

УДК 556: 551.57

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ ДЛЯ КОЛИЧЕСТВЕННОЙ ОЦЕНКИ МЕСТНЫХ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ МАЛОИЗУЧЕННЫХ ТЕРРИТОРИЙ

Мезенцева О.В.

*ФГБОУ ВПО «Омский государственный педагогический университет», Омск;
ФГБОУ ВПО «Омский государственный институт сервиса», Омск, e-mail: mezolga@yandex.ru*

В статье показана значимость сведений о водных ресурсах территорий для отраслей народного хозяйства и отмечен недостаток такой информации из-за слабой гидрометрической изученности отдельных территорий. Несколько лет назад в Омском государственном педагогическом университете и Омском филиале Института математики СО РАН была разработана СУБД WEATHER APP (программист – канд. физ.-мат. наук С.А. Хрущев), позволяющая производить расчеты элементов текущих водных балансов по суточным интервалам за непрерывный ряд лет для сотен метеорологических станций территории и практически мгновенно строить карты изолиний элементов водного баланса за любые конкретные сутки, декаду, месяц, год или за средний многолетний интервал. В статье показано, что база метеорологических данных о ежесуточных осадках и температурах воздуха и примененная компьютерная программа позволяют вычислять суточные значения стока и других элементов водного баланса с достаточной для многих практических целей точностью. В статье приведен пример воднобалансовых расчетов местного стока с суточной дискретностью, приведен гидрограф рассчитанного суточного элементарного стока и график сравнения рассчитанного и измеренного стока. Это особенно важно для практики расчетов стока неизученных областей суши, для определения водных ресурсов неизученных водосборов.

Ключевые слова: водные ресурсы, водный баланс, местный элементарный сток

USE OF THE METEOROLOGICAL INFORMATION FOR THE QUANTITATIVE ASSESSMENT OF LOCAL WATER RESOURCES OF SOME TERRITORIES

Mezentseva O.B.

*ФГБОУ ВПО «Omsk state pedagogical university», Omsk;
ФГБОУ ВПО «Omsk state institute of service», Omsk, e-mail: mezolga@yandex.ru*

In article it is shown, that the meteorological database meteo.ru, created in Obninsk, about daily rainfall and air temperature with using of the computer program allow you to calculate the daily values of runoff with adequate for many practical purposes accuracy. The article contains an example of water balance calculations of the local river runoff with daily resolution and comparison of calculated and measured runoff values. This is especially important for the practice of calculation of runoff of unexplored land areas, to determine the water resources of the unexplored areas. In work were used for the calculations of the mathematical model of prof. Mezentsev. The decision of the objectives promoted by the fact that DBMS WEATHER APP was developed in Omsk state pedagogical University and the Omsk branch of the Institute of mathematics of the SB RAS. The program allows you to calculate the daily elements of the current water balance for the continuous number of years on hundreds of meteorological stations of the territory and almost instantly produce field water balance elements and the maps of isolines on any particular day, decade, month, a year, or an average of long-term interval. Fields of isolines of runoff allows to study the dynamics of the water balance of the territory, previously completely are not covered by this kind data. An article shows the hydrograph of daily elementary runoff and schedule of the comparison of calculated and measured runoff.

Keywords: water resources, elements of water balance, a local elementary runoff

Определение водных ресурсов территории – одна из главных задач воднобалансовой гидрологии. Оценка водных ресурсов стока важна для многих отраслей. Данные о водности рек необходимы речникам, жилищно-коммунальному, водному и сельскому хозяйству, туристам и рыбакам. Изменчивость водности рек часто создает проблемы тем, кто использует их ресурсы. В засушливом климате при отсутствии рек местный элементарный склоновый сток, равный разности осадков и испарения, может быть довольно значительным и способен даже на равнине формировать длительные наводнения. Для горных условий характерны быстро формирующиеся паводки.

Внедрение компьютеров и сетевых технологий в практику гидрологических и кли-

матических исследований в последние десятилетия позволило решать задачи, которые 30–40 лет назад были неосуществимы. Гигантские базы метеорологических и гидрологических данных (с различной дискретностью), выставленные в интернете, представляют собой интересный материал для исследований. Использование базы суточных метеоданных для воднобалансовых расчетов и картографических генерализаций их результатов создает возможность выполнять географический анализ пространственного распределения статистических параметров гидрологических характеристик даже в районах, малоизученных в гидрологическом отношении. Так, например, на территории России и бывших союзных республик протекает около трёх

миллионов водотоков, но о стоке 99,8% этих рек и речек мало что известно, и нужно использовать косвенные методы для изучения их водности.

На крупных и средних реках в постоянных створах ежедневно в течение многих лет измеряют уровни воды и по этим данным вычисляют объемы стока воды с водосборной площади через створ – за каждые сутки, каждый месяц и каждый год. Малые же реки практически слабо изучены или совсем не изучены в отношении их водных ресурсов.

Целью исследования является выяснение возможности использования результатов воднобалансовых расчетов для оценки водных ресурсов малоизученных речных бассейнов с *суточным разрешением*.

В Водном кадастре страны собраны миллионы значений измеренных уровней и расходов воды для нескольких тысяч створов изученных рек за много десятилетий, но ежегодно для сотен неизученных водотоков водные ресурсы приходится вычислять косвенными способами. Методы

прямых измерений стока и его косвенных вычислений по уравнению водного баланса взаимно дополняют друг друга, позволяют взаимно контролировать результаты.

Материалы и методы исследования

В течение 1960–2000-х гг. в Омском сельскохозяйственном институте были выполнены (начиная с 1962 г. – на ЭВМ «Минск-1», «Минск-32», «ЕС-1022») большие объемы воднобалансовых расчетов по системе уравнений математической модели метода ГКР [8, 9, 13] для всех регионов Сибири, зоны БАМ, Казахстана, Срединного региона СССР по данным об осадках и температурах сотен метеостанций – но только по *месячным интервалам* среднего статистического года и за непрерывные цепи расчетных интервалов конкретных лет. В 1975 г. расчет для одной станции за 36 лет (по 8 расчетных интервалам в году) занимал 3 минуты. В 1990–2000-е годы с переходом на современную компьютерную технику процесс расчетов ускорился. Появилась возможность делать автоматическое картографическое генерирование полей гидрологических характеристик, например, с помощью ГИС-программы Surfer. На рис. 1 приведена карта слоя годового стока, построенная по результатам воднобалансовых расчетов стока для сотен метеостанций.

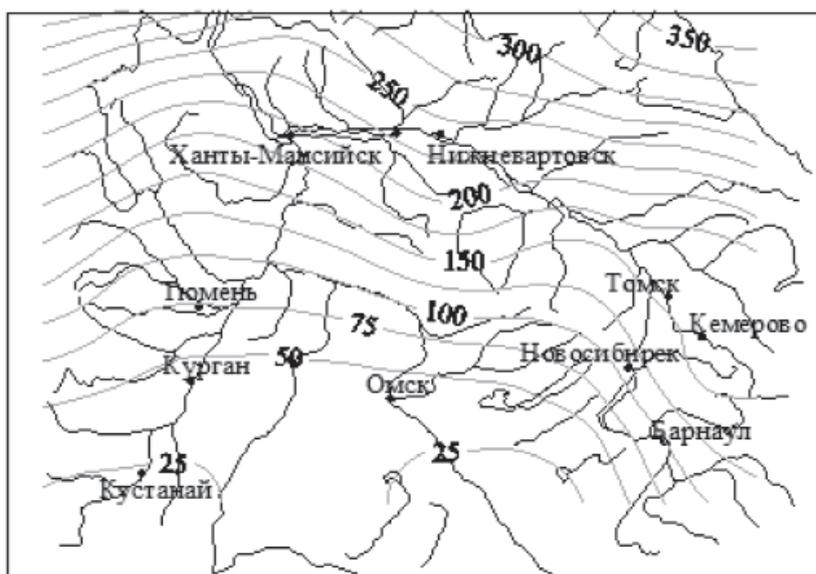


Рис. 1. Фрагмент карты слоя годового стока Y (мм/год) (по результатам расчета элементов водного баланса для 490 станций Срединного региона [1, с. 45])

Результаты исследования и их обсуждение

Полученные в ходе расчетов характеристики стока, влажности почвы, суммарного испарения позволяют производить статистический анализ их частотных распределений и получать значения статистик. Построенные карты стока, влажности почвы и суммарного испарения за конкретные месяцы и годы позволили изучить динамику водных балансов огромных территорий,

ранее совершенно не освещенных данными подобного рода [4, 5, 6, 10, 11, 12].

Расчеты по данным метеостанций с *суточным разрешением* стали возможны, когда появились гигантские базы данных, выставленные бесплатно в интернете, например, meteo.ru, созданная в Обнинске [14].

Несколько лет назад в Омском государственном педагогическом университете и Омском филиале Института математики СО РАН на той же теоретической базе

[1, 2, 14] была разработана СУБД WEATHER APP (программист – канд. физ.-мат. наук С.А. Хрущев), позволяющая производить расчеты элементов текущих водных балансов по суточным интервалам за непрерывный ряд лет для сотен метеорологических станций территории и практически мгновенно генерировать поля элементов водного баланса, то есть строить карты изолиний за любые конкретные сутки, де-

каду, месяц, год или за средний многолетний интервал [2, 3].

На рис. 2 представлен фрагмент результатов расчета элементов водного баланса элементарного водосбора по исходным данным о температурах воздуха и суточных суммах атмосферных осадков метеостанции Сочи, полученный с помощью СУБД WEATHER APP с использованием базы метеоданных meteo.ru [14].

1	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	
2	Расчеты суточных водных балансов																	
3	Сочи																	
4	1967-1972																	
5	Влагоресурсы							Теплоресурсы			Результаты расчетов							
6	Дата	Тср	X, мм	X зим.	K попр.	X исправ. зим.	X исправ. инт. снеготаяния	Дата	KX окончат. каждого интервала	Сумма Тср > 0	Zm год	Zm оконч., мм	V1	Bz	Z	H	Y	
2151	14.11.1972	13	14			1,11		14.11.1972		15,5			3,1	1,44	0,95	3	5,5	2,6
2152	15.11.1972	11	2			1,11		15.11.1972		2,2			2,7	1,48	0,95	2,5	4,7	2,2
2153	16.11.1972	13	0			1,11		16.11.1972		0			3,1	1,47	0,94	3	5,5	2,5
2154	17.11.1972	12	1			1,11		17.11.1972		1,1			2,9	1,44	0,94	2,7	5	2,2
2155	18.11.1972	12	0			1,11		18.11.1972		0			2,9	1,42	0,94	2,7	4,9	2,1
2156	19.11.1972	13	0			1,11		19.11.1972		0			3,1	1,4	0,93	2,9	5,1	2,2
2157	20.11.1972	12	4			1,11		20.11.1972		4,4			2,9	1,38	0,93	2,7	4,7	2
2158	21.11.1972	11	0			1,11		21.11.1972		0			2,7	1,38	0,93	2,5	4,2	1,8
2159	22.11.1972	15	3			1,11		22.11.1972		3,3			3,6	1,36	0,93	3,3	5,7	2,3
2160	23.11.1972	12	30			1,11		23.11.1972		33,3			2,9	1,35	0,94	2,7	4,8	2,1
2161	24.11.1972	15	13			1,11		24.11.1972		14,4			3,6	1,46	0,95	3,4	6,5	3
2162	25.11.1972	15	0			1,11		25.11.1972		0			3,6	1,49	0,95	3,4	6,5	3,1
2163	26.11.1972	17	0			1,11		26.11.1972		0			4,1	1,46	0,94	3,9	7,1	3,3
2164	27.11.1972	7	17			1,11		27.11.1972		18,9			1,7	1,43	0,95	1,6	3	1,4
2165	28.11.1972	2	21			1,11		28.11.1972		23,3			0,5	1,49	0,96	0,5	0,9	0,5
2166	29.11.1972	6	10			1,11		29.11.1972		11,1			1,4	1,58	0,96	1,4	2,9	1,5
2167	30.11.1972	8	0			1,11		30.11.1972		0			1,9	1,61	0,96	1,9	3,9	2,1
2168	01.12.1972	8	0			1,11		01.12.1972		0			1,9	1,59	0,96	1,9	3,8	2
2169	02.12.1972	9	0			1,11		02.12.1972		0			2,2	1,58	0,96	2,1	4,3	2,2
2170	03.12.1972	9	0			1,11		03.12.1972		0			2,2	1,56	0,96	2,1	4,2	2,1
2171	04.12.1972	9	0			1,11		04.12.1972		0			2,2	1,54	0,96	2,1	4,1	2
2172	05.12.1972	9	0			1,11		05.12.1972		0			2,2	1,52	0,95	2,1	4	2
2173	06.12.1972	8	0			1,11		06.12.1972		0			1,9	1,5	0,95	1,8	3,5	1,7
2174	07.12.1972	8	0			1,11		07.12.1972		0			1,9	1,49	0,95	1,8	3,5	1,6
2175	08.12.1972	8	0			1,11		08.12.1972		0			1,9	1,47	0,95	1,8	3,4	1,6
2176	09.12.1972	7	0			1,11		09.12.1972		0			1,7	1,46	0,94	1,6	2,9	1,3
2177	10.12.1972	6	0			1,11		10.12.1972		0			1,4	1,44	0,94	1,4	2,5	1,1
2178	11.12.1972	7	0			1,11		11.12.1972		0			1,7	1,43	0,94	1,6	2,9	1,3
2179	12.12.1972	8	0			1,11		12.12.1972		0			1,9	1,42	0,94	1,8	3,2	1,4
2180	13.12.1972	7	1			1,11		13.12.1972		1,1			1,7	1,4	0,94	1,6	2,8	1,2
2181	14.12.1972	5	0			1,11		14.12.1972		0			1,2	1,39	0,93	1,1	2	0,8
2182	15.12.1972	6	7			1,11		15.12.1972		7,8			1,4	1,38	0,93	1,4	2,4	1
2183	16.12.1972	6	3			1,11		16.12.1972		3,3			1,4	1,4	0,94	1,4	2,4	1,1
2184	17.12.1972	5	0			1,11		17.12.1972		0			1,2	1,4	0,94	1,1	2	0,9

Рис. 2. Фрагмент результирующей таблицы расчетов текущих водных балансов с суточным разрешением по данным метеостанции Сочи (ноябрь-декабрь 1972 г.), полученной с применением СУБД WEATHER APP

Гидрографы стока рек в 20 веке можно было построить только по ежесуточным измеренным уровням и вычисленным по ним расходам воды. Теперь многолетние цепи гидрографов с суточным разрешением можно получить без трудоёмких и дорогостоящих измерений в реке одним нажатием клавиши.

На рис. 3 показана цепь гидрографов элементарного стока в районе метеостанции Сочи, а на рис. 4 выполнено сравнение расчетных и измеренных нормированных значений ежемесячных значений стока

в долях от среднего за 6 лет [6]. Расчет сделан на примере данных метеостанции Сочи, расположенной на высоте 57 м. Для сравнения использован измеренный сток в русле р. Сочи (створ с. Пластунка, площадь водосбора 238 км², средняя высота бассейна над уровнем моря 870 м, а наибольшая высота бассейна – около 1918 м). Гидрограф рассчитанного суточного стока, суммированного по месяцам для последовательности различных по водности лет, полученный по методу В.С. Мезенцева, показан на рис. 5.

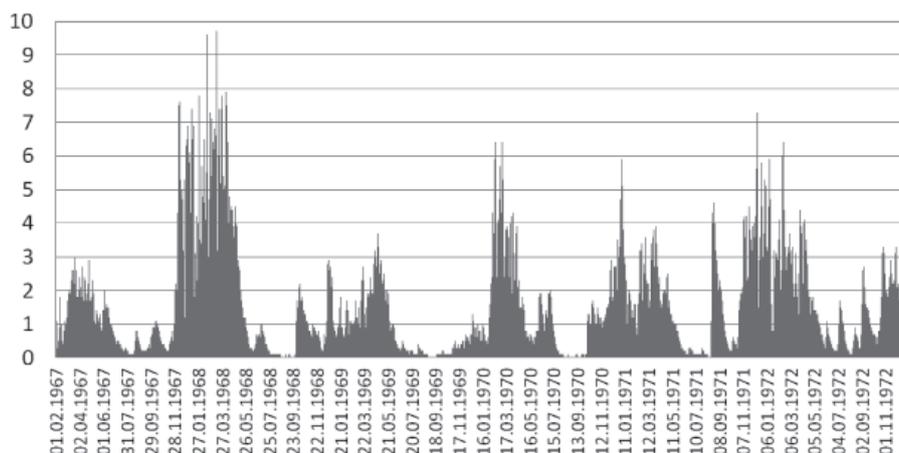


Рис. 3. Гидрографы элементарного стока с суточным разрешением, построенные по результатам расчета элементов текущих водных балансов для метеостанции Сочи [6]. По вертикальной оси отложены суточные суммы слоя стока, мм/сут



Рис. 4. Сравнение рассчитанного и измеренного стока в районе г. Сочи: ряд 1 – измеренные в р. Сочи у с. Пластунка относительные средние месячные расходы воды; ряд 2 – рассчитанные по водному балансу для метеостанции г. Сочи относительные средние месячные слои стока



Рис. 5. Гидрограф рассчитанного суточного стока суммированного по месяцам для последовательности различных по водности лет

Выводы

Таким образом, база метеорологических данных о ежесуточных осадках и температурах воздуха meteo.ru и примененная компьютерная программа СУБД WEATHER APP позволяют вычислять с достаточной для многих практических целей точностью суточные значения стока и других элементов водного баланса – сугубо гидрологические характеристики. Это особенно важно для практики расчетов стока неизученных областей суши, для определения водных ресурсов неизученных водосборов. Полученные гидрографы стока дают возможность оценить изменчивость стока во времени, предсказать статистически обоснованные экстремальные значения, рассмотреть статистическую вероятность наступления паводков и межений. Такая информация о малоизученных реках и временных водотоках востребована широким кругом заинтересованных ее потребителей.

Список литературы

1. Возобновляемые ресурсы тепловлагообеспеченности Западно-Сибирской равнины и динамика их характеристик: монография / И.В. Карнацевич [и др.]. – Омск: Изд-во ФГБОУ ВПО ОмГАУ, 2007. – 270 с.
2. Карнацевич И.В. и др. Исследование динамики и картографирование полей элементов теплового и водного балансов и характеристик естественной тепловлагообеспеченности: монография / под общ. ред. О.В. Мезенцевой. – Омск: Изд-во ФГБОУ ВПО ОмГАУ, 2008. – 224 с.
3. Карнацевич И.В., Мезенцева О.В., Аблова И.М. Карты прогнозных экстремальных декадных температур воздуха в Сибири // Омский научный вестник. – 2010. – № 1 (94). – С. 264–273.
4. Карнацевич И.В. Расчеты тепловых и водных ресурсов малых речных водосборов на территории Сибири. Ч. I: уч. пособие. – Омск: Изд-во Омск. с.-х. ин-та, 1989. – 76 с.
5. Карнацевич И.В. Расчеты тепловых и водных ресурсов малых речных водосборов на территории Сибири. Ч. II: уч. пособие. – Омск: Изд-во Омск. с.-х. ин-та, 1991. – 82 с.
6. Карнацевич И.В., Бикбулатова Г.Г., Ряполов К.В. Перспективы генетического метода расчета элементарного стока по суточным интервалам // Омский научный вестник. – 2011. – № 1 (104). – С. 224–231.
7. Карнацевич И.В. Карты месячных и декадных норм местного элементарного стока центральной части Западно-Сибирской равнины // Омский научный вестник. – 2012. – № 2 (114). – С. 240–245.
8. Мезенцев В.С. Метод гидролого-климатических расчетов и опыт его применения для районирования Западно-Сибирской равнины по признакам увлажнения и теплообеспеченности / Труды Омск. с.-х. ин-та. – Омск, 1957. – Т. 27. – 121 с.
9. Мезенцев В.С., Карнацевич И.В. Увлажненность Западно-Сибирской равнины. – Л.: Гидрометеоздат, 1969. – 168 с.
10. Мезенцева О.В. Пространственно-временная динамика элементов водного баланса и характеристик увлажнения на юге Западной Сибири // Вестник ТюмГУ. – 2008. – № 3. – С. 251–260.
11. Мезенцева О.В. Ресурсы суммарного климатического местного стока юга Западной Сибири // Вестник ТГУ. – 2009. – № 318. – С. 223–229.
12. Мезенцева О.В. Пространственно-временная динамика элементов водного баланса и характеристик увлажнения на юге Западной Сибири // Омский научный вестник. – 2007. – № 1 (53). – С. 119–125.
13. Режимы влагообеспеченности и условия гидрометеорологии Степного края / В.С. Мезенцев [и др.]. – М.: Колос, 1974. – 239 с.
14. База ежесуточных метеорологических данных о температурах и осадках [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.meteo.ru> (дата обращения: 18.01.2008).

References

1. Renewable resources of warmth and moisture of the West Siberian plain and the dynamics of their characteristics: monograph. I.V. Karnatsevich [and others]. Omsk, Omsk State Agricultural University. 2007. pp. 270.
2. Karnatsevich I.V. [and others] Research of dynamics and mapping fields of the elements of the heat and water balance and characteristics of natural provision of heat and moisture : monograph. Omsk, Omsk State Agricultural University. 2008. pp. 224.
3. Karnatsevich I.V., Mezentseva O.V., Ablova I. M. Map of predicted extreme ten-day of air temperatures in Siberia. Omsk scientific Bulletin. 2010. no. 1 (94). pp. 264–273.
4. Karnatsevich I.V. Accounts of heat and water resources of small river catchments on the territory of Siberia. Part I. Omsk, Omsk State Agricultural University. 1989. pp. 76.
5. Karnatsevich I.V. Accounts of heat and water resources of small river catchments on the territory of Siberia. Part II. Omsk, Omsk State Agricultural University. 1991. pp. 82.
6. Karnatsevich I. V., Bikbulatova G. G., Ryapolov K. V. Prospects genetic method of calculation of elementary flows on a daily intervals. Omsk scientific Bulletin. 2011. no.1 (104). pp. 224–231.
7. Karnatsevich I.V. Fields of monthly and ten-day standards of the local elementary runoff for Central part of West-Siberian plain. Omsk scientific Bulletin. 2012. no. 2 (114). pp. 240–245.
8. Mezentsev V.S. Method of hydrological and climatic calculations and the experience of its use for zoning of the West Siberian plain, on the grounds of dampening and temperature. Omsk, Omsk State Agricultural University. 1957. no. 27. pp. 121.
9. Mezentsev V.S., Karnatsevich I. V. Humidity of the West Siberian plain. Leningrad, Gidrometeoizdat. 1969. pp. 168.
10. Mezentseva O.V. Spatio-temporal dynamics of water balance elements and characteristics of moisture on the South of Western Siberia. Vestnik TSU. 2008. no. 3. pp. 251–260.
11. Mezentseva O.V. Total resources of climatic local runoff of the South of Western Siberia. Vestnik TSU. 2009. no. 318. pp. 223–229.
12. Mezentseva O.V. Spatio-temporal dynamics of water balance elements and characteristics of moisture on the South of Western Siberia. Omsk scientific Bulletin. 2007. no. 1(53). pp. 119–125.
13. Modes moisture and reclamation conditions of the Steppe region. By V.S. Mezentsev [and others]. Moscow, Kolos. 1974. pp. 239.
14. Base of daily meteorological data on temperatures and precipitation [Electronic resource]. – Access mode: <http://www.meteo.ru> (reference date 18.01.2008).

Рецензенты:

Карнацевич И.В., д.г.н., профессор кафедры географии и методики обучения географии, ФГБОУ ВПО «Омский государственный педагогический университет», г. Омск;
Григорьев А.И., д.б.н., профессор кафедры прикладной экологии и природопользования ФГБОУ ВПО «Омский государственный педагогический университет», г. Омск.
Работа поступила в редакцию 25.10.2013.