

РУССКОЕ ГЕОГРАФИЧЕСКОЕ ОБЩЕСТВО
Томский отдел
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

ВОПРОСЫ ГЕОГРАФИИ
СИБИРИ

Выпуск 25

Томск
2003

МИНИМАЛЬНЫЙ СТОК РЕК РЕСПУБЛИКИ ХАКАСИЯ

Республика Хакасия расположена в западной части Минусинской котловины, по левобережью Енисея, на восточных склонах Кузнецкого Алатау и северных склонах Западного Саяна. Это обуславливает резко континентальные условия образования климата. Площадь республики составляет 61 тыс. км². Выгодное положение Республики Хакасия определяет её экономический потенциал. Связь с основными районами Западной Сибири происходит через железные дороги и автомобильные магистрали. Природные ресурсы республики имеют большое значение как по своим запасам, так и по качественному показателю их использования. Основными природными ресурсами являются растительный и животный мир, полезные ископаемые (молибден, золото, железная руда, уголь и др.) и земли, благоприятные для интенсивного развития сельского хозяйства, бальнеологические и рекреационные ресурсы.

Топливо-энергетический комплекс Хакасии базируется на богатой энергии рек, воды которых, стекая с гор, приобретают большую потенциальную энергию. Водные ресурсы Республики значительно используются в промышленности и сельском хозяйстве, для судоходства, лесосплава и на коммунально-бытовые нужды. Минеральные озера имеют бальнеологическое значение, привлекая ежегодно на свои курорты большое количество лечащихся и туристов.

В плане этого важными аспектами проблемы освоения и развития Республики Хакасия являются оценка, рациональное использование и охрана ее водных ресурсов. Одной из важнейших задач является уточнение данных о водных ресурсах, а также разработка и совершенствование методов расчетов и прогнозов различных элементов гидрологического режима рек.

Наиболее важным, в плане водохозяйственного использования водных ресурсов, является межлетний период года. Резкое увеличение потребления воды при неравномерном распределении водных ресурсов во времени и по территории, а также увеличивающееся загрязнение рек в результате сброса промышленных вод обуславливают необходимость обстоятельного изучения стока рек Республики Хакасия, особенно минимального. Данные о величине минимального стока используются при водохозяйственном проектировании, при разработке мер по регулированию, использованию и охране водных ресурсов территории.

Известно, что в годовом цикле водности рек отчетливо выделяются многоводный и маловодный периоды. Маловодный период на исследуемой территории делится на два сезона – зимний и летне-осенний. Но, с точки зрения условия формирования стока, сезоны существенно различаются как по характеру стокоформирующих осадков, так и состоянию поверхности водосборов (температурный режим, почва, испарение и пр.)

Речной сток, наблюдавшийся в том или ином маловодном цикле при отсутствии значительных паводков, принято называть меженным стоком, а время, в котором он наблюдался, – меженным периодом. Под меженным периодом понимается фаза водного режима реки, которая наблюдалась в зимний или летне-осенний периоды и характеризуется наличием малых, но устойчивых по величине расходов воды. В меженном периоде имеется отрезок времени, продолжительностью до 30 суток, когда сток является наименьшим. Этот отрезок времени называется периодом минимального стока. В этот период в питании рек задействованы лишь подземные воды.

Величина минимального стока контролируется зональными климатическими факторами, характером подстилающей поверхности (гидрогеологией, почво-грунтами, наличием аккумулярующих емкостей: озер, болот, пойм, карст и др.), а также антропогенными факторами (влиянием прудов и водохранилищ, ирригационными мероприятиями, забором подземных вод) [1–3, 5].

На территории Республики Хакасия минимальный сток в зимний период формируется подземными водами, которые являются практически единственным источником питания рек. Величина подземного питания и минимального стока определяется естественными ресурсами подземных вод зоны интенсивного водообмена: глубиной залегания, мощностью и водообильностью водоносных горизонтов. Эти ресурсы формируются под воздействием всего физико-географического комплекса, и, главным образом, климатических факторов – осадков и испарения.

В летне-осенний период большое влияние на минимальный сток также оказывают климатические факторы (осадки, температура воздуха, испарение с поверхности водосбора и др.), а также характер поверхности водосбора и хозяйственная деятельность человека.

Исходными данными для расчетов и обобщений по минимальному стоку послужили материалы стационарных наблюдений гидрологических постов с момента их открытия по 1998 г. включительно Западно-Сибирского и Красноярского управлений Роскомгидромета, а также Абаканского Гидрометеоцентра.

Ряды наблюдений по стоку, используемые в данной работе, в большинстве своем превышают 25-летний период. Однако по некоторым из них пришлось произвести удлинение ряда наблюдений с использованием метода гидрологической аналогии. Это обстоятельство позволило произвести расчет минимального стока всех имеющихся рядов статистическими методами, применяемыми при наличии материалов наблюдений.

Минимальный сток рек рассматриваемой территории изменяется в широких пределах, что, главным образом, объясняется существенными различиями условий увлажнения отдельных частей территории, а также влиянием гидрогеологических особенностей речных водосборов и многих других факторов. Средние многолетние значения минимальных модулей стока (среднемесячных) в зимний период колеблются от 0,07 л/с·км² в засушливых степных районах до 7,40 л/с·км² в хорошо увлажняемых атмосферными осадками горных и предгорных областях. Самые низкие суточные расходы воды в реках приурочены к зимнему времени, что связано с исто-

щением запасов подземных вод, а также с уменьшением или прекращением притока воды в русла рек в результате промерзания верхнего слоя почвогрунтов. На многих малых водотоках в суровые зимы сток почти отсутствует вследствие их промерзания до дна (рр. Сои, Туим, Малые Арбаты, Камышта и др.).

Норма минимального среднемесячного стока в период открытого русла в 2–4 раза и более превышает норму зимнего стока. Это обусловлено тем, что в формировании минимального летне-осеннего стока активное участие принимают дождевые воды. В данной работе приведены результаты расчетов основных параметров кривых распределения минимального среднемесячного стока, как за период открытого русла, так и за зимний период.

Наличие ряда величин минимального стока рек на бывших и существующих гидрологических постах Хакасии подготовило хорошую информационную базу для методов оценки минимального стока других рек, не затронутых наблюдениями. Для этого было произведено районирование модуля минимального среднемесячного стока по территории Республики Хакасия.

Более или менее обоснованное гидрологическое районирование минимального стока изучаемой территории было выполнено в 70-х гг. В. Г. Соколовской [4]. В основу проведенного ею районирования были положены выявленные закономерности географической зональности и вертикальной поясности элементов гидрологического режима рек и водного баланса по отдельным крупным районам. Нами гидрологическое районирование минимального стока рек Республики Хакасия было произведено с использованием дополнительной 20-летней информации по каждому посту после анализа основных факторов формирования речного стока. Большая роль в формировании минимумов стока принадлежит факторам подстилающей поверхности, которые создают известную дискретность в питании рек. Это объективно обосновывает выделение гидрологических районов. В этой работе осуществлена схематизация районирования территории по минимальному стоку, которая необходима при обосновании и совершенствовании методики расчета минимального стока, как при отсутствии, так и недостаточности материалов наблюдений. Окончательное закрепление границ районов выполнено с учетом полученных величин минимального среднемесячного стока. Всего обосновано выделение пяти однородных по условиям формирования минимального стока районов, которые обозначены римскими цифрами (I–V) (рис. 1).

Район I занимает юго-западную часть высокогорной территории Республики Хакасия. Сюда входят реки бассейна Верхнего Абакана (рр. Джебаш, Большой Он, Матур, Она, Таштып и др.). В этом районе минимальный сток (в период открытого русла и зимний) характеризуется высокими значениями, например, летне-осенние минимумы изменяются в пределах от 2,17 до 7,39 л/с·км², а зимние – от 1,91 до 2,61 л/с·км². Коэффициенты вариации минимального стока колеблются в период открытого русла от 0,20 до 0,37, а зимнего – от 0,23 до 0,44. Ошибка оценок параметров не превышает установленных нормативов. Коэффициенты асимметрии изменяются, соответственно, минимального летне-осеннего от 0,36 до 1,28, зимнего – от

Основные характеристики минимального зимнего стока рек Республики Хакасия

Река - пункт	Годы	Число лет	\bar{Q} м ³ /с	Cv	Cs	Cs/Cv	$\sigma\bar{Q}$, %	σC_v , %	σC_s , %	σ , м ³ /с	M, л/с км ²
Р Абакан-г Абазы	1932-1996	65	33,0	0,23	0,25	1,13	2,79	9,20	34,8	7,46	2,29
	1963-1996	34	2,53	0,46	1,13	2,48	7,83	14,4	65,9	1,06	2,43
	1948-1996	49	6,14	0,33	0,65	1,95	4,75	11,2	45,9	2,04	2,65
	Р Мзгур - с Мзгур	32	0,83	0,44	0,91	2,09	7,71	14,7	65,9	0,36	2,18
	Р Оян - п Малый Агзас	46	9,36	0,16	0,45	2,84	2,34	10,7	38,8	1,48	2,12
	Р Таштып - с Таштып	42	3,70	0,27	0,39	1,43	4,17	11,7	45,7	0,99	1,90
Р Аскыз - с Казановка	1956-1996	41	1,32	0,33	0,31	0,92	5,22	12,2	50,39	0,44	1,53
	1970-1996	27	0,24	0,59	0,60	1,01	11,4	17,7	90,9	0,14	0,90
	Р Бая - с Верхняя Баяза	41	0,14	0,48	0,61	1,26	7,55	13,4	62,6	0,06	0,49
	Р Сос - с Бодарово	15	0,06	0,26	0,44	1,68	6,83	19,5	76,2	0,02	0,71
	Р Табат - с Табат	41	0,31	0,42	0,20	0,47	6,61	12,8	57,2	0,13	1,13
	Р Тел - с Сактев	39	0,59	0,49	0,93	1,91	7,79	13,7	64,5	0,29	0,71
Р Ерба - с Большая Ерба	1955-1993	39	0,15	0,31	0,87	2,84	4,93	12,3	49,8	0,05	0,20
	Р Малые Арбаты - п Малые Арбаты	19	0,009	1,88	2,47	1,31	43,2	46,1	518,8	0,02	0,07
	Р Тесь - с Бюград	43	0,12	0,57	1,14	1,99	8,76	13,89	70,1	0,072	0,17
	Р Уйбат - казарма 371 км ж д	43	0,25	0,79	1,08	1,37	12,0	16,4	96,3	0,19	0,20
	Р Уйбат - с Усть Бюрь	26	0,43	0,83	1,1	1,33	16,3	21,4	132	0,36	0,40
	Р Белый Инос - п Малая Сяла	1952-1996	45	5,16	0,25	0,14	0,58	3,75	11,9	43,2	1,29
1955-1996		42	6,18	0,23	0,26	1,13	3,56	11,5	43,6	1,42	1,99
Р Чулым - д Кольево		35	10,2	0,37	0,04	0,11	6,21	13,47	57,1	3,47	1,02
Р Урюл - п Полугорняк		43	1,17	0,80	3,23	3,02	12,2	16,3	98,4	0,94	2,35
Р Тонь - с Большая		38	8,06	0,18	0,12	0,60	2,94	11,8	43,6	1,46	3,25
Р Тонь - п Теба		31	18,5	0,34	0,67	1,97	6,10	14,1	58,3	6,29	4,26

Примечание \bar{Q} - среднее многолетнее значение (норма) минимального зимнего стока, Cv - коэффициент вариации (изменчивость) минимального стока в многолетнем разрезе, Cs - коэффициент асимметрии минимального стока в многолетнем разрезе, Cs/Cv - соотношение коэффициентов асимметрии и вариации минимального зимнего стока, σ - среднеквадратичная ошибка нормы минимального зимнего стока (в расходах воды), м³/с, M - среднегодового летнее значение (норма) минимального зимнего стока, выраженного в модулах стока, л/с км²

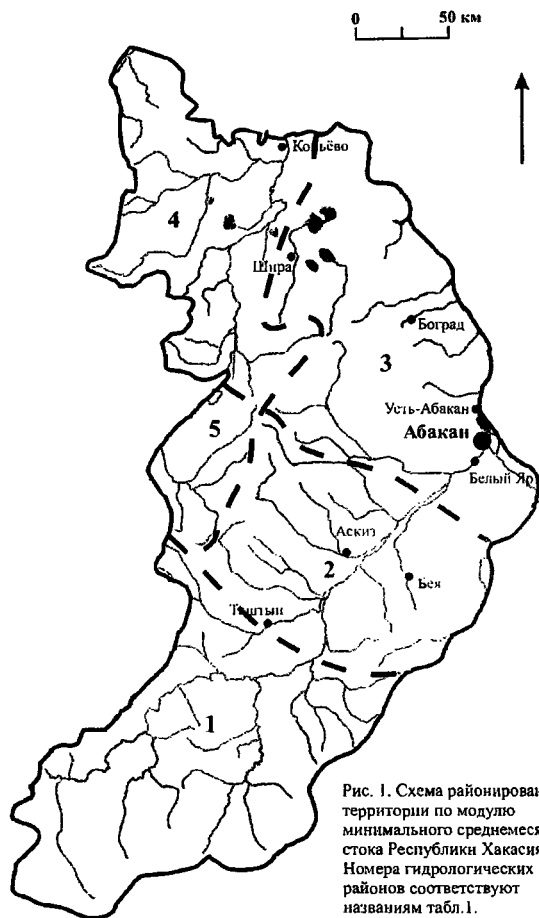


Рис. 1. Схема районирования территории по модулю минимального среднемесячного стока Республики Хакасия. Номера гидрологических районов соответствуют названиям табл. 1.

0,23 до 1,59. В среднем, для района принято соотношение коэффициента асимметрии и коэффициента вариации $C_s/C_v = 2,0$ (таблица).

Район II включает, в основном, бассейны левых и правых притоков р. Абакаи (в его среднем течении). В территориальном отношении этот район занимает восточный склон Абаканского хребта и южную часть Минусинской котловины. В гидрогеологическом отношении район очень сложный. Минимальные модули среднего месячного стока в период открытого русла составляют $1,31-3,72$ л/с·км², а зимнего $0,49-1,47$ л/с·км². Значения коэффициентов вариации летне-осеннего минимального месячного стока изменяются в пределах от 0,21 до 0,44, зимнего – от 0,34 до 0,65. Коэффициенты асимметрии расходов воды в период открытого русла колеблются от 0,26 до 0,48, а зимнего, соответственно, от –0,66 до 1,01; для построения кривых обеспеченностей минимального стока рек этого района можно использовать соотношение C_s/C_v , равное 1,0.

Район III включает бассейны рек Нижнего Абакана и реки Чулымо-Енсейского междуречья, а в территориальном отношении занимает равнинную часть лесостепной и степной зон Минусинской и Чебаково-Балахтинской котловин в пределах Республики Хакасия. Минимальные расходы воды здесь самые низкие. Показатель водности для зимы ниже, чем для летне-осенней межени. Малые реки почти ежегодно пересыхают и замерзают. Значения минимальных модулей рек в период открытого русла составляют $0,16-3,14$ л/с·км², а в зимний период – $0,07-1,14$ л/с·км². Коэффициенты изменчивости минимального стока в этом районе самые высокие на территории Республики Хакасия и составляют для летне-осеннего стока $0,2-0,57$, а для зимнего – $0,42-1,88$. Самый высокий коэффициент вариации определен в расчетах для ряда минимальных зимних месячных расходов р. Малые Арбаты у с. Мал Арбаты ($C_v = 1,88$). Коэффициенты асимметрии минимальных расходов воды периода открытого русла колеблются в диапазоне $0,59-1,47$, а соотношение C_s/C_v для района можно принять равным 3,0. Коэффициенты C_s минимального зимнего месячного стока изменяются от 0,52 до 2,76, соотношение C_s/C_v можно принять равным 3,0. По материалам наблюдений за суточными расходами воды рек района были рассчитаны основные параметры кривых распределений и определены расходы заданной обеспеченности.

Район IV объединяет преимущественно реки бассейна Верхнего Чулыма, стекающие с восточного склона Кузнецкого Алатау. В гидрогеологическом отношении район очень сложный, здесь широко развиты карстовые процессы. Пунктов с длинными рядами наблюдений, которые могут служить в качестве пунктов – аналогов, всего три. По данным наблюдений за стоком этих постов в период открытого русла, и в зимний, были произведены расчеты основных параметров кривых распределений минимальных месячных расходов, а также определены расходы воды заданной обеспеченности. Минимальные модули стока в летне-осеннюю межень составляют $3,57-5,83$ л/с·км², в зимнюю – $1,02-1,99$ л/с·км². Коэффициенты вариации минимальных расходов зимней межени изменяются в пределах $0,23-0,29$, а летне-осенней межени, соответственно, – в пределах $0,27-0,33$. Коэффициенты асимметрии мини-

мальных расходов воды летне-осенней межени равны 0,73–1,40, а зимней составляют – 0,63–0,27. Соотношения C_2/C_1 можно принимать в пределах от 1,5 до 4,0.

Район V включает бассейны рек Верхней Томи, расположенные в пределах Республики Хакасия. Сток летне-осенней и зимней межени один из самых высоких Модули среднемесячного минимального летнего стока находятся в пределах 4,26–7,38 л/с·км², а зимнего – 3,25–4,26 л/с·км². Коэффициенты вариации минимальных среднемесячных расходов воды периода открытого русла изменяются от 0,23 до 0,30, а зимней межени, соответственно, – от 0,18 до 0,34. Значения C_2 минимальных расходов воды летне-осенней межени равны 0,0–0,5, а зимней – 0,12–0,74. Соотношение C_2/C_1 можно принять в пределах от 1,0 до 2,5. Для каждого створа рассчитаны расходы воды высокой обеспеченности и построены кривые распределения

Достаточно частым случаем для зимнего и летне-осеннего сезонов на малых реках является полное прекращение на какое-то время стока (перемерзание и пересыхание рек), что объясняется истощением запасов грунтовых вод дренируемой зоны. Оценка вероятности наступления такого события – одна из задач, связанных с расчетами минимального стока рек. Она решается построением зависимости модуля минимального стока от площади водосбора, где линия крайней зависимости в точке перехода нарастающей тенденции в горизонтальную показывает критическую площадь, после которой реку можно считать средней.

Дальнейшее уточнение методов расчета минимального стока по слабо изученным рекам должно идти на основе углубленных крупномасштабных исследований условий его формирования по отдельным природным зонам и речным бассейнам. Непременным условием решения этих задач является накопление отсутствующей в настоящее время более полной и достоверной гидрологической информации

Литература

- 1 Владимирова А И Гидрологические расчеты Л Гидрометеоздат, 1990 365 с.
- 2 Комяев А И Методы расчетов речного стока. Пермь, 1997. 84 с
- 3 Парначев В П , Макаренко Н А , Петров А И и др Водные ресурсы Республики Хакасия Томск Изд-во Томского политехнического ун-та, 1999 187 с
- 4 Ресурсы поверхностных вод Р.Енисей Т 16 Вып 1 1973 724 с
- 5 Соколовский Д.Л Речной сток Л Гидрометеоздат, 1968 539 с