

## ВОДНЫЕ РЕСУРСЫ И РЕЖИМ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ

УДК 556.165/166(282.256.341)

### О ТРАНСФОРМАЦИИ РАСЧЕТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ГОДОВОГО И МАКСИМАЛЬНОГО СТОКА ГЛАВНЫХ ПРИТОКОВ ОЗ. БАЙКАЛ<sup>1</sup>

© 2017 г. В. Н. Синюкович\*, М. С. Чернышов

*Лимнологический институт СО РАН  
664033 Иркутск, ул. Улан-Баторская, 3*

*\*E-mail: sin@lin.irk.ru*

Поступила в редакцию 26.09.2016 г.

С учетом гидрометрических данных последних лет оценены параметры распределения годового и максимального стока главных притоков оз. Байкал – Селенги, Верхней Ангары и Баргузина. Получены расчетные характеристики среднегодовой водности, максимальных расходов воды весеннего половодья и дождевых паводков. Сравнение с аналогичными данными более раннего периода зачастую выявляет значимые различия. Изменения рассматриваемых характеристик протекают на фоне потепления, проявляющегося в регионе с начала 1970-х гг. Результат происходящей трансформации колебаний стока рек – изменение водного режима Байкала, определяющего перестройку гидрологических процессов в озере.

*Ключевые слова:* сток, половодье, паводок, многолетние колебания, распределение, обеспеченность.

**DOI:** 10.7868/S0321059617030178

Глобальное потепление, усилившееся в северном полушарии с начала 1970-х гг., отражается на изменении различных характеристик стока рек. В регионе оз. Байкал, где рост температуры воздуха в XX в. был вдвое выше, чем в среднем на Земле, и за последние 30 лет XX в. составил 1.9°C [15, 16], трансформация гидрологических показателей должна проявляться особенно заметно. Замедление темпов потепления, отмечаемое в Прибайкалье и Забайкалье с конца XX в., по-видимому, также отражается на изменчивости водности байкальских рек [12, 15], при этом наблюдаемая реакция стока отдельных рек на изменения климата достаточно индивидуальна, очевидно, в силу природных условий их бассейнов, также претерпевающих со временем преобразования разной степени. Все это усложняет определение расчетных гидрологических характеристик, закладываемых в планы водохозяйственных мероприятий и проекты различных сооружений, требуя особой тщательности и ответственности. В отношении изученных (освещенных гидрометрическими наблюдениями) рек ситуация может быть разрешена постоянным дополнением объема экспериментальных данных за последние годы, а для неизученных рек проблема стоит гораздо шире и требует соответствующей корректировки значи-

тельного числа эмпирических параметров, зависимостей, карт и т.п. для группы водотоков или однородных гидрологических территорий. Предполагаемое введение территориальных строительных норм (ТСН), очевидно, если и будет реализовано, то не в ближайшем будущем. Существующие на сегодняшний день региональные справочники, рекомендации и иная нормативно-методическая документация уже не могут обеспечить надежными расчетными данными характеристик стока, адекватными наблюдаемым его величинам или ожидаемым в ближайшей перспективе его колебаниям. Разрабатываемые в последние годы методы оценки обеспеченных расходов воды в условиях неустановившегося климата [5] для территории Сибири пока не отличаются большой достоверностью. Также следует отметить, что в первых климатических сценариях потепления [2, 19] предполагался также и рост увлажненности в Сибири с ростом температуры воздуха. В действительности на территории Байкальского региона начальный период потепления (1976–1981 гг.) сопровождался почти повсеместным аномальным снижением речного стока. С середины 1990-х гг. суммарный сток рек в бассейне Байкала вновь стал пониженным и остается низким до сих пор. Такой сценарий согласуется с модельными оценками в [7] о возможном уменьшении стока отдельных сибирских рек в первой половине XXI в. Разработки в [17, 18] указывают

<sup>1</sup> Работа выполнена по плану НИР (тема № 0345-2014-0007, № гос. рег. 01201353446).

на возможность незначительного роста стока к середине XXI в. в Центральной Азии и более заметное (25–50 мм) – на юге Прибайкалья, но к концу XXI в. наиболее вероятными предполагаются сценарии снижения водности рек Байкальского региона.

К ошибкам расчетов по ограниченным (непродленным) рядам наблюдений и с использованием устаревших справочных сведений добавляются погрешности, связанные с нарушением однородности и стационарности рядов гидрологических данных, которые в условиях неустойчивости климата присущи и рассматриваемым водотокам [14]. Несмотря на подтверждение гипотезы стационарности стока для большинства рек на территории бывшего СССР в конце XX в. [9] ее справедливость для последующего периода уже подвергается сомнению, при этом однородность данных может не нарушаться. Для годового стока крупных рек бассейна Северного Ледовитого океана, куда входит и водосборная территория оз. Байкал, трансформация колебаний, например, характеризуется, с одной стороны, сохранением статистической однородности многолетних данных, с другой – явно выраженной квазипериодичностью [11].

Такое положение требует регулярной корректировки расчетных расходов воды с учетом меняющихся условий формирования стока, в особенности для гидротехнических сооружений, мостовых переходов и других объектов, безопасность и эффективность эксплуатации которых зависит от реалистичности заложенных в них гидрологических показателей [4, 13].

## МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ И ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

В настоящей работе рассматривается проблема трансформации характеристик стока основных притоков оз. Байкал в замыкающих створах. Наиболее крупный приток озера – р. Селенга у рзд Мостовой имеет площадь бассейна 440000 км<sup>2</sup> (учет стока ведется с 1934 г.). Площади водосбора рек Верхняя Ангара у с. Верхняя Заимка – 20600 км<sup>2</sup> (наблюдения за стоком – с 1936 г.), Баргузин у с. Баргузин – 19800 км<sup>2</sup> (наблюдения с 1933 г.).

Эти водотоки обеспечивают 2/3 общего притока воды в озеро с территории, составляющей ~80% всей его водосборной площади. Их сток не зарегулирован водохранилищами и в незначительных масштабах используется в народном хозяйстве, а основные изменения условий его формирования связаны с преобразованиями подстилающей поверхности. В питании Верхней Ангары преобладают снеговые воды, а Селенги и Баргузина – дождевые. Для исследований использованы материалы Росгидромета по среднегодовому

стоку и максимальным расходам воды весеннего половодья и дождевых паводков за периоды  $N$  от начала наблюдений до 2015 г.

Расчет характеристик стока выполнялся в соответствии с существующими строительными нормами и справочно-методической литературой [4, 6, 8, 10, 13]. Значения характеристик стока расчетных обеспеченностей определялись при помощи аналитических кривых биномиального (Пирсона типа III) и трехпараметрического гамма-распределения (Крицкого–Менкеля), параметры вариации и асимметрии которых оценивались методом моментов и приближенного наибольшего правдоподобия. Для максимального стока также рассчитывалось усеченное распределение.

Однородность выборочных оценок средних значений  $Q_1$ ,  $Q_2$  или дисперсий  $\sigma_1^2$ ,  $\sigma_2^2$  оценивалась по критериям Фишера  $F$  и Стьюдента  $t$  с уровнем значимости 5% для разделенных на две части относительно потепления исходных рядов – от начала наблюдений по 1970 г. ( $n_1$ ) и за 1971–2015 гг. ( $n_2$ ). В случае неоднородности по одному из критериев распределение исследуемых характеристик рассчитывалось отдельно для  $n_1$  и  $n_2$  с построением общей (составной) кривой.

Для оценки внутрирядной независимости данных рассчитывался коэффициент корреляции стока в смежные годы  $r(1)$ .

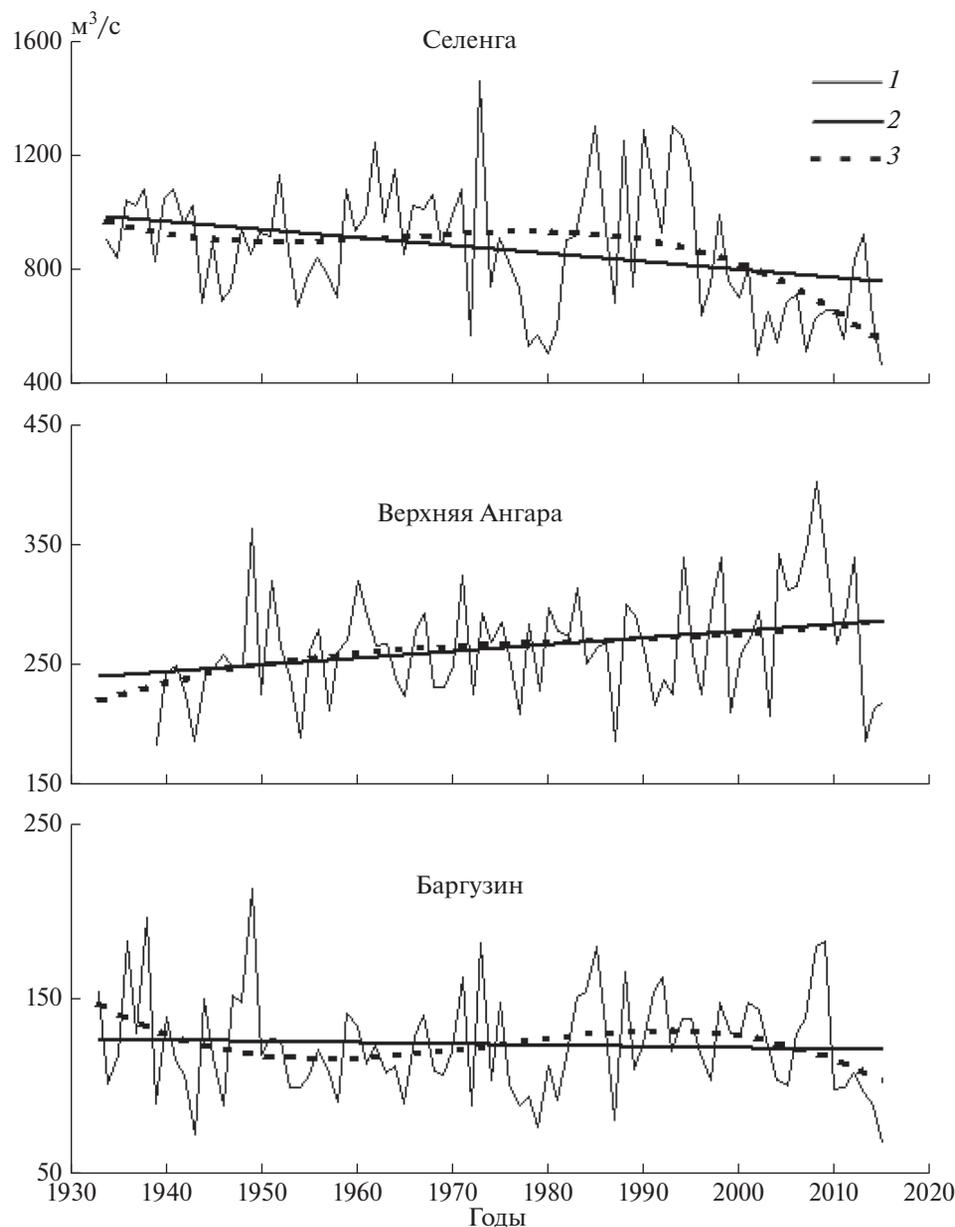
Полученные результаты сопоставлялись с данными в [1, 10], полученными по материалам наблюдений до 1970 г. и, таким образом, отражающими состояние рассматриваемых характеристик стока до начала потепления. Для сравнения использовались основные параметры распределения – среднее значение стока за расчетный период, коэффициент вариации  $C_v$ , соотношение между коэффициентами асимметрии  $C_s$  и вариации  $C_v$ , а также расчетные значения характеристик с определенной ежегодной вероятностью превышения  $P\%$ .

Расчеты выполнялись с использованием стандартного программного обеспечения (StockStat, Originlab. Origin. Pro. v.8.0 и др.).

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

### *Средний годовой сток*

Анализ динамики многолетних изменений годового стока исследуемых рек указывает на наличие для них разнонаправленных долговременных тенденций: снижение – для Селенги, рост – для Верхней Ангары и относительная стабильность – для Баргузина (рис. 1). Согласованность колебаний водности у Селенги и Верхней Ангары нарушилась с начала потепления [12].



**Рис. 1.** Динамика многолетних колебаний речного стока: 1 – текущие значения, 2 – линейный тренд, 3 – полиномиальный тренд.

В среднем скорость ежегодного снижения стока р. Селенги составила  $2.8 \text{ м}^3/\text{с}$  в год, однако после 1996 г. она стала вдвое больше, что наглядно отражает нелинейный характер тренда. Темпы роста стока Верхней Ангары были значительно ниже ( $0.6 \text{ м}^3/\text{с}$  за год), что лишь частично компенсировало дефицит водности р. Селенги и предопределило пониженный или близкий к среднему общий приток в оз. Байкал. Однако в 2013–2015 гг. водность Верхней Ангары и Баргузина с 2011 г. также существенно снизилась, а в 2015 г. сток Селенги и Баргузина оказался минимальным за весь период наблюдений. Все это стало

причиной крайне низкого притока в оз. Байкал, вызвавшего падение его уровня ниже установленного минимального значения. Подобное маловодье в бассейне оз. Байкал имело место в 1976–1981 гг. и также в основном было вызвано аномально низкой водностью р. Селенги [12].

Параметры распределения годового стока рек характеризуются значениями  $C_v$  0.17–0.26 и величиной соотношения  $C_s/C_v$  от 1.5 до 3.0. Эмпирическим точкам лучше всего соответствуют аналитические кривые трехпараметрического гамма-распределения (рис. 2). Для р. Селенги весь период

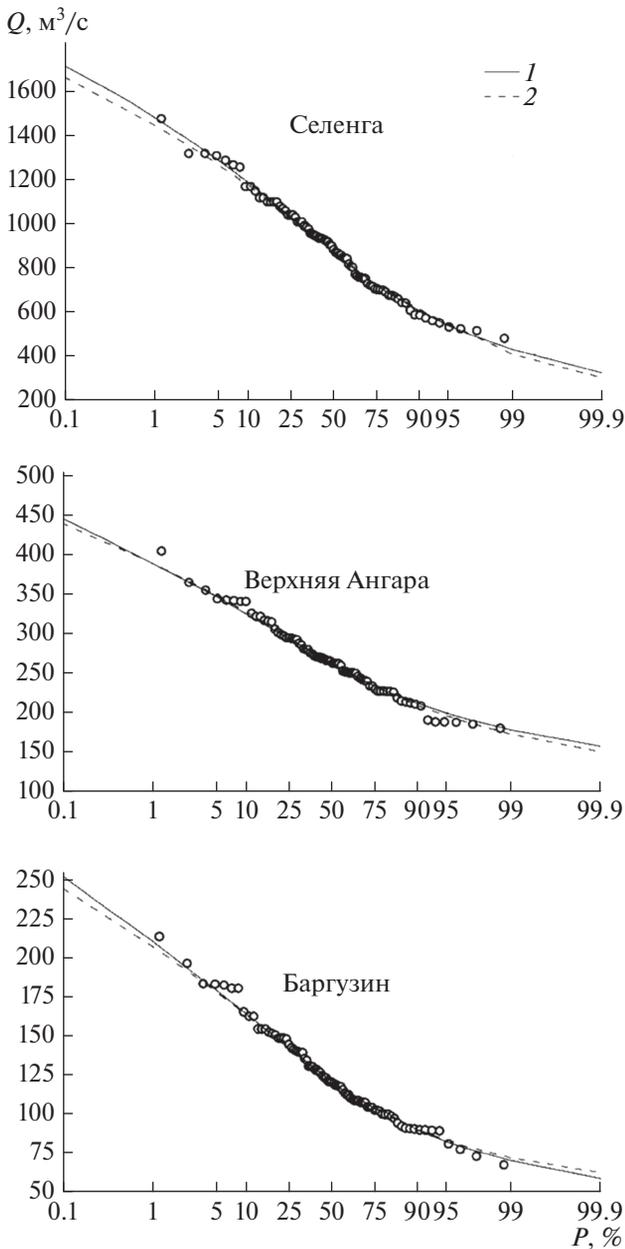


Рис. 2. Кривые обеспеченности годового стока. Аналитические функции распределения: 1 – Крицкого-Менкеля, 2 – Пирсона III типа.

наблюдений отличается, по сравнению с данными [10], увеличением диапазона колебаний, снижением среднего значения и ростом вариабельности (таблица). До потепления ее  $Q_1$  составлял  $939 \text{ м}^3/\text{с}$ , а за период 1971–2015 гг.  $Q_2$  снизился до  $831 \text{ м}^3/\text{с}$  (на 11%). Тем не менее по критерию  $t$  указанные  $Q_1$  и  $Q_2$  могут считаться однородными.

Изменчивость во второй части ряда, наоборот, существенно увеличилась ( $\sigma_1 = 140 \text{ м}^3/\text{с}$ ,  $\sigma_2 = 263 \text{ м}^3/\text{с}$ ). Соотношение соответствующих дис-

персий по критерию  $F = 3.53$  не подтверждает их однородность, вследствие чего данный ряд также не может рассматриваться как единая совокупность.

Расчетные значения стока обеспеченностью 5, 25 и 50%, полученные по  $n_2$ , с учетом указанной выше неоднородности данных дают существенно меньшие значения, чем в годы до потепления или за весь период наблюдений. Тем не менее результаты расчетов по общей аналитической кривой распределения, построенной на основе двух раздельных, практически совпадают с данными, полученными по полному ряду (разница  $10\text{--}20 \text{ м}^3/\text{с}$ ), в связи с чем последние приняты авторами статьи в качестве расчетных значений стока и приведены в таблице.

Средние значения и дисперсии стока Верхней Ангары и Баргузина в годы до и после потепления отличались менее существенно – соответствующие статистики  $t$  и  $F$  не превышали критических значений. Показатели распределения стока Верхней Ангары за полный период наблюдений, как и Селенги, характеризуются расширением диапазона колебаний в основном за счет многоводного 2008 г. и маловодья 2013–2015 гг. Несмотря на это, изменчивость стока стала существенно ниже, а средняя величина и основные расчетные значения стока в сравнении с оценками в [10] изменились незначительно и преимущественно оказываются выше на  $10\text{--}15 \text{ м}^3/\text{с}$  (~4%).

Для р. Баргузин в соответствии с отмеченной выше стабильностью изменения параметров распределения стока получились еще менее значительными – различия расчетных значений с оценками в [10] не превышают  $10 \text{ м}^3/\text{с}$ .

Внутрирядная скоррелированность (инерционность) стока соответствует крупности рассматриваемых рек – наибольшие значения  $r(1)$  характерны для р. Селенги, наименьшие – для р. Баргузин.

#### Максимальный сток весеннего половодья

Анализ многолетних колебаний максимальных расходов воды рассматриваемых рек в период половодья указывает на достаточно схожий характер этой динамики с динамикой годового стока. Для р. Селенги характерно снижение стока со скоростью  $\sim 10 \text{ м}^3/\text{с}$  в год, для Верхней Ангары – рост с интенсивностью  $\sim 6 \text{ м}^3/\text{с}$  в год, а для Баргузина – относительная стабильность с незначительным отрицательным трендом. Для всех трех рек за счет удлинения рядов на  $n_2$  имеет место расширение диапазона колебаний расходов воды, но если для Верхней Ангары это обусловлено новым наибольшим значением (2007 г.), то для двух других водотоков новыми оказались наименьшие значения.

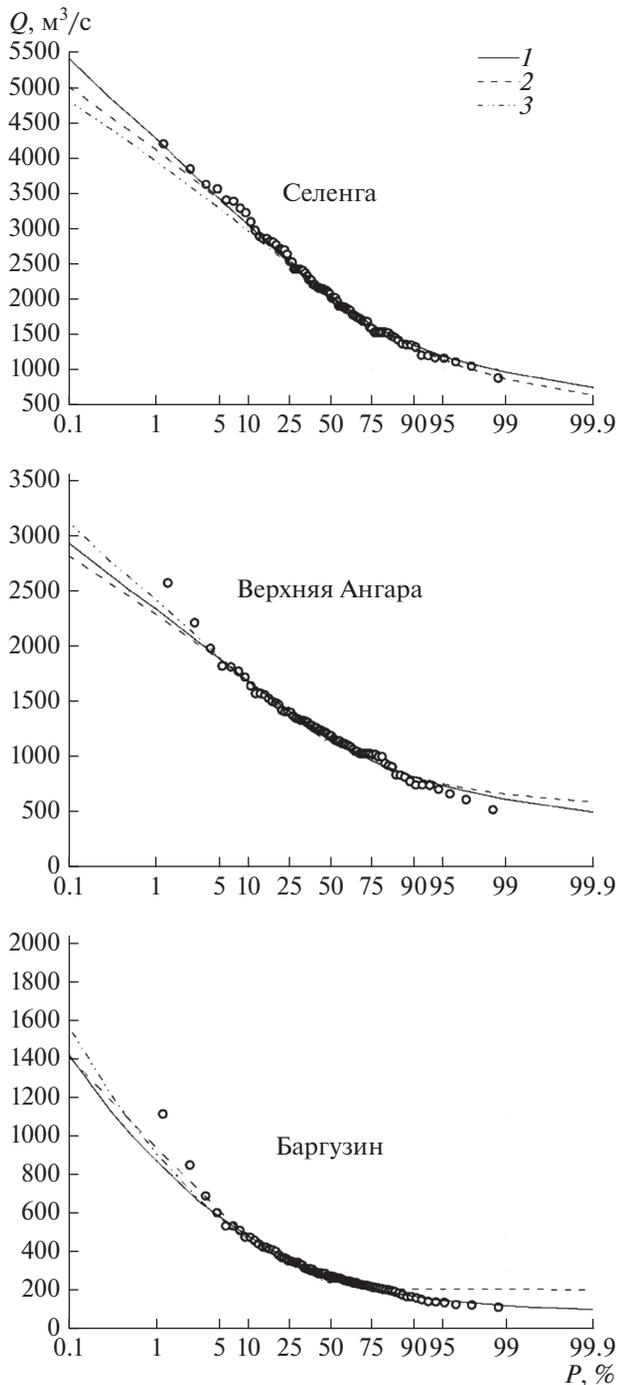
Параметры распределения и расчетные характеристики стока главных притоков Байкала за все годы наблюдений (в скобках – соответствующие значения по [10])

Показатели	р. Селенга	р. Верхняя Ангара	р. Баргузин
Годовой сток			
Среднее значение, м <sup>3</sup> /с	880 (935)	267 (256)	124 (125)
$C_v$	0.26 (0.20)	0.17 (0.24)	0.24 (0.26)
$C_s/C_v$	1.5 (5.0)	3.0 (2.0)	3.0 (3.0)
$r(1)$	0.34	0.17	0.11
Наибольший сток, м <sup>3</sup> /с	1470 (1250)	404 (364)	213 (213)
Наименьший сток, м <sup>3</sup> /с	471 (681)	185 (185)	67.2 (72.9)
$Q_{5\%}$ , м <sup>3</sup> /с	1280 (1290)	347 (332)	179 (185)
$Q_{25\%}$ , м <sup>3</sup> /с	1030 (1040)	295 (282)	142 (144)
$Q_{50\%}$ , м <sup>3</sup> /с	864 (907)	263 (254)	121 (121)
Максимальные расходы воды весеннего половодья			
Среднее значение, м <sup>3</sup> /с	2130 (2360)	1220 (1110)	317 (344)
$C_v$	0.33 (0.38)	0.30 (0.30)	0.50 (0.59)
$C_s/C_v$	2.5 (4.0)	3.5 (1.3)	6.0 (3.5)
$r(1)$	0.04	0.14	0.07
Наибольший сток, м <sup>3</sup> /с	4200 (4200)	2570 (1820)	1110 (1110)
Наименьший сток, м <sup>3</sup> /с	874 (1340)	524 (524)	129 (142)
$Q_{1\%}$ , м <sup>3</sup> /с	4180 (5350)	2420 (1980)	909 (1100)
$Q_{5\%}$ , м <sup>3</sup> /с	3420 (4120)	1910 (1690)	579 (753)
$Q_{25\%}$ , м <sup>3</sup> /с	2540 (2780)	1390 (1130)	336 (409)
Максимальные расходы воды дождевых паводков			
Среднее значение, м <sup>3</sup> /с	3170 (3550)	731/763	397/(402)
$C_v$	0.43 (0.42)	0.46 (0.56)	0.41 (0.42)
$C_s/C_v$	3.0 (4.3)	4.0 (2.7)	3.5 (2.6)
$r(1)$	0.11	-0.05	-0.13
Наибольший сток, м <sup>3</sup> /с	7620 (8900*)	1860 (1860)	909 (856)
Наименьший сток, м <sup>3</sup> /с	681 (681)	185 (185)	72.9 (72.9)
$Q_{1\%}$ , м <sup>3</sup> /с	7540 (8870)	1990 (2190)	934 (926)
$Q_{5\%}$ , м <sup>3</sup> /с	5730 (6510)	1410 (1600)	703 (725)
$Q_{25\%}$ , м <sup>3</sup> /с	3860 (4180)	884 (967)	477 (495)

\* Неподтвержденные данные.

В результате среднее значение максимальных расходов талых вод р. Селенги по полному ряду оказывается ниже на 8%, чем в [1, 10], а по части ряда  $n_2$  – на 17%. Несмотря на меньшую вариабельность стока во второй части ряда ( $\sigma_1 = 735$  м<sup>3</sup>/с,  $\sigma_2 = 630$  м<sup>3</sup>/с), статистика  $F$  по разделенному ряду оказалась ниже соответствующего критического значения, но по критерию  $t$  однородность средних значений для  $n_1$  и  $n_2$  не подтверждается.

Среднее значения стока по полному ряду для Баргузина также оказалось ниже, чем в [1, 10], а для Верхней Ангары, наоборот, выше. Разница средних значений и дисперсий до и после потепления для Верхней Ангары достаточно велика, но их однородность не нарушается, как и для Баргузина, где различия в рядах наблюдений до и после 1970 г. менее значительны, хотя  $C_v$  за счет второй части ряда существенно уменьшился. Асимметрия же стока Баргузина и Верхней Ангары за все



**Рис. 3.** Кривые обеспеченности максимальных расходов воды весеннего половодья. Здесь и на рис. 4 аналитические функции распределения: 1 – Крицкого–Менкеля, 2 – Пирсона III типа, 3 – усеченного распределения Крицкого–Менкеля.

годы наблюдений стала выше, чем до 1970 г., а Селенги, наоборот, снизилась.

Большая асимметричность колебаний расходов воды Верхней Ангары и Баргузина обуславливает заметное понижение аналитических кри-

вых распределения от наибольших наблюдаемых значений (рис. 3), при том, что для Баргузина, например, соотношение  $C_s/C_v$  для изображенных кривых 1, 2 – предельное (6.0) и уже не может быть увеличено в связи с отсутствием соответствующих таблиц с ординатами кривых распределения.

Как и для годового стока, лучше соответствуют эмпирическим точкам для максимальных расходов талых вод аналитические кривые распределения Крицкого–Менкеля, однако для Верхней Ангары и Баргузина это достигается при использовании усеченного варианта гамма-распределения.

Для Селенги рассчитано составное распределение, которое для обеспеченностей <50% фактически совпадает с распределением по полному ряду (для  $Q_{1\%}$  разница составила 30, для  $Q_{5\%}$  – 0, для  $Q_{25\%}$  – 10 м<sup>3</sup>/с), поэтому корректировка расчетных значений стока с использованием составной кривой авторами статьи не выполнялась.

В соответствии с отмеченными нюансами гамма-распределения (для Верхней Ангары и Баргузина – усеченного) и многолетними тенденциями изменились и расчетные значения стока (таблица). Для Селенги и Баргузина снижение расходов воды обеспеченностью 1%, рассчитанных за весь период наблюдений, составляет ~20%. Практически в таких же масштабах вырос соответствующий расчетный расход Верхней Ангары (17%). Для вероятностей превышения 5 и 25% отмеченные различия расчетных максимумов талых вод сохраняются по знаку, но снижаются по абсолютным и относительным значениям.

Корреляция стока смежных лет для рассматриваемых рядов невысокая и, в отличие от корреляции годового стока, минимальна для более крупного водотока – Селенги.

#### *Максимальные расходы воды дождевых паводков*

В межгодовой динамике отмечаются тенденции снижения наибольших расходов воды всех трех рек при прохождении летних дождевых паводков. Для Верхней Ангары и Баргузина они выражены незначительно и характеризуются интенсивностью <1 м<sup>3</sup>/с в год, а для Селенги средняя скорость снижения составляет ~14 м<sup>3</sup>/с в год, но, как и в случае с годовым стоком, с конца 1990-х гг. она существенно повышается.

В полных рядах наблюдений диапазон колебаний стока в сравнении с данными [10] не изменился, за исключением р. Баргузин, где максимальный паводочный расход в 1998 г. оказался наибольшим за весь период наблюдений.

В соответствии с отмеченными отрицательными трендами средние значения стока с учетом

удлинения рядов на  $n_2$  для Верхней Ангары и Баргузина уменьшились на 2–4, а Селенги – на 11%. Рассчитанные в соответствии со значениями  $Q_1$ ,  $Q_2$  и  $\sigma_1$ ,  $\sigma_2$  в рассматриваемых выборках статистики  $t$  и  $F$  не превышают критических значений, поэтому используемые ряды наблюдений могут рассматриваться как статистически однородные. На это указывают также низкие значения  $r(1)$  (абсолютное значение  $\sim 0.1$ ).

Параметры распределения максимальных паводочных расходов воды исследуемых рек за все годы наблюдений характеризуются достаточно близкой изменчивостью ( $C_v$  – от 0.41 до 0.46) и асимметричностью ( $C_s$  – 3–4 $C_v$ ). Для всех рек наилучшее соответствие аналитических кривых эмпирическим точкам – по трехпараметрическому гамма-распределению (рис. 4).

Полученные значения  $Q_{p\%}$  (таблица) для Селенги и Верхней Ангары получились на 10–15% ниже, чем в [10] или по первой части рядов ( $n_1$ ), а для Баргузина соответствующие различия получились несущественными.

Следует отметить, что указанные выше расхождения для Селенги в действительности должны быть значительно ниже, поскольку они – следствие использования в [10] завышенного наибольшего паводочного расхода воды (8900 м<sup>3</sup>/с), тогда как в этом же источнике и в других изданиях Гидрометслужбы СССР по многолетним данным приведена величина 7620 м<sup>3</sup>/с.

## ВЫВОДЫ

Произошедшая с начала 1970-х гг. трансформация стока главных притоков оз. Байкал характеризуется разнонаправленными долговременными тенденциями, изменением оценок средних значений и масштабов межгодовых колебаний, определяющих изменения параметров распределения и расчетных значений стока. Для колебаний среднегодовой водности и стока весеннего половодья наиболее заметна тенденция снижения – для р. Селенги и роста – для Верхней Ангары, в результате чего соответствующие расчетные значения стока Селенги уменьшились, а Верхней Ангары, наоборот, увеличились.

Изменения колебаний максимальных расходов воды дождевых паводков исследуемых рек более согласованы и выражаются в снижении значений в сравнении с более ранними данными. Для р. Баргузин характерна относительная устойчивость всех рассматриваемых показателей водности.

Распределение характеристик стока всех трех рек лучше всего описывается аналитическими функциями распределения Крицкого–Менкеля.

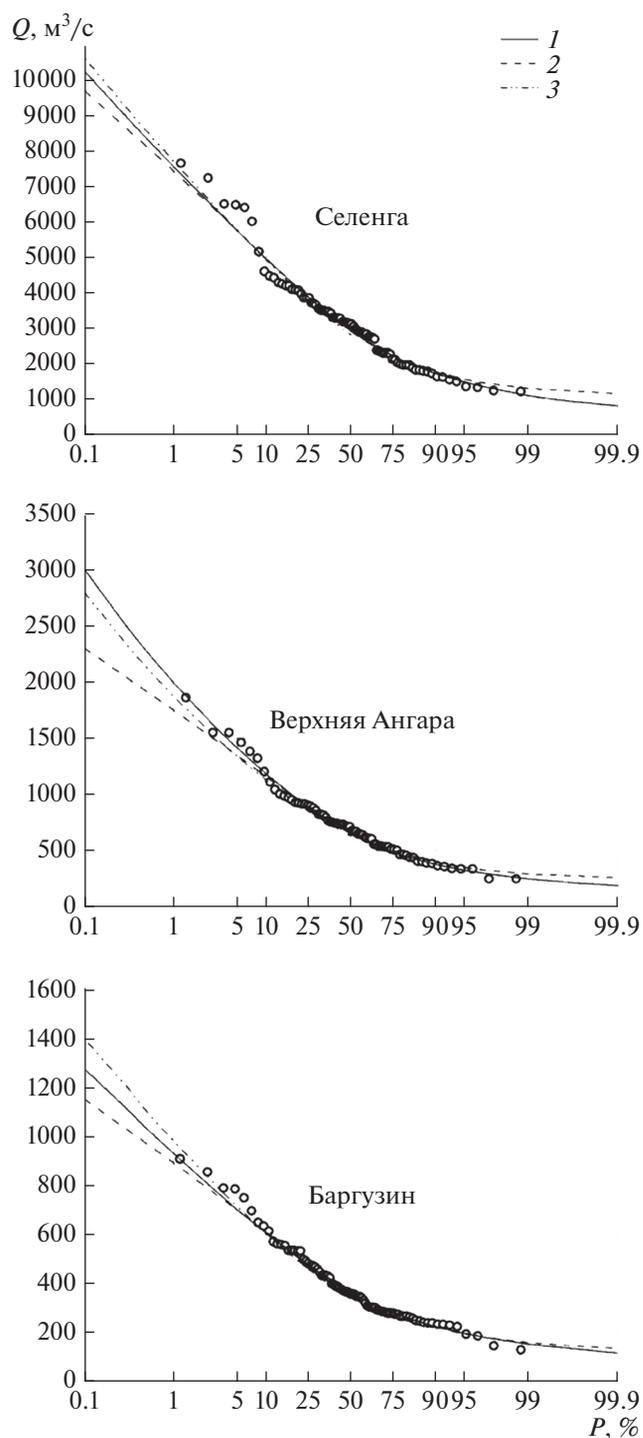


Рис. 4. Кривые обеспеченности максимальных расходов воды дождевых паводков.

Для стока половодья Верхней Ангары и Баргузина более точное – усеченное распределение.

Статистическая однородность исходных рядов стока в основном сохраняется. Отмеченная для р. Селенги неоднородность по одному из показателей (дисперсии по годовому стоку и средние

значения по максимальным расходам воды) не приводит к существенным изменениям расчетных значений этих характеристик.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Афанасьев А.Н.* Водные ресурсы и водный баланс бассейна оз. Байкал. Новосибирск: Наука, 1976. 238 с.
2. *Израэль Ю.А., Груза Г.В.* Изменения глобального климата. Роль антропогенных воздействий // *Метеорология и гидрология*. 2001. № 5. С. 5–21.
3. *Лобанова А.Г., Кокорев А.В.* Методы оценки параметров распределения для инженерно-гидрологических расчетов и их практическое использование при обобщении информации в пунктах гидрометрических наблюдений // *Тез. докл. VII Всерос. гидрол. съезда. Секция 2*. СПб., 2013.
4. Методические рекомендации по определению расчетных гидрологических характеристик при наличии гидрометрических наблюдений. СПб.: ГГИ, 2005. 124 с.
5. Методические рекомендации по оценке обеспеченных расходов проектируемых гидротехнических сооружений при неустановившемся климате / Под ред. Коваленко В.В. СПб.: РГГМУ, 2010. 51 с.
6. Методические рекомендации по оценке однородности гидрологических характеристик и определению их расчетных значений по неоднородным данным. СПб.: Нестор-История, 2010. 162 с.
7. *Мохов И.И., Хон В.Ч.* Гидрологический режим в бассейнах сибирских рек: модельные оценки изменений в 21 веке // *Метеорология и гидрология*. 2002. № 8. С. 77–90.
8. *Пособие по определению расчетных гидрологических характеристик*. Л.: Гидрометеиздат, 1984. 448 с.
9. *Пространственно-временные колебания стока рек СССР* / Под ред. Рождественского А.В. Л.: Гидрометеиздат, 1988. 375 с.
10. *Ресурсы поверхностных вод СССР*. Т. 16. Вып. 3. Л.: Гидрометеиздат, 1973. 400 с.
11. *Симонов Ю.А., Христофоров А.В.* Анализ многолетних колебаний стока рек бассейна Северного Ледовитого океана // *Вод. ресурсы*. 2005. Т. 32. № 6. С. 645–652.
12. *Синюкович В.Н., Сизова Л.Н., Шимараев М.Н., Курбатова Н.Н.* Особенности современных изменений притока воды в озеро Байкал // *География и природ. ресурсы*. 2013. № 4. С. 57–63.
13. СП 33-101-2003. *Определение основных расчетных гидрологических характеристик*. М.: Госстрой России, 2004. 73 с.
14. *Чернышов М.С., Синюкович В.Н.* К проблеме определения расчетных гидрологических характеристик основных притоков оз. Байкал в условиях неустойчивости климата // *Современные проблемы географии и геологии: Матер. III Междунар. науч.-практ. конф. с элементами шк.-семинара для студентов, аспирантов и молодых ученых*. Томск: Изд-во ТГУ, 2014. С.599–602.
15. *Шимараев М.Н., Куимова Л.Н., Синюкович В.Н., Цехановский В.В.* О проявлении на Байкале глобальных изменений климата в XX столетии // *Докл. РАН*. 2002. Т. 383. С. 397–400.
16. *Шимараев М.Н., Старыгина Л.Н.* Зональная циркуляция атмосферы, климат и гидрологические процессы на Байкале (1968–2007 гг.) // *География и природные ресурсы*. 2010. № 3. С. 62–68.
17. *Arnell N.* Climate change and global water resources // *Global Environ. Change*. 1999. № 9. P. 31–49.
18. *Arnell N.W., van Vuuren D.P., Isaac M.* The implications of climate policy for the impacts of climate change on global water resources. *Global Environ. Change*. 2011. V. 21. Is. 2. P. 592–603. <http://doi.org/doi.10.1016/j.gloenvcha.2011.01.015>.
19. *Climate Change 2001. The Scientific Basis. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the IPCC. Summary for Policymakers and Technical Summary*. WMO/UNEP, 2001. [http://www.grida.no/publications/other/ipcc\\_tar/](http://www.grida.no/publications/other/ipcc_tar/).