

М.В. Ушаков

ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАСЧЕТНЫХ ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК В РАЙОНЕ ЗОЛОТОСЕРЕБРЯНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ ДВОЙНОЕ

В 2011, 2012 гг. для проектирования и строительства инфраструктуры на золотосеребряном месторождении Двойное (Россия, Чукотский автономный округ) были проведены инженерно-гидрометеорологические исследования. Были получены районные формулы для определения расчетных гидрологических характеристик: годовой сток различной вероятности превышения, минимальные 30-суточные расходы воды в летне-осенний период вероятности превышения 95% и максимальные расхода воды весеннего половодья вероятностью превышения 1%, 3% и соответствующие им уровни воды. Район изысканий гидрологические недостаточно изучен. Есть данные о речном стоке на 13 гидрологических постах с длиной ряда 10 лет и более. Для неизученных рек бассейнов р. Малого Анюя и Чаунской губы Восточно-Сибирского моря получены региональные зависимости для определения нормы и коэффициента вариации годового стока, минимального 30-суточного расхода воды за летне-осенний период обеспеченностью 95%, слоев стока за период весеннего половодья вероятностью превышения 1 и 3%. Ключевые слова: гидрометеорологические изыскания, годовой сток, расход воды, слой стока весеннего половодья.

Введение

Вопросы вывода районных формул для определения расчетных гидрологических характеристик на неизученных реках имеют важное научно-прикладное значение. Этими вопросами применительно к рекам Северо-Востока России занимается целый ряд исследователей [1, 5, 6, 7, 13].

В 2011, 2012 гг. для проектирования и строительства рудника и объектов инфраструктуры на золотосеребряном месторождении Двойное проводились инженерно-гидрометеорологические изыскания. Территория проведения изысканий приурочена к водосборным бассейнам и междуречьям р. Двойная и р. Правый Яракваам (Чаунский район Чукотского автономного округа вблизи границы Билибинского района).

ISSN 0236-1493. Горный информационно-аналитический бюллетень. 2016. № 10. С. 312–323.
© 2016. М.В. Ушаков.

Инженерно-гидрометеорологические изыскания проводились в соответствии с комплексом требований, предъявляемыми нормативными документами Российской Федерации.

В соответствии с техническим заданием необходимо было для неизученных рек Двойная и Правый Яракваам рассчитать годовой сток различной обеспеченности, минимальный 30-суточный сток за летне-осенний период обеспеченностью 95% и максимальные расходы воды весеннего половодья обеспеченностью 1%, 3%, соответствующие им уровни воды, а также получить районные формулы для определения указанных расчетных гидрологических характеристик.

Район изысканий расположен в зоне холодного климата и сплошного распространения многолетнемерзлых пород [4, 11, 16]. В пределах русел, а зачастую и в поймах рек с гравийно-галечным аллювием мерзлота прерывается подрусловыми таликами [2].

Характер рек и ручьев в районе изысканий – горный. Внутри-годовое распределение стока воды рек отличается значительной неравномерностью. В теплую часть года (май-сентябрь) протекает основная масса воды (94–99%) [9]. Бурные и обильные паводки во время таяния снега и продолжительных дождей чередуются с сильным обмелением в засушливый период. В зимние месяцы малые и средние реки полностью перемерзают.

Резко расчлененный рельеф местности рассматриваемой территории, значительные уклоны тальвегов и склонов долин, а также наличие многолетней мерзлоты способствуют формированию больших модулей максимального стока [14, 15]. На реках ежегодно формируется высокое снеговое или снегодождевое половодье. В период половодья проходит в среднем 40–50% суммарного стока за год [9]. Максимум половодья наблюдается в конце мая – середине июня. Гидрографы половодья характеризуются растянутой, зачастую пилообразной, формой. В годы с поздним развитием процессов снеготаяния форма гидрографа характеризуется крутым подъемом и более сглаженным спадом. Волна половодья иногда сливается с последующими дождевыми паводками.

Дождевые паводки проходят обычно в конце июня – начале сентября. Причем, иногда высокие дождевые паводки наблюдаются в середине июня, что обусловлено значительной увлажненностью почвогрунтов в весенний период и таянием наледей и снега в горах.

В среднем за год наблюдается от одного до четырех паводков. Максимумы половодья, как правило, выше дождевых паводков.

Наименьшие расходы воды в реках за период открытого русла могут наблюдаться в любой летний месяц, преимущественно во второй половине лета и перед появлением на реках осенних ледовых явлений. Продолжительность летних меженных периодов, как правило, незначительна.

Таблица 1

Опорная гидрологическая сеть, регулярно изучающая (изучавшая) сток воды [8]

№ пп	Река – пункт	Код поста	Площадь водосбора, км ²	Длина водотока, км	Период действия	
					открыт	закрыт
1	р. Малый Анюй – с. Илирней	01396	8180	192	31.05. 1957	действует
2	р. Малый Анюй – с. Островное	01397	30 000	459	16.07. 1957	действует
3	р. Нутесын – 1,3 км выше устья	01399	1020	56	07.05. 1959	01.01. 1988
4	руч. Останцовый – устье	01400	27,3	9,4	07.05. 1959	01.01. 1988
5	р. Бол. Кэпэрвеем – устье руч. Сохатиный	01409	1450	81	01.01. 1956	31.12. 1967
6	руч. Сохатиный – устье	01412	8,50	4,6	01.01. 1956	31.12. 1967
7	руч. Медвежий – устье руч. Звонкий	01415	21,8	8,2	08.05. 1959	31.12. 1979
8	руч. Звонкий – устье	01416	3,64	2,6	08.05. 1959	31.12. 1979
9	руч. Мухтуя – пос. Островное	01420	23,7	10	02.05. 1960	действует
10	р. Погынден – устье р. Инкуливеема	01421	12000	219	01.05. 1960	действует
11	р. Инкуливеем – в 2,0 км от устья	01425	242	41	01.05. 1960	действует
12	р. Паляваам – в 0,8 км ниже устья р. Кооквын	01433	6810	221	21.04. 1971	действует
13	р. Ниж. Роморыннэт (р. Кривая)	01434	29,0	12,0	01.05. 1972	01.01. 1996

Гидрологическая изученность

В гидрологическом отношении район изысканий плохо изучен, как по плотности сети постов, так и по продолжительности наблюдений. Имеются данные по стоку воды на 13 гидрологических постах с длиной ряда не менее 10 лет (табл. 1). Гидрографические и морфометрические характеристики этих постов опубликованы в [3].

При проведении исследования пропуски в наблюдениях методом гидрологической аналогии были восстановлены, где это было возможно.

Определение расчетных гидрологических характеристик

По рядам стока опорной гидрологической сети были рассчитаны параметры кривых обеспеченности годового стока. Модуль годового стока M связан со средним уклоном водосбора I (рис. 1)

$$\bar{M} = 1,98 \ln(I) - 3,97 \quad (\text{коэффициент детерминации } R^2 = 0,66). \quad (1)$$

Положительная связь (1) объясняется тем, что при больших уклонах время добегаания воды до замыкающего створа меньше, чем при малых, к тому же на крутых склонах меньше доля замкнутых бессточных понижений, что в итоге приводит к уменьшению потерь стока на испарение.

Коэффициент вариации годового стока связан со средней высотой водосбора H (рис. 2)

$$C_v = 3,126 \cdot 10^{-7} H^2 - 7,97 \cdot 10^{-4} + 0,64 \quad (R^2 = 0,86). \quad (2)$$

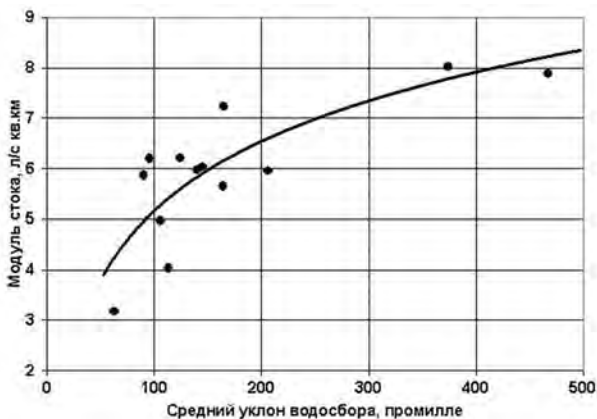


Рис. 1. Связь модуля годового стока со средним уклоном водосбора

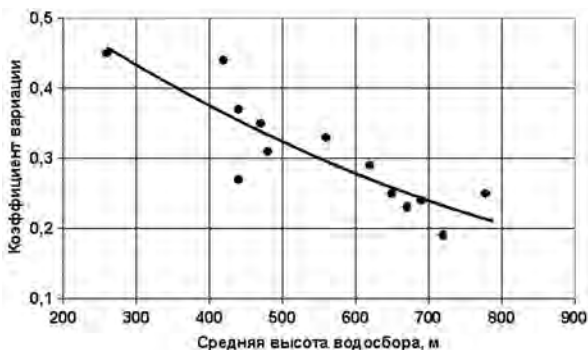


Рис. 2. Связь коэффициента вариации годового стока со средней высотой водосбора

Обратную связь коэффициента вариации со средней высотой водосбора можно объяснить тем, что в криолитозоне на верхних участках склонов долин сезонноталый слой (СТС) мощнее, чем на нижних [10, 17]. Поэтому на водосборах с большей высотой регулирующая роль СТС больше, а, значит, меньше изменчивость стока.

По топографической карте масштаба 1:50000 были определены гидрографические и морфометрические характеристики исследуемых водотоков и их водосборов (табл. 2). По полученным формулам (1), (2) была рассчитаны ординаты кривой обеспеченности средних годовых расходов воды (табл. 3).

По рядам опорной сети были рассчитаны минимальные 30-суточные расходы воды за летне-осенний период обеспеченностью 95% (табл. 4).

Таблица 2

Гидрографические и морфометрические характеристики исследуемых рек и их водосборов

Река	Площадь водосбора, км ²	Средняя высота водосбора, м БС	Средний уклон водосбора, ‰	Расстояние от истока, км	Уклон реки, ‰	
					средний	средневзвешенный
Правый Яракваам – Створ 1	22,5	1040	274	8,0	46,3	23,1
Двойная – Створ 2	19,9	1080	235	8,6	41,0	20,5
Двойная – Створ 3	7,33	1010	150	2,4	88,5	44,3

Таблица 3

Координаты кривых обеспеченности средних годовых расходов воды

Река – створ	Средний		Cv	Cs/Cv	Вероятность превышения, %					
	\bar{M}	\bar{Q}			1	5	25	75	95	99
Правый Яракваам – Створ 1	7,14	0,16	0,15	2*	0,22	0,20	0,18	0,14	0,12	0,11
Двойная – Створ 2	6,84	0,14	0,14	2*	0,19	0,17	0,15	0,13	0,11	0,099
Двойная – Створ 3	5,95	0,044	0,15	2*	0,061	0,055	0,048	0,039	0,034	0,030

Примечание: * – среднее по группе рек.

Таблица 4

Минимальный 30-суточный сток за летне-осенний период обеспеченностью 95% на опорной сети

№ пп	Река – пункт	Площадь водосбора, км ²	Минимальный 30-суточный сток за летне-осенний период обеспеченностью 95%	
			расход, м ³ /с	модуль, л/(с·км ²)
1	р. Малый Анюй – с. Илirней	8180	24,4	2,98
2	р. Малый Анюй – с. Островное	30 000	58,0	1,93
3	р. Нугесын – 1,3 км выше устья	1020	1,17	1,15
4	руч. Останцовый – устье	27,3	0,018	0,68
5	р. Бол. Кэпэрвеем – устье руч. Сохатиный	1450	0,89	0,61
6	руч. Сохатиный – устье	21,8	0,070	3,22
7	руч. Медвежий – устье руч. Звонкий	3,64	0,008	2,28
8	руч. Звонкий – устье	23,7	0,031	1,31
9	руч. Мухтуя – пос. Островное	12 000	15,1	1,26
10	р. Погынден – устье р. Инкуливеема	242	0,051	0,21
11	р. Инкуливеем – в 2,0 км от устья	6810	37,6	5,52
12	р. Паляваам – в 0,8 км ниже устья р. Кооквын	29,0	0,024	0,83
13	р. Ниж. Роморыннэт (р. Кривая)	103	0,046	0,45

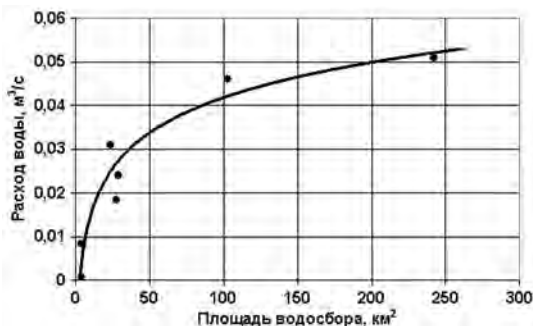


Рис. 3. Связь минимальных 30-суточных расходов воды обеспеченностью 95% с площадью водосбора

Не удалось установить приемлемых связей минимального 30-суточного стока за летне-осенний период обеспеченностью 95% со средней высотой водосбора, уклонами реки и водосбора. Однако для малых рек имеется пригодная связь этой характеристики с площадью водосбора A (рис. 3)

$$Q_{95} = 0,0117 \ln(A) - 0,012 \quad R^2 = 0,89. \quad (3)$$

С использованием формулы (3) были рассчитаны минимальные 30-суточные расходы воды за летне-осенний период обеспеченностью 95% (табл. 5).

Согласно рекомендациям [12] для определения максимальных расходов воды весеннего половодья на неизученных реках используется редуцированная формула

$$Q_{P\%} = (K_0 H_{P\%} \mu_{P\%} A \delta \delta_1 \delta_2 \delta_3) / (A + 1)^n, \quad (4)$$

где K_0 – коэффициент дружности весеннего половодья; $H_{P\%}$ – расчетный слой стока за половодья обеспеченностью $P\%$, мм; $\mu_{P\%}$ – коэффициент, учитывающий неравенство статистических параметров кривых распределения слоев стока и максимальных расходов воды; A – площадь водосбора, км²; $\delta, \delta_1, \delta_2, \delta_3$ – коэффициенты, учитывающие влияние прудов, водохранилищ

Таблица 5

Минимальный 30-суточный расход воды за летне-осенний период обеспеченностью 95%

Река – створ	Расход воды, м ³ /с
Правый Яракваам – Створ 1	0,024
Двойная – Створ 2	0,023
Двойная – Створ 3	0,011

и проточных озер (δ), залесенности (δ_1), заболоченности (δ_2), распахки δ_3 (для исследуемой территории коэффициенты равны 1); n – показатель степени редукции.

По опорной гидрологической сети были рассчитаны слои стока весеннего половодья обеспеченностью 1 и 3% (табл. 6). В связи с тем, что в период весеннего половодья проходит 40–50% суммарного стока за год, слои стока хорошо связаны с нормой модуля годового стока \bar{M} (рис. 4)

$$H_{1\%} = 57,4\bar{M}^{0,67} (R^2 = 0,63), \quad (5)$$

$$H_{3\%} = 55,0\bar{M}^{0,62} (R^2 = 0,61). \quad (6)$$

Определив по уравнениям (5), (6) слои стока, по формуле (4) были вычислены максимальные расходы воды весеннего половодья обеспеченностью 1 и 3% (табл. 7).

Далее по поперечным профилям, полученным путем нивелирования и измерения глубин, с использованием формулы Шези были построены кривые связи расходов и уровней воды. Коэффициенты шероховатости определялись по таблице, приведенной в [12]. С этих кривых были сняты уровни воды, соответствующие расчетным максимальным расходам воды весеннего половодья обеспеченностью 1 и 3%.

Таблица 6

Слой стока весеннего половодья (мм) обеспеченностью 1 и 3%

Река – створ	Обеспеченность, %	
	1	3
р. Малый Анюй – с. Илирней	264	233
р. Малый Анюй – с. Островное	197	179
р. Нутесын – 1,3 км выше устья	143	130
руч. Останцовый – устье	138	126
р. Бол.Кэпэрвеем – устье руч. Сохатиный	191	175
руч. Сохатиный – устье	204	179
руч. Медвежий – устье руч. Звонкий	183	162
руч. Звонкий – устье	177	156
руч. Мухтуя – пос. Островное	210	177
р. Погынден – устье р. Инкуливеема	193	161
р. Инкуливеем – в 2,0км от устья	191	161
р. Паляваам – в 0,8км ниже устья р. Кооквын	201	159
р. Ниж.Роморыннэт (р. Кривая)	232	202

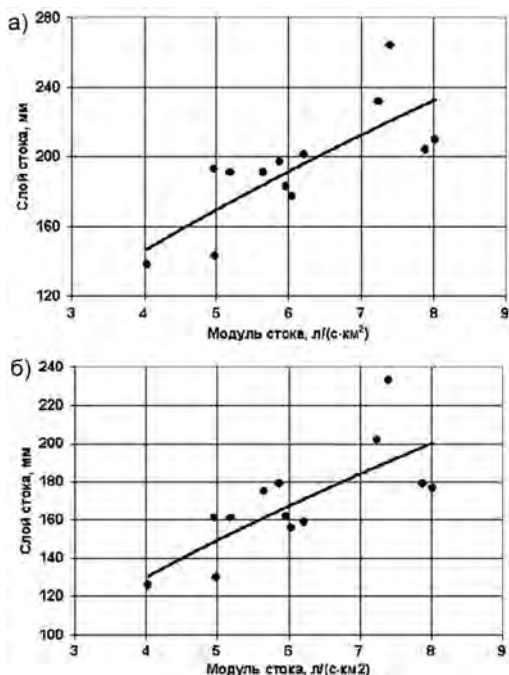


Рис. 4. Связь слоя стока весеннего половодья обеспеченностью 1% (а) и 3% (б) с нормой модуля годового стока

Таблица 7

Максимальные расходы воды весеннего половодья обеспеченностью 1 и 3%

Обеспеченность, %	Расход воды, м ³ /с		
	Правый Яракваам – Створ 1	Двойная – Створ 2	Двойная – Створ 3
1	12,6	9,56	3,68
3	10,6	9,28	3,57

Заключение

В результате работы для неизученных рек бассейнов р. Мало-го Анюя и Чаунской губы Восточно-Сибирского моря получены региональные зависимости для определения нормы и коэффициента вариации годового стока, минимального 30-суточного расхода воды за летне-осенний период обеспеченностью 95%, слоев стока за период весеннего половодья вероятностью превышения 1 и 3%.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Гарцман И. Н., Рябчикова Т. К.* О распределении средних многолетних годовых осадков и стока по территории Верхней Колымы и северного побережья Охотского моря / Труды ДВНИГМИ. — Л.: Гидрометеоиздат, 1972. — 240 с.
2. *Глотов В. Е., Глотова Л. П.* Особенности питания рек подземными водами на арктическом склоне Чукотки // Вестник СВНЦ ДВО РАН. — 2010. — № 1. — С. 89–99.
3. *Государственный водный кадастр.* Основные гидрологические характеристики. Т. 19. — Л.: Гидрометеоиздат, 1978. — 227 с.
4. *Калабин А. И.* Вечная мерзлота и гидрогеология Северо-Востока СССР / Труды ВНИИ-1. Т. 18. — Магадан, 1960. — 469 с.
5. *Левин А. Г.* Максимальный сток дождевых паводков бассейна р. Колымы. — Магадан: ФГУ МТФГИ, 1946. — 65 с.
6. *Левин А. Г.* Некоторые особенности условий формирования стока на Крайнем Северо-Востоке СССР / Тезисы докладов III Всесоюзного гидрологического съезда. Секция расчетов и прогнозов стока. — Л.: Гидрометеоиздат, 1957. — С. 32–55.
7. *Лобанов С. А., Ушаков М. В.* Ресурсы речных вод Магаданской области и их многолетняя изменчивость // География и природные ресурсы. — 2008. — № 3. — С. 86–89.
8. *Многолетние данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши.* Т. I, вып. 17. — Л.: Гидрометеоиздат, 1985. — 429 с.
9. *Ресурсы поверхностных вод СССР.* Т. 19. Северо-Восток. — Л.: Гидрометеоиздат, 1969. — 282 с.
10. *Романовский Н. Н.* Подземные воды криолитозоны. — М.: Изд-во МГУ, 1983. — 231 с.
11. *Север Дальнего Востока* / Под ред. Н.А. Шило. — М.: Наука, 1970. — 487 с.
12. *СП 33-101-2003.* Определение основных расчетных гидрологических характеристик. — М.: Госстрой России, 2004. — 74 с.
13. *Ушаков М. В.* Расчет минимальных 30-суточных расходов воды малых рек Магаданской области за летне-осенний период // Вестник СВНЦ ДВО РАН. — 2013. — № 3. — С. 45–47.
14. *Baisheng Ye, Daqing Yang, Zhongliang Zhang, Douglas L. Kane.* Variation of hydrological regime with permafrost coverage over Lena Basin in Siberia // Journal of geophysical research. 2009. Vol. 114, D07102, DOI:10.1029/2008JD010537, 2009. PP. 45–56.
15. *Burenina T., Onuchin A., Guggenberger G., Musokhranova A., Prisov D.* Dynamics of Hydrological Regime in Permafrost Zone of Central Siberia // International Proceedings of Chemical, Biological and Environmental Engineering. 2015. Vol. 90. PP. 132–139.
16. *Clarke E. S.* Permafrost Foundations: State of the Practice. American Society of Civil Engineers, 2007. 94 p.
17. *Troch P. A.* Estimation of permafrost thawing rates in a sub-Arctic catchment using recession flow analysis // Hydrology and Earth System Sciences. 2009. No 13. PP. 595–604. **ГИАБ**

КОРОТКО ОБ АВТОРЕ

Ушаков Михаил Вилорьевич – кандидат географических наук, старший научный сотрудник, Северо-Восточный комплексный научно-исследовательский институт им. Н.А. Шило Дальневосточного отделения РАН, e-mail: mvilorich@narod.ru.

Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'. 2016. No. 10, pp. 312–323.

UDC 556.5

M.V. Ushakov

DETERMINING THE HYDROLOGICAL CALCULATED CHARACTERISTICS NEAR THE GOLD SILVER MINE DVOINOE

In 2011, 2012 for the design and construction of infrastructure at the gold and silver mine Dvoinoe (Russia, Chukotka autonomous district) was conducted engineering hydrometeorological researches.

In this paper aim was to get a regional formulas to determine the calculated hydrological characteristics: annual flow of varying probability of exceeding, the minimum 30-day water flow of the summer-autumn period of probability of exceeding 95% and maximum water flow spring flood of probability of exceeding 1%, 3% and the corresponding water levels.

The prospecting area hydrologically poorly understood. There are data of runoff on the 13 hydrological stations with long series of at least 10 years.

Module annual runoff \bar{M} associated with an average slope of river basin I

$$\bar{M} = 1,98 \ln(I) - 3,97 \quad (\text{the coefficient of determination } R^2 = 0,66). \quad (1)$$

Positive relationship (1) due to the fact that for large slopes the movement of water before closing section line is less than for the small slopes, also on steep slopes less than the proportion of closed drainage depressions, which ultimately leads to a reduction in flow losses through evaporation.

The coefficient of variation of annual runoff is associated with an average altitude of catchment H

$$C_v = 3,126 \cdot 10^{-7} H^2 - 7,97 \cdot 10^{-4} + 0,64 \quad (R^2 = 0,86). \quad (2)$$

The feedback coefficient of variation with an average height of a watershed can be explained as follows. In permafrost areas on the upper slopes of the valley seasonally thawing layer (STL) is more powerful than the lower. Therefore in watersheds with high altitude regulating role of the STL more and thus less flow variability.

Unable to establish appropriate relations 30-day minimum flow for the summer-autumn period of probability of exceeding 95% of the morphometric characteristics. However, there is a small rivers suitable relationship of the specifications with a catchment area A

$$Q_{95} = 0,0117 \ln(A) - 0,012 \quad R^2 = 0,89. \quad (3)$$

On basis of hydrological networks were designed layers of spring flood runoff of probability of exceeding 1 and 3%. Due to the fact that during the spring flood takes 40–50% of the total runoff for the year, the layers flow well connected with the norm of annual runoff module \bar{M}

$$H_{1\%} = 57,4 \bar{M}^{0,67} \quad (R^2 = 0,63), \quad (5)$$

$$H_{3\%} = 55,0 \bar{M}^{0,62} \quad (R^2 = 0,61). \quad (6)$$

As a result of work to unexplored basins of rivers Malyy Anyuy River and Chaun Bay of East Siberian Sea, the received the region formulas for determining the norm and the coefficient of variation of annual runoff, minimum 30-day of water flow for the summer-autumn period

probability of exceeding 95%, the layers of runoff during the spring flood probability exceeding 1 and 3%.

Key words: hydrometeorological researches, the annual flow, water discharge, a layer of spring flood runoff.

AUTHOR

Ushakov M.V., Candidate of Geographical Sciences, Senior Researcher, North-East Interdisciplinary Scientific Research Institute n.a. N. A. Shilo, Far East Branch, Russian Academy of Sciences, 685000, Magadan, Russia, e-mail: mvilorich@narod.ru.

REFERENCES

1. Gartsman I. N., Ryabchikova T. K. *Trudy DVNIGMI* (Proceedings of DVNIGMI), Leningrad, Gidrometeoizdat, 1972, 240 p.
2. Glotov V. E., Glotova L. P. *Vestnik Severo-Vostochnogo nauchnogo tsentra DVO RAN*. 2010, no 1, pp. 89–99.
3. *Gosudarstvennyy vodnyy kadastr. Osnovnye gidrologicheskie kharakteristiki*. T. 19 (State water cadastre. The main hydrological characteristics, vol. 19), Leningrad, Gidrometeoizdat, 1978, 227 p.
4. Kalabin A. I. *Vechnaya merzlota i gidrogeologiya Severo-Vostoka SSSR*. Trudy VNII-1 T. 18 (Permafrost and hydrogeology of the North-East of the USSR. Proceedings of VNII-1, vol. 18), Magadan, 1960, 469 p.
5. Levin A. G. *Maksimal'nyy stok dozhdnykh pavadkov basseyna r. Kolymy* (Maximum runoff rain floods of the Kolyma River basin), Magadan, FGU MTFGI, 1946, 65 p.
6. Levin A. G. *Tezisy dokladov III Vsesoyuznogo gidrologicheskogo s"ezda. Sektsiya raschetov i prognozov stoka* (Theses of reports III all-Union hydrological Congress. Section calculations and forecasts of runoff), Leningrad, Gidrometeoizdat, 1957, pp. 32–55.
7. Lobanov S. A., Ushakov M. V. *Geografiya i prirodnye resursy*. 2008, no 3, pp. 86–89.
8. *Mnogoletnie dannye o rezhime i resursakh poverkhnostnykh vod sushi*. T. I, vyp. 17 (Long-term data on the regime and resources of surface waters, vol. I, issue 17), Leningrad, Gidrometeoizdat, 1985, 429 p.
9. *Resursy poverkhnostnykh vod SSSR*. T. 19. Severo-Vostok (Surface water resources of the USSR. Vol. 19. NorthEast), Leningrad, Gidrometeoizdat, 1969, 282 p.
10. Romanovskiy N. N. *Podzemnye vody kriolitozony* (Groundwater of the Cryolithozone), Moscow, Izd-vo MGU, 1983, 231 p.
11. *Sever Dal'nego Vostoka*. Pod red. N. A. Shilo (North of the Far East. Shilo N. A. (Ed.)), Moscow, Nauka, 1970, 487 p.
12. *Opredelenie osnovnykh raschetnykh gidrologicheskikh kharakteristik. SP 33-101-2003* (Determination of basic calculation of hydrological characteristics. SP 33-101-2003), Moscow, Gosstroy Rossii, 2004, 74 p.
13. Ushakov M. V. *Vestnik Severo-Vostochnogo nauchnogo tsentra DVO RAN*. 2013, no 3, pp. 45–47.
14. Baisheng Ye, Daqing Yang, Zhongliang Zhang, Douglas L. Kane. Variation of hydrological regime with permafrost coverage over Lena Basin in Siberia. *Journal of geophysical research*. 2009. Vol. 114, D07102, DOI:10.1029/2008JD010537, 2009, pp. 45–56.
15. Burenina T., Onuchin A., Guggenberger G., Musokhranova A., Prisov D. Dynamics of Hydrological Regime in Permafrost Zone of Central Siberia. *International Proceedings of Chemical, Biological and Environmental Engineering*. 2015. Vol. 90., pp. 132–139.
16. Clarke E. S. *Permafrost Foundations: State of the Practice*. American Society of Civil Engineers, 2007. 94 p.
17. Troch P. A. Estimation of permafrost thawing rates in a sub-Arctic catchment using recession flow analysis. *Hydrology and Earth System Sciences*. 2009, no 13, pp. 595–604.