющейся информации о максимальном стоке весеннего половодья автором принята за основу более простая и физически обоснованная методика расчета этого стока по неизученным рекам с использованием сведений об основных климатических факторах его формирования, а также современных представлениях о весьма ограниченных пределах его редукции по площади.

Все климатические факторы, определяющие норму максимального стока, характеризуются достаточно четким территориальным распределением в соответствии с вертикальной поясностью в горах. Это подтверждается соответствующим распределением годовой суммы осадков, запасов воды в снежном покрове [8] и слоя стока талых вод. Все это позволяет использовать при анализе максимального стока горных рек сведения о средней высоте их водосборов, как интегральном показателе морфологических и гидрометеорологических условий [9], а также картографировать модули этого стока для анализа его пространственного распределения.

В соответствии с этим была исследована связь модулей максимального стока талых вод со значениями средней высоты речных бассейнов. В результате по рекам, расположенным в районах Па и Пв (рис. 1), получены две достаточно четкие зависимости (рис. 2), отражающие различие природных условий в 2-х районах данной территории. Район 1 охватывает бассейны рек Большой Зеленчук, Уруп и Лаба; район 2 – р. Белая, ее правобережье и бассейн р. Фарс.

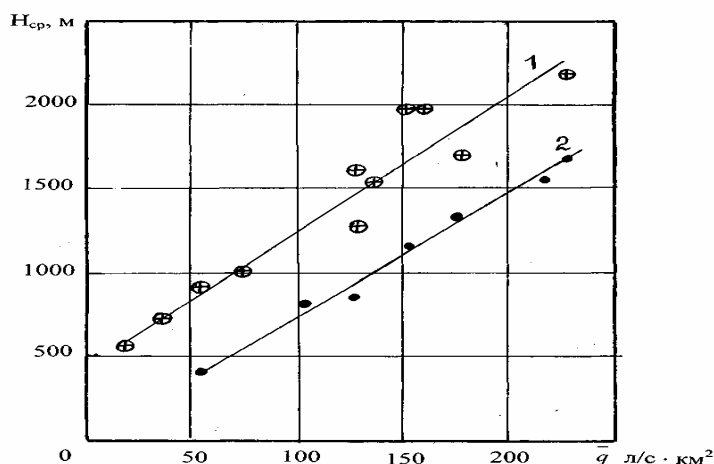


Рис. 2. Зависимость нормы максимального стока талых вод от средней высоты водосборов: 1 – бассейны рек Б. Зеленчук, Уруп, Лаба; 2 – р. Белая, ее правобережье и бассейн р. Фарс

Первая зависимость получена по данным наблюдений в 13 пунктах, из которых 2 – относящиеся к категории малых (р. Кызыч и р. Бескес) с водосборной площадью 151 и 128 км². В связи с этим они исключены из аппроксимации зависимости $\bar{q} = f(H_{cp})$. Аналогичная ситуация и по 2 району, где имеются сведения по 9 пунктам, из которых 2 также отклонились от четкой зависимости. Оставшиеся 11 и 7 пунктов по обоим районам демонстрируют четкую связь средних модулей максимального стока с высотой, которая может быть использована при разработке альтернативного варианта оценки этого параметра по неизученным рекам, за исключением самых малых (с площадью водосборного бассейна ориентировочно менее 200-300 км²) в пределах высот более 500 м.

Для территории районов Па и Пв исследована связь средних модулей максимального и годового стока горных рек с применением более полных сведений о годовом стоке (рис. 3). Такая связь действительно намечается, но она не может быть рекомендована для оценки максимального стока по годовому. Значительное рассеивание точек на графике объясняется не столько разной степенью надежности исходной информации, сколько различной внутригодовой зарегулированностью стока. И если в большинстве случаев коэффициент $K = \bar{q}_{max} / \bar{q}_г$ и равен 5-6, то по ряду рек он намного превышает эти значения. Так, по трем створам на р. Уруп он составляет 10,9-13,4. Еще больше он по рекам Бескес и Дах.

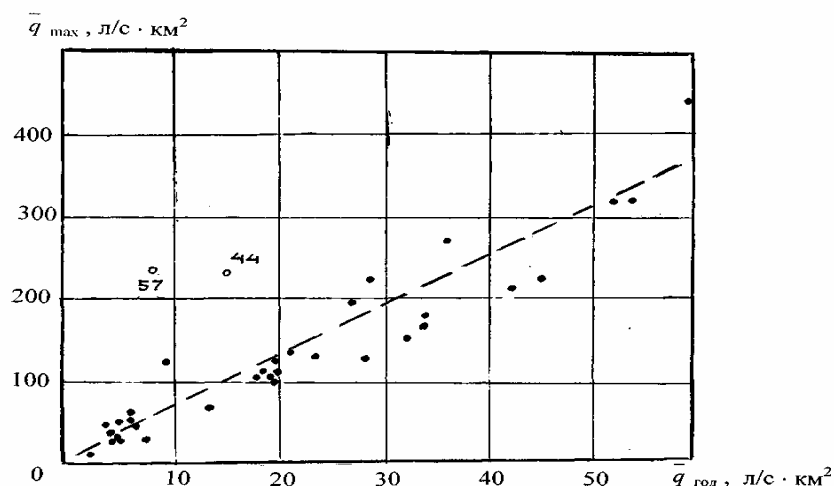


Рис. 3. Связь средних модулей максимального и годового стока горных рек

Степень естественного регулирования стока во многом зависит от размеров водосборного бассейна. В целом по рассматриваемым рекам, в силу влияния других факторов стока, эта зависимость не просматривается, по отдельным крупным рекам она вполне четко проявляется. Примером могут служить данные по 11 створам на р. Кубань от ее верховий до г. Краснодара (рис. 4).

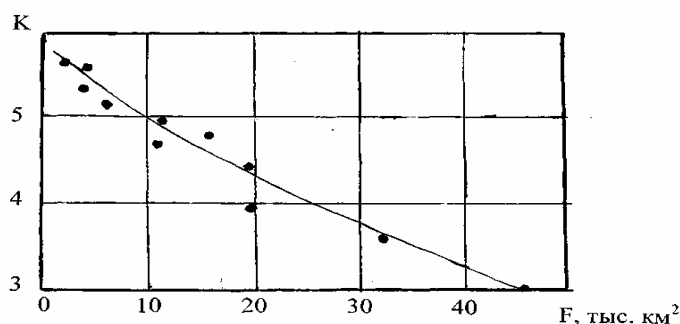


Рис. 4. Зависимость коэффициента естественной зарегулированности (K) от размеров площади водосбора р. Кубань

Таким образом, расчет максимального стока неизученных рек в данном методическом плане может принести положительные результаты только после учета еще одного фактора – коэффициента естественной зарегулированности.

Вторым статистическим параметром классической схемы расчета является коэффициент вариации максимального стока талых вод C_V . Анализ имеющихся данных [9] показал, что наиболее четко выраженная связь имеется у коэффициентов вариации со средней высотой водосборов H_{cp} , определяющей специфику гидрометеорологических условий в разных высотных зонах (рис. 5).

Связь для районов Па и Пв получилась единой (рис. 5). Связь $C_V = f(H_{cp})$ может быть использована (при последующем уточнении исходных параметров) для оценки коэффициентов C_V в пределах высот 400-2500 м и водосборных площадей 200-10000 км².

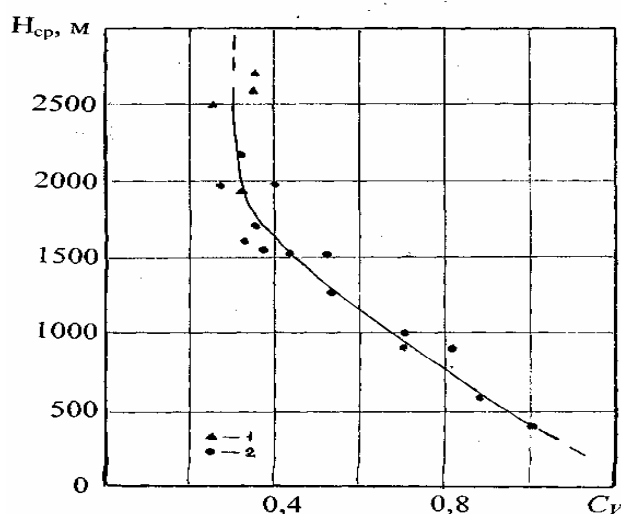


Рис. 5. Зависимость коэффициентов вариации максимального стока талых вод от средней высоты речных водосборов: 1 и 2 – пункты районов Па и Пв соответственно

Построение на основе полученных зависимостей $\bar{q} = f(H_{cp})$ и $C_V = f(H_{cp})$, представленных на рисунках 2 и 5, карт изолиний вполне возможно. Карты при сложном горном рельефе всегда менее надежны, чем эмпирические зависимости. При необходимости для иллюстрации характера пространственного распределения этих параметров указанные карты можно составить на основе обобщения уже более полной информации.

Что же касается третьего статистического параметра, необходимого для расчетов максимального стока талых вод – коэффициента асимметрии C_S , то его соотношение с коэффициентом C_V требует уточнения по наиболее длительным рядам наблюдений. Приведенные в гидрологических работах соотношения свидетельствуют, что в большинстве случаев оно равно $C_S = 4C_V$. Нередки случаи и таких соотношений, как $C_S = 2C_V$ и $C_S = 3C_V$, эти соотношения требуют увязки по длине рек, а также сопоставления с данными по рекам-аналогам.

Выводы

1. Территория Северо-Западного Кавказа в гидрометеорологическом отношении изучена еще не достаточно. Мало гидрологических постов на реках Азово-Кубанской равнины, где на 70% территории, высота которой не превышает 200 м, расположено всего лишь 14 длительно действующих гидрологических постов. Не представлена гидрометеорологическими наблюдениями самая верхняя зона гор, где в питании рек основную долю составляют талые воды ледников и многолетних снегов.

2. Методика ГГИ по расчету максимального стока талых вод по неизученным рекам, основанная на теории редукции этого стока, требует существенной переработки, так как действительные пределы площади редукции ограничиваются лишь малыми водосборами. Это позволяет для расчетов и максимумов стока талых вод применять классическую схему, основанную на оценке трех статистических параметров: нормы стока, коэффициентов вариации и асимметрии.

3. Главными природными факторами формирования стока горных рек Северо-Западного Кавказа, в том числе и максимального стока талых вод, являются вертикальная поясность климата, а также его изменение с запада на восток по мере удаления от акватории Черного и Азовского морей, это позволяет устанавливать локальные зависимости модулей максимального стока талых вод рек от средней высоты их бассейнов и использовать их для оценки этого стока по неизученным рекам.

4. В качестве альтернативной методики расчетов максимального стока талых вод может быть использована и его связь с годовым, но при обязательном учете второго фактора – показателя естественной зарегулированности стока, зависящего от величины водосборной площади.

5. Основные результаты выполненных исследований, после их оформления в виде региональной методики, применимы в практике для инженерно-гидрологического обоснования проектируемых объектов и водохозяйственных мероприятий, а также могут быть использованы при подготовке территориальных строительных норм по определению расчетных гидрологических характеристик.

Примечания:

1. Ресурсы поверхностных вод СССР. Л.: Гидрометеоздат, 1973. Т. 8. Северный Кавказ. 447 с.
2. Быков В.Д., Федоров В.М. Максимальный сток рек бассейна Кубани // Многолетние колебания стока и вероятностные методы его расчета. М.: Изд-во МГУ, 1967. С. 214-224.
3. Соколов А.А. Методика расчета максимальных расходов талых вод при отсутствии или недостаточности гидрологических данных // Труды ГГИ. Л.: Гидрометеоздат, 1966. Вып. 134.
4. Коровин В.И., Галкин Г.А. Генетическая структура наводнений и паводков на реках Северо-Западного Кавказа за 275-летний период // Изв. АН СССР. Сер. География. 1979. № 3. С. 90-94.
5. Кузин П.С. Классификация рек и гидрологическое районирование СССР. Л.: Гидрометеоздат, 1960. 455 с.
6. Нежиховский Р.Е., Жукова М.А., Поликарпов Г.И. Об уточнении метода расчета максимального расхода весеннего половодья при отсутствии наблюдений // Труды ГГИ. 1992. Вып. 357. С. 80-108.
7. Мельникова Т.Н., Комлев А.М. Водоносность рек Северо-Западного Кавказа. Майкоп: Качество, 2003. 132 с.
8. Комлев А.М., Мельникова Т.Н. Водный режим рек Северо-Западного Кавказа. Закономерности формирования и методы расчета. Пермь: ПГУ, 2008. 112 с.
9. Мельникова Т.Н. Максимальный весенний сток рек Северо-Западного Кавказа // Фундаментальные исследования. М.: Академия естествознания, 2005. № 10. С. 85-86.

References:

1. Resources of surface waters of the USSR. L.: Gidrometeoizdat, 1973. V. 8. North Caucasus. 447 pp.
2. Bykov V.D., Fedorov V.M. Maximum runoff of the rivers of the Kuban basin // Long-term fluctuations of the runoff and probabilistic methods of its calculation. M.: MSU Publishing House, 1967. P. 214-224.
3. Sokolov A.A. Technique of calculation of maximum expenses of melt waters in the absence or insufficiency of hydrological data // Works of GGI. L.: Gidrometeoizdat, 1966. Iss. 134.
4. Korovin V.I., Galkin G.A. Genetic structure of floods and high waters of the rivers of the Northwest Caucasus for the 275-year period // News of the USSR AS. Ser. Geography. 1979. No. 3. P. 90-94.
5. Kuzin P.S. Classification of rivers and hydrological division into districts of the USSR. L.: Gidrometeoizdat, 1960. 455 pp.
6. Nezhikhovskiy R.E., Zhukova M.A., Polikarpov G.I. On specification of calculation technique of the maximum expense of spring high water in the absence of supervision // Works of GGI. 1992. Iss. 357. P. 80-108.
7. Melnikova T.N., Komlev A.M. Flow of rivers of the Northwest Caucasus. Maikop: Kachestvo, 2003. 132 pp.
8. Komlev A.M., Melnikova T.N. Water mode of the rivers of the Northwest Caucasus. Regularities of formation and methods of calculation. Perm: PGU, 2008. 112 pp.
9. Melnikova T.N. Maximum spring runoff of the rivers of the Northwest Caucasus // Fundamental researches. M.: Academy of natural sciences, 2005. No. 10. P. 85-86.