

УДК 556.06

ДОЛГОСРОЧНЫЙ ПРОГНОЗ НАИВЫСШИХ УРОВНЕЙ ВЕСЕННЕГО ПОЛОВОДЬЯ НА НЕИЗУЧЕННОМ УЧАСТКЕ РЕКИ СЕЙМЧАН

Ушаков М. В.

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Северо-Восточный комплексный научно-исследовательский институт им. Н.А. Шило» Дальневосточного отделения Российской академии наук, Магадан, Российская Федерация

E-mail: mvilorich@narod.ru

Для безопасного пропуска весеннего половодья и рационального использования водных ресурсов необходимы долгосрочные гидрологические прогнозы. В условиях дефицита гидрологической информации удалось получить приемлемую методику прогноза наивысших уровней весеннего половодья на неизученном участке реки Сеймчан. Предикторами послужили максимальные снегозапасы, температурные условия в речном бассейне. Для перехода от изученного створа реки к неизученному был получен график редукции модуля максимального расхода воды по площади водосбора. Это позволило с использованием поперечного профиля пересчитать прогнозные расходы воды в уровни.

Ключевые слова: предикторы, слой стока, расход воды, гидрологические прогнозы

ВВЕДЕНИЕ

В условиях возрождения экономики Дальнего Востока России повышается значимость долгосрочных гидрологических прогнозов, как для отраслей экономики, так для населения.

Целью данной работы является разработка методики долгосрочного прогноза наивысших уровней весеннего половодья на р. Сеймчан – п. Сеймчан (площадь водосбора 3600 км²). В данном створе гидрологических наблюдений не производилось. Однако, в 57 км выше по течению в период 1940-1977 гг. велись наблюдения за стоком в створе р. Сеймчан – в 2,1 км выше устья руч. Чапаева (площадь водосбора 2920 км²). Данные этих наблюдений и были использованы для разработки методики прогноза.

Река Сеймчан является левым притоком р. Колымы, впадающей в Восточно-Сибирское море. Климат здесь резко континентален и суров [1], повсеместно залегает многолетняя мерзлота [2, 3]. Объем весеннего половодья и максимального расхода воды определяются главным образом количеством снега к началу половодья и интенсивностью снеготаяния.

В период половодья проходит в среднем 30–40 % суммарного стока за год [4]. Максимум половодья наблюдается в середине мая – середине июня. Гидрографы половодья характеризуются зачастую пилообразной, формой. В годы с поздним развитием процессов снеготаяния форма гидрографа характеризуется крутым подъемом и более сглаженным спадом. Волна половодья нередко сливается с последующими дождевыми паводками.

Следует заметить, что в гидрологическом отношении район исследований

недостаточно изучен, а в 90-х годах прошлого столетия наблюдательная сеть еще существенно сократилась [5].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

При выполнении работы использовались данные гидрометеорологических наблюдений в бассейне р. Колымы. Обработка данных производилась с применением методов математической статистики с соблюдением требований [6].

На р. Сеймчан в период 1940–1977 гг. велись наблюдения за стоком в 2,1 км выше устья руч. Чапаева (табл. 1).

Таблица 1

Сведения о створах р. Сеймчан

| Река – створ | Расстояние от устья, км | Площадь водосбора, км ² | Период наблюдений за стоком |
|-----------------------------------------------|-------------------------|------------------------------------|-----------------------------|
| р. Сеймчан – в 2,1 км выше устья руч. Чапаева | 61 | 2920 | 1940–1977 гг. |
| р. Сеймчан – п. Сеймчан | 4,2 | 3600 | Нет |

Статистические характеристики максимальных расходов воды весеннего половодья в створе р. Сеймчан – в 2,1 км выше устья руч. Чапаева приведены в табл. 2.

Таблица 2

Статистические характеристики максимальных расходов воды весеннего половодья в створе р. Сеймчан – в 2,1 км выше устья руч. Чапаева

| Среднее, м ³ /с | Коэффициент вариации | Отношение коэффициента асимметрии к коэффициенту вариации |
|----------------------------|----------------------|-----------------------------------------------------------|
| 447 | 0,31 | 2 |

Вначале ставится задача получения уравнения регрессии для прогноза максимальных расходов воды весеннего половодья в изученном створе. Потом необходимо расход воды, полученный по прогностическому уравнению, привести к створу р. Сеймчан – п. Сеймчан. Для этого был построен график редукции модуля максимального расхода воды q_{\max} (л/с·км²) по площади водосбора A (км²) для рек левобережного склона р. Колымы (рис. 1), который имеет следующее аналитическое выражение

$$q_{\max} = 135 - 0,0061A, \quad \text{коэффициент корреляции } r = 0,73. \quad (1)$$

ДОЛГОСРОЧНЫЙ ПРОГНОЗ НАИВЫСШИХ УРОВНЕЙ ВЕСЕННЕГО
ПОЛОВОДЬЯ НА НЕИЗУЧЕННОМ УЧАСТКЕ....

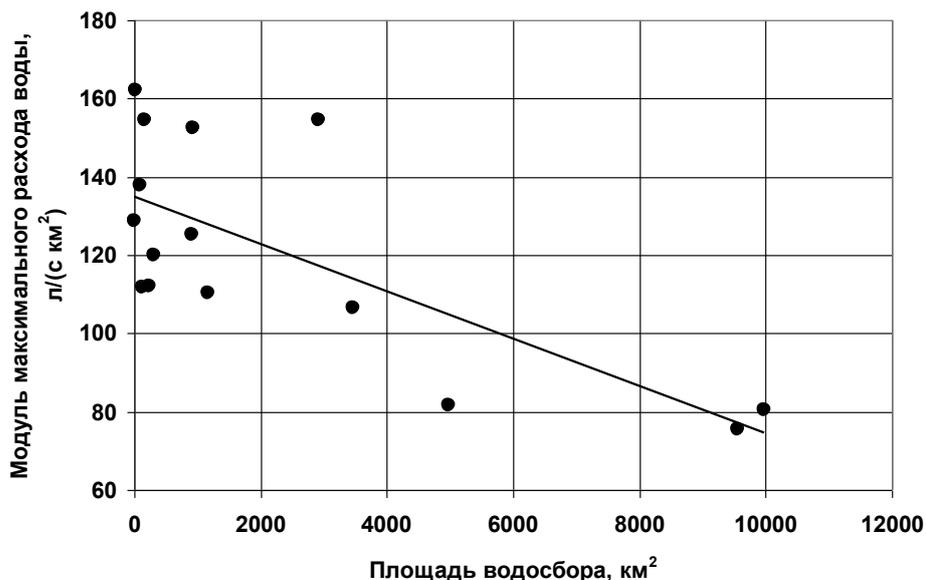


Рис. 1. Редукция среднемноголетнего модуля максимального расхода воды весеннего половодья на реках левобережного склона р. Колымы.

По этой связи видно, что для данного района при увеличении площади водосбора на каждые 100 м² модуль максимального расхода воды уменьшается на 0,6 л/с·км², то есть для створа у п. Сеймчан этот модуль будет на 6,8 л/с·км² меньше, чем в изученном створе. Площади водосборов между расчетными створами р. Сеймчан различаются не значительно – на 19 %, (см. табл. 1). Следовательно, вполне можно принять гипотезу, что законы распределения модуля максимальных расходов воды в этих створах одинаковы. Они различаются только по среднему. Пересчитав модули в расходы, получаем кривые обеспеченности максимальных расходов весеннего половодья (рис. 2).

Спрогнозировав максимальный расход весеннего половодья по изученному створу, по кривой обеспеченности (см. рис. 2) определяем его вероятность превышения. А уже по этой вероятности определяем максимум половодья в створе п. Сеймчан.

Затем для этого створа необходимо по формуле Шези [7] рассчитать кривую связи расходов и уровней воды $Q=f(H)$. Наконец, по приведенному максимальному расходу воды и кривой $Q=f(H)$ можно уже определить наивысший уровень половодья в створе р. Сеймчан – п. Сеймчан.

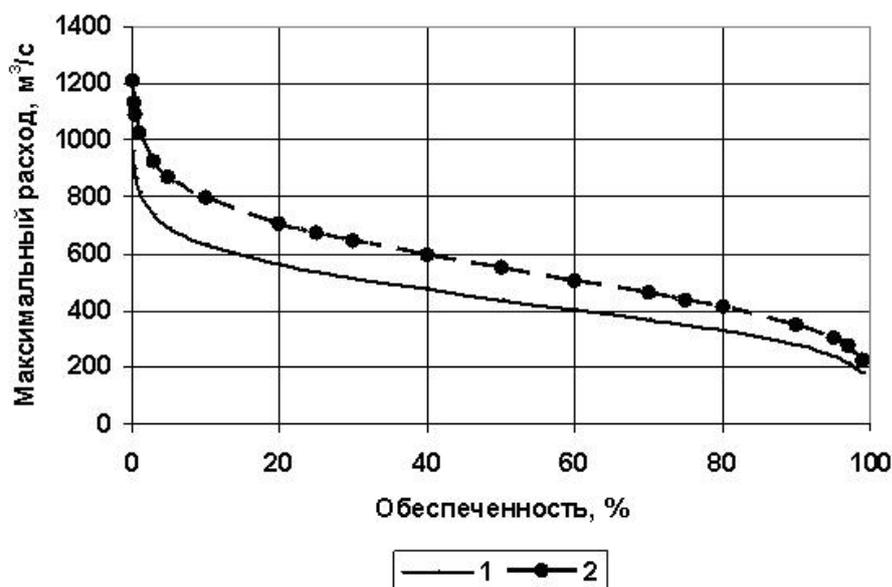


Рис. 2. Кривые обеспеченности максимальных расходов воды весеннего половодья в створах р. Сеймчан – в 2,1 км выше устья руч. Чапаева (1) и р. Сеймчан – п. Сеймчан (2).

МЕТОДИКА ПРОГНОЗА И ЕЕ ВЕРИФИКАЦИЯ

Для основного прогноза максимальных расходов воды весеннего половодья в створе р. Сеймчан – в 2,1 км выше устья руч. Чапаева получено следующее уравнение

$$Q_{\max} = 2,18S - 10,8T - 194, \text{ общий коэффициент корреляции } R = 0,70 \quad (2)$$

где S – показатель максимальных запасов воды в снежном покрове, вычисляемый по формуле $0,7S_{УС} + 0,3S_{Эл}$ ($S_{УС}$, $S_{Эл}$ – максимальные снегозапасы на метеостанциях Усть-Среднекан, Эльген, мм); T – средняя температура воздуха в марте на станции Сеймчан; R – общий коэффициент корреляции.

Длина обучающей выборки – 24 года (1946–1969 гг.). Оправдываемость проверочных прогнозов на независимом материале составила 75 % (табл. 3).

ДОЛГОСРОЧНЫЙ ПРОГНОЗ НАИВЫСШИХ УРОВНЕЙ ВЕСЕННЕГО
ПОЛОВОДЬЯ НА НЕИЗУЧЕННОМ УЧАСТКЕ....

Таблица 3

Проверочные прогнозы по уравнению (2) (допустимая ошибка 100 м³/с)

| Годы | Максимальный расход воды, м ³ /с | | Оправдываемость прогноза (1 – прогноз оправдался, 0 – прогноз не оправдался) |
|------|------------------------------------------------|------|------------------------------------------------------------------------------------|
| | прогноз | факт | |
| 1970 | 432 | 423 | 1 |
| 1971 | 437 | 312 | 0 |
| 1972 | 336 | 313 | 1 |
| 1973 | 412 | 366 | 1 |
| 1974 | 490 | 325 | 0 |
| 1975 | 306 | 340 | 1 |
| 1976 | 398 | 327 | 1 |
| 1977 | 445 | 441 | 1 |

Оправдываемость: 75,0 %, отношение среднеквадратичной ошибки прогноза к стандартному отклонению прогнозируемого ряда 0,62.

Для уточнения прогноза можно использовать даты устойчивого перехода температуры воздуха через 0°С весной по станции Сеймчан (*D*), причем дата представлена как порядковый номер дня в мае (например, 9-му мая соответствует число 9, а 29-му апреля – число –1). Получено следующее уравнение

$$Q_{\text{max}} = 2,37S - 6,24T + 9,30D - 164, \quad R = 0,84 \quad (3)$$

Результаты испытаний приведены в табл. 4. Оправдываемость проверочных прогнозов составила 87,5 %.

Таблица 4

Проверочные прогнозы по уравнению (3) (допустимая ошибка 100 м³/с)

| Годы | Максимальный расход воды, м ³ /с | | Оправдываемость прогноза (1 – прогноз оправдался, 0 – прогноз не оправдался) |
|------|------------------------------------------------|------|------------------------------------------------------------------------------------|
| | прогноз | факт | |
| 1970 | 347 | 423 | 1 |
| 1971 | 315 | 312 | 1 |
| 1972 | 267 | 313 | 1 |
| 1973 | 266 | 366 | 1 |
| 1974 | 461 | 325 | 0 |
| 1975 | 312 | 340 | 1 |
| 1976 | 413 | 327 | 1 |
| 1977 | 368 | 441 | 1 |

Оправдываемость: 87,5 %, отношение среднеквадратичной ошибки прогноза к стандартному отклонению прогнозируемого ряда 0,61.

По данным о поперечном профиле русла в створе р. Сеймчан – п. Сеймчан по формуле Шези рассчитаны координаты кривой связи расходов и уровней воды $Q=f(H)$ (рис. 3). При помощи этой кривой уже можно прогностический расход воды пересчитать в уровень воды.

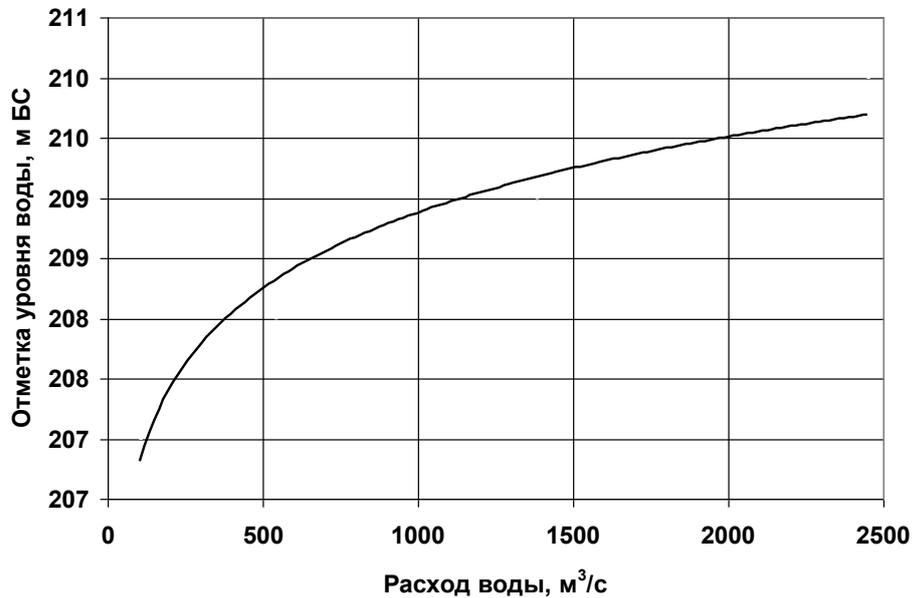


Рис. 3. Кривая расходов воды р. Сеймчан у п. Сеймчан.

ВЫВОДЫ

В результате выполненной работы была получена удовлетворительная методика долгосрочного прогноза наивысших уровней весеннего половодья на р. Сеймчан – п. Сеймчан и его уточнение. Проверка на независимом материале показала, что оправдываемость основного прогноза, выпускаемого 15 апреля, составляет 75,0 %, а его уточнение, выпускаемого после даты устойчивого перехода температуры воздуха через 0°С на станции Сеймчан, – 87,5 %. Согласно [8] данная методика прогноза является хорошей.

Список литературы

1. Север Дальнего Востока / под ред. Н. А. Шило. Москва : Наука, 1970. 487 с.
2. Калабин, А. И. Вечная мерзлота и гидрогеология Северо-Востока СССР // Труды ВНИИ-1. Том 18. Магадан : Изд-во Магаданского научно-исследовательского института золота и редких металлов (ВНИИ-1), 1960. 469 с.
3. Геокриология СССР. Восточная Сибирь и Дальний Восток / ред. Э. Д. Ершов. Москва : Недра, 1989. 516 с.
4. Ресурсы поверхностных вод СССР. Том 19. Северо-Восток. Ленинград : Гидрометеиздат, 1969. 282 с.

ДОЛГОСРОЧНЫЙ ПРОГНОЗ НАИВЫСШИХ УРОВНЕЙ ВЕСЕННЕГО ПОЛОВОДЬЯ НА НЕИЗУЧЕННОМ УЧАСТКЕ....

5. Ушаков, М. В. О сокращении стационарной гидрологической сети на Северо-Востоке России / Экологические проблемы северных регионов и пути их решения: Тезисы докладов VII Всероссийской научной конференции с международным участием, посвященной 75-летию со дня рождения доктора биологических наук, профессора В. В. Никонова (Апатиты, 16-22 июня 2019 г.). С. 172–173.
6. Свод правил 33-101-2003. Определение основных расчетных гидрологических характеристик. Москва : Госстрой России, 2004. 74 с.
7. Лучшева, А. А. Практическая гидрометрия. Ленинград : Гидрометеиздат, 1983. 423 с.
8. Наставление по службе прогнозов. Разд. 3. Ч. I. Служба гидрологических прогнозов. Прогнозы режима вод суши. Ленинград : Гидрометеиздат, 1962. 193 с.

LONG-TERM FORECAST OF THE HIGHEST SPRING WATER LEVELS IN THE UNSTEADED LOCALITY SAYMCHAN RIVER

Ushakov M. V.

*North-East Interdisciplinary Scientific Research Institute n.a. N. A. Shilo, Far East Branch, Russian Academy of Sciences
E-mail: mvilorich@narod.ru*

Long-term hydrological forecasts are needed to safely prevent spring floods and manage water resources. Objective: to obtain a method for predicting the highest levels of spring flood in an uncharted section of the Seymchan River. 57 km upstream in the period 1940-1977 observations were made of runoff in the river section. Seymchan - 2.1 km above the mouth of the brook. Chapayeva.

The data from these observations were used to develop a forecast technique. During the flood period, an average of 30–40% of the total runoff per year passes. Maximum snow reserves and temperature conditions in the river basin served as predictors. The validity of the test forecasts for the studied alignment was 75%. To move from the investigated section of the river to the unknown, a formula was obtained to reduce the modulus of maximum water flow over the catchment area for rivers on the left bank of the river. Kolyma. Using this formula, it was established that for the alignment near Seymchan, this module will be $6.8 \text{ l} / \text{s} \cdot \text{km}^2$ less than in the studied alignment. The catchment area between the calculated sections of the river. Seymchan people do not differ significantly - by 19%.

Consequently, the laws of distribution of the modulus of maximum water discharge in these sections are the same. They differ only in average. Having recounted the modules into expenses, the curves of the maximum spring flood expenses for both sections were obtained. Having predicted the maximum flow rate of spring flood at the studied site, we determine its probability of exceeding from the security curve. And already by this probability we determine the maximum flood in the alignment of Seymchan. For the studied alignment, the curve of the relationship between the flow rates and water levels was calculated using the Shezy formula. Finally, the maximum water flow and the flow curve show the highest level of flood in the Seymchan Rivers section near the Seymchan village.

To clarify the forecast, you can use the dates of a steady transition of air temperature through 0 ° C in the spring at the Seymchan station, the accuracy of the refinement is 87.5%. According to the norms of the Russian Hydrometeorological Service, the proposed methodology is satisfactory.

Keywords: predictors, runoff layer, water flow, hydrological forecasts

References

1. Sever Dal'nego Vostoka (North of the Far East). Ed. N.A. Shilo. Moscow: Nauka (Publ.), 1970, 487 p. (in Russian).
2. Kalabin A.I. Vechnaja merzlota i gidrogeologija Severo-Vostoka SSSR (Permafrost and hydrogeology of the North-East of the USSR) // Proceedings of VNII-1. Vol. 18. Magadan: Publishing House of the Magadan Research Institute of Gold and Rare Metals (VNII-1), 1960. 469 p. (in Russian).
3. Geokriologija SSSR. Vostochnaja Sibir' i Dal'nij Vostok (Geocryology of the USSR. Eastern Siberia and the Far East). Ed. Je.D. Ershov. Moscow: Nedra (Publ.), 1989. 516 p. (in Russian).
4. Resursy poverhnostnyh vod SSSR. Tom 19. Severo-Vostok (Resources of surface waters of the USSR. Vol. 19. Northeast). Leningrad: Gidrometeoizdat (Publ.), 1969. 282 p. (in Russian).
5. Ushakov M.V. On the reduction of the stationary hydrological network in the North-East of Russia, in *Jekologicheskie problemy severnyh regionov i puti ih reshenija* (Environmental problems of the northern regions and ways to solve them). VII All-Russian Conf. For professor V. V. Nikonov 75 anniversary. Apatity, 2019, pp. 172-173.
6. Svod pravil 33-101-2003. Opredelenie osnovnyh raschetnyh gidrologicheskikh karakteristik (Code of Practice 33-101-2003. Determination of the main calculated hydrological characteristic). – Moscow: Gosstroj Rossii, 2004. 74 p. (in Russian).
7. Luchsheva A.A. Prakticheskaja gidrometrija (Practical hydrometry). Leningrad: Gidrometeoizdat (Publ.), 1983. 423 p. (in Russian).
8. Nastavlenie po sluzhbe prognozov. Razd. 3. Ch. I. Sluzhba gidrologicheskikh prognozov. Prognozy rezhima vod sushi (Manual on the forecast service. Section 3. Part I. Hydrological Forecasting Service. Predictions of the regime of land waters). Leningrad: Gidrometeoizdat (Publ.), 1962. 193 p. p. (in Russian).

Поступила в редакцию 06.03.2020 г.