

летний период, что сдерживает развитие некоторых отраслей экономики. В результате строительства канала «Иртыш – Омь» будет решена задача с водоснабжением некоторых районов Омской области, и тем самым произойдет гарантированное обеспечение всех водопользователей и водопотребителей водными ресурсами в требуемом количестве и заданного качества.

В результате ввода в эксплуатацию магистрального канала увеличатся расходы воды, повысится подача воды из Оми для нужд водопотребителей и водопользователей, увеличится водообеспеченность в районах Омской области. Кроме этого, канал будет способствовать улучшению санитарного состояния Оми по основным показателям в среднем на 10 % в результате разбавления водами Иртыша.

Калачинским водохранилищем будет зарегулирован сток Оми и воды, подаваемой магистральным каналом из Иртыша. Вследствие этого произойдет улучшение условий работы существующих и проектируемых водозаборов промышленного и коммунального водоснабжения. Качество воды в Оми также улучшится в результате осуществления санитарных попусков из Калачинского водохранилища.

Завершение строительства магистрального канала «Иртыш – Омь» на сегодняшний день необходимо, так как это позволит уменьшить отрицательное воздействие подпора, создаваемого плотиной Красногорского

гидроузла, и не допустить возможности ухудшения качественных характеристик воды реки Оми.

1. Гидрологические ежегодники. Бассейн Карского моря (западная часть). Река Обь и ее бассейн до устья реки Чарыша / Под ред. Ж. С. Поповой. – Т. 6. – Вып. 0-3. – Новосибирск, 1968. – 116 с.

2. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества: СанПинН 2.1.4.1074-01. – М.: Издательство стандартов, 2002. – 103 с.

3. Информационный бюллетень о состоянии поверхностных водных объектов, водохозяйственных систем и сооружений на территории Омской области за 2009 год. – Омск: Отдел водных ресурсов по Омской области Нижне-Обского бассейнового водного управления, 2010. – 210 с.

4. Строительство гидроузла для регулирования стока реки Иртыш на территории Омской области: отчет ОАО «Мособлгидропроект». – М.: Мособлгидропроект, 2009.

Материал поступил в редакцию 20.04.12.

Гиль Ольга Александровна, ассистент кафедры «Комплексное использование и охрана водных ресурсов»

Тел. 8 (3812) 65-22-77

Паздникова Анна Сергеевна, аспирантка

УДК 502/504:551.5 : 627.8 (470.53)

Г. А. ВАГАНОВ

Федеральное государственное бюджетное учреждение высшего профессионального образования «Омский государственный аграрный университет имени П. А. Столыпина»

АНАЛИЗ И ОЦЕНКА ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК КАМСКОГО КАСКАДА ВОДОХРАНИЛИЩ

Рассматриваются условия формирования годового стока маловодных лет в бассейне реки Камы. Дана оценка изменению гидрологических характеристик бассейна реки Камы при современном климате с целью анализа гидрологической информации для определения рациональных режимов работы и охраны водных ресурсов Камского каскада водохранилищ.

Атмосферные осадки, годовой сток, маловодные годы, естественная увлажненность территории, статистические параметры, расчетная обеспеченность.

There are considered conditions of formation of the annual flow of shallow years in the basin of the river Kama. The assessment is given to the change of hydraulic characteristics of the Kama river basin under the present climate with a purpose of the analysis of the hydraulic information for determination of rational operational regimes and protection of water resources of the Kama cascade of reservoirs.

Precipitation, annual flow, shallow years, natural moisture of the area, statistic parameters, rated provision.

При исследовании водного баланса (ВБ) средних и крупных речных бассейнов возникают задачи ретроспективного анализа и оценки изменения гидрометеорологических характеристик бассейнов, и на этой основе целесообразно выявить тенденции, свойственные данному речному водосбору. Особенно значима оценка возможного изменения естественного увлажнения территории речного бассейна и, как следствие, изменения речного стока в ближайшей перспективе. В связи с этим были рассмотрены особенности многолетней динамики естественной увлажненности бассейна реки Камы атмосферными осадками.

Для бассейна реки Камы значимым является выявление группировок маловодных и многоводных периодов, чтобы рационально использовать водные ресурсы и сохранить природные комплексы Волжского-Камского региона.

Причина появления стока маловодных лет – такое соотношение ресурсов тепла и влаги, когда минимальные атмосферные осадки сочетаются с максимальными значениями радиационного баланса [2].

Чтобы оценить многолетнюю изменчивость водности реки Камы на основе архивных данных по осадкам, были использованы значения осадков за гидрологический год (с ноября предшествующего по октябрь текущего года) для частных водосборов Камского каскада водохранилищ за 1914/15 – 2000/01 годы ($n = 87$ лет).

Средние по бассейну осадки подсчитывали с учетом доли площади той или иной области в общей площади бассейна (частного водосбора), т. е. как средневзвешенные величины осадков:

$$\bar{P} = (P_1 f_1 + P_2 f_2 + P_3 f_3) / F,$$

где P_1, P_2, P_3 – величина атмосферных осадков соответственно Камского, Воткинского и Нижнекамского водохранилищ, мм/год; f_1, f_2, f_3 – соответственно площади Камского, Воткинского и Нижнекамского водохранилищ, км²; F – площадь водосбора реки Камы, км².

В практике гидрологических исследований и расчетов характеристики годового стока разделяют по трем группам водности: многоводная, средняя, маловодная. Многоводные годы характеризуются величиной стока обеспеченностью менее 25 %, средние по водности годы охватывают центральную часть кривой обеспеченности в диапазоне от 25 до 75 %, маловодные годы занимают нижнюю часть кривой с величинами стока обеспеченностью больше 75 %. Соответственно в качестве критерия выделения маловодных лет выбран годовой сток 75%-й обеспеченности, т. е. маловодными считаются годы, обеспеченность стока которых равна или превышает критическую.

При характеристике естественной увлажненности бассейна (по осадкам) представляется целесообразным не оставлять без внимания и осадки в интервале обеспеченности от 50 до 75 %. Известно, что среднемноголетняя величина (норма) определяется с погрешностью σ_p , которая зависит от стандарта σ и числа лет наблюдений. В качестве приближенной оценки наибольшей ошибки определения среднего значения (нормы) можно принять $2\sigma_p$. В этом случае среднемноголетние осадки за период наблюдений будут равны $P_{cp} \pm 2\sigma_p$. Таким образом, к маловодным по осадкам будут относиться годы с величиной осадков менее $P_{cp} - 2\sigma_p$. Для бассейна реки Камы при $\sigma = 104$ мм/год и $n = 87$ лет погрешность определения нормы годовых осадков равна 11 мм/год, а $2\sigma_p = \pm 22$ мм/год. Итак, к маловодным по условиям естественной увлажненности будем относить годы с величиной осадков $P_{cp} - 2\sigma_p = 693 - 22 = 671$ мм. По эмпирической кривой обеспеченности годовых осадков к маловодным относятся годы с обеспеченностью более 57 %.

Динамика аномалий годовых атмосферных осадков в бассейне реки Камы за период 1914/15–2000/01 годов приведена на рис. 1, эмпирическая кривая обеспеченности аномалий годовых атмосферных осадков – на рис. 2.

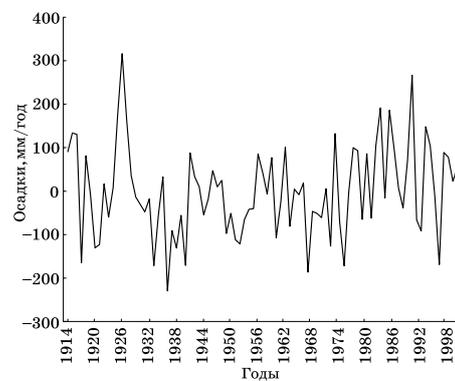


Рис. 1. Динамика аномалий годовых атмосферных осадков в бассейне реки Камы за 1914/15–2000/2001 годы

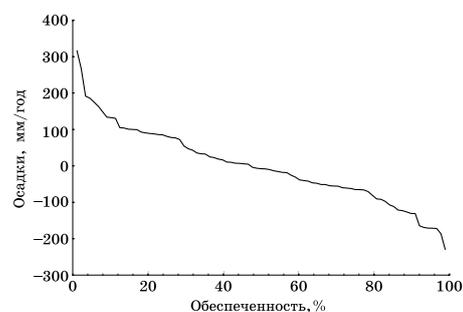


Рис. 2. Эмпирическая кривая обеспеченности аномалий годовых атмосферных осадков в бассейне реки Камы за 1913/14–1999/2000 годы

Маловодными по осадкам из 87 лет являются 37 лет (43 %), а экстремальными по условиям естественной увлажненности ($P \geq 90\%$) являются 9 лет (1917/18, 1920/21, 1933/34, 1936/37, 1938/39, 1940/41, 1967/68, 1975/76, 1996/97 годы).

Также можно увидеть, что помимо отдельных маловодных лет выделяются группировки, включающие от двух до семи лет. Можно выделить следующие группы таких лет:

двухлетки – 1920/21–1921/22, 1930/31–1931/32, 1933/34–1934/35, 1960/61–1961/62, 1974/75–1975/76 и 1991/92–1992/93 годы;

четырёхлетка – 1967/68–1970/71 годы;

пятiletка – 1936/37–1940/41 годы;

семилетка – 1949/50–1955/56 годы.

Наряду с атмосферными осадками был осуществлен анализ закономерностей динамики годового стока реки Камы за 97-летний период. До 1949 года условия изменения стока Камы определялись природными факторами, т. е. характером увлажнения территории, изменением влагозапасов в почвогрунтах, режимом испарения. Но уже с 1949 года на изменение водности реки Камы значительное влияние начала оказывать хозяйственная деятельность человека. В долинах рек Волги и Камы в 30–70-х годах прошлого столетия был создан Волжско-Камский каскад водохранилищ, который осуществляет сезонное регулирование речного стока, в результате чего стремительно растут заборы воды из рек на хозяйственные нужды. В результате режим стока рек Волги и Камы нарушен, гидрологические наблюдения на этих водных объектах не в полной мере отражают условия развития природных процессов.

Для анализа годового стока за период 1914/15–2010/11 годов в первую очередь были определены модули стока с учетом площадей боковой приточности для частных водосборов:

$$q = 1000Q/f,$$

где Q – среднегодовые расходы воды водохранилищ, m^3/c ; f – площадь частного водосбора, km^2 .

Затем были подсчитаны модули стока для реки Камы как средневзвешенные величины модулей стока водохранилищ.

Для оценки многолетней изменчивости водности была построена разностная интегральная кривая за период 1914/15–2010/11 годов (рис. 3). На рисунке: по оси x – годы, по оси y – суммарная разница между текущим значением расхода воды за i -й год и средним значением за весь период. Анализ этой кривой показывает, что в хронологическом изменении стока реки Камы отмечается последовательное чередование периодов различной водности. Так, период от начала наблюдений до 1921 года характеризовался средней водностью. В 1914–1928 годах водность реки находилась на повышенном уровне. С 1929 по 1950 год наблюдалось затяжное маловодье. В 1951–1958 годах вновь наступила фаза повышенной водности; 1959–1975 годы – фаза маловодья; 1976–2004 годы – многоводная фаза.



Рис. 3. Разностная интегральная кривая реки Камы в створе города Набережные Челны за период 1914/15–2010/11 годов

В таблице 1 даны статистические параметры годового стока реки Камы, вычисленные по различным периодам наблюдений, в таблице 2 – годовой сток маловодных лет различной обеспеченности.

Таблица 1

Статистические параметры годового стока реки Камы в различные периоды наблюдений

Период наблюдений	Число лет наблюдений N	Средний годовой сток W_{cp} , km^3	Коэффициент вариации C_v	Коэффициент асимметрии C_s	Коэффициент автокорреляции
1914–1929	16	102,5	0,25	0,32	0,44
1930–1977	48	86,1	0,20	0,09	0,54
1978–2010	33	101,8	0,16	0,33	0,21
1914–2010	97	94,2	0,21	0,34	0,49

Таблица 2

Годовой сток реки Камы в маловодные годы различной обеспеченности, km^3

Характеристика стока	Годовой среднемного-летний объем стока, km^3	Обеспеченность года, %					
		75	80	85	90	95	99
Годовой сток, km^3	94,2	79,5	72,9	69,7	67,9	60,6	56,9

Внутри выделенных периодов режим водности реки Камы также неустойчив: для него характерно чередование группировок лет с пониженным, средним и повышенным стоком. Внутри этих группировок, как правило, и находятся годы с очень низкой и с очень высокой водностью. Самыми маловодными за имеющийся период наблюдений были годы 1936, 1937, 1938 с величиной стока 56,2; 60,4; 60,6 км² соответственно. Наиболее многоводными

были 1926, 1927 и 1994 годы. Величина стока за эти годы составляла 153, 138 и 137 км² соответственно. Группировки с повышенным и пониженным стоком, охватывающие 5 лет и более, встречаются гораздо реже.

Характеристика изменчивости *n*-летних объемов стока реки Камы представлена в таблице 3.

В таблице 4 приведен средний годовой сток реки Камы для маловодных *n*-леток ($P \geq 75\%$).

Таблица 3

Статистические параметры усредненного по скользящим *n*-леткам стока реки Камы

Число лет в <i>n</i> -летке	Средний сток за <i>n</i> -летку, км ³	Коэффициент вариации	Коэффициент асимметрии	Коэффициент автокорреляции
1	94,2	0,21	0,34	0,49
2	94,1	0,18	0,73	0,73
3	94,1	0,16	0,82	0,82
5	94,0	0,14	0,90	0,90
7	93,9	0,12	0,93	0,93
10	94,0	0,10	0,94	0,94
30	92,8	0,06	0,99	0,99

Таблица 4

Средний годовой сток реки Камы для маловодных *n*-леток, км³

Число лет в <i>n</i> -летке	Сток обеспеченностью <i>P</i> , %					
	75	80	85	90	95	99
2	82	79	76	72	66	56
3	83	81	78	74	68	57
5	85	83	80	76	71	59
7	87	85	82	78	73	62
10	88	86	84	81	76	66
30	89	88	87	86	84	82

Выводы

При решении задач рационального использования водных ресурсов в бассейне реки Камы нужно учитывать возможность наступления не только исключительно маловодных лет, но и серий лет с низким стоком. Применение методики определения среднемноголетней величины (нормы) с погрешностью σ_p , которая зависит от стандарта σ и числа лет наблюдений *n*, дает расширение диапазона определения маловодных и многоводных лет до $\pm 2\sigma_p$.

1. Кислов А. В., Торопов П. А. Моделирование климатических условий Восточно-Европейской равнины и вариации стока реки Волги в эпоху позднелейсто-

ценного похолодания // Вестник Московского университета. – 2006. – № 2. – Серия 5. География. – С. 13–17.

2. Исмаилов Г. Х., Федоров В. М. Межгодовая изменчивость и взаимосвязь элементов водного баланса бассейна реки Волги // Водные ресурсы. – Т. 35. – № 3. – С. 1–18.

3. Практикум по инженерной гидрологии и регулированию стока/ Е. Е. Овчаров [и др.]; под ред. Е. Е. Овчарова. – М.: Колос, 2008. – 222 с.

Материал поступил в редакцию 20.04.13.

Ваганов Георгий Андреевич, аспирант
Тел. 8-916-654-64-79