

УДК 556.535

## МНОГОЛЕТНИЙ РЕЖИМ СТОКА РЕК ЗАБАЙКАЛЬЯ: АНАЛИЗ И ФОНОВЫЙ ПРОГНОЗ

© 2012 г. В.А. Обязов, В.К. Смахтин

*Институт природных ресурсов, экологии и криологии Сибирского отделения  
Российской академии наук, г. Чита*

**Ключевые слова:** речной сток, режим стока рек, многолетние тенденции, цикличность, изменения климата, температура воздуха, атмосферные осадки.

Рассматриваются долговременные изменения стока рек в Забайкалье. Колебания стока имеют циклический характер и зависят от многолетних изменений атмосферных осадков. Длительные тенденции увеличения или уменьшения стока не выявлены. Согласно прогнозу до 2021–2023 гг. будет преобладать сток выше нормы.



В.А. Обязов



В.К. Смахтин

### Введение

Сток рек, которые по образному выражению А.И. Воейкова являются «продуктом климата» [1], не может не реагировать на происходящие его изменения. Учитывая важность стока, как ресурса, определяющего разнообразные аспекты деятельности человека, представляется важным выявлять многолетние его изменения, в т. ч. и в условиях меняющегося климата. В данной работе поставлены задачи: раскрыть структуру межгодовых колебаний стока рек Забайкалья и закономерности многолетних тенденций его изменений, составить фоновый прогноз на ближайшие 10–12 лет.

Водное хозяйство России № 1, 2012

# Водное хозяйство России

Анализ выполнялся по данным о средних месячных и средних годовых расходах воды 62 рек Забайкалья (84 створа), данным о средних месячных и средних годовых температурах воздуха, месячных и годовых суммах атмосферных осадков.

В работе использованы методы статистического и географического анализа. Тренды вычислялись методом наименьших квадратов, цикличность оценивалась путем построения интегральных разностных кривых. Теснота связи между анализируемыми рядами оценивалась с помощью корреляционного анализа. Достоверность линейных трендов и коэффициентов корреляции оценивалась при 5 % уровне значимости.

### Реки Забайкалья

Реки Забайкалья (Забайкальский край, Республика Бурятия) относятся к трем крупным речным бассейнам: Амура, Лены и Енисея (рис. 1). Эти бассейны занимают примерно одинаковые площади на территории Забайкалья. К наиболее крупным рекам бассейна Амура относятся Аргунь и Шилка с ее притоками Ононом и Ингодой. Ленский бассейн, в основном, представлен Витимом и его притоками; Олекма и ее притоки Нюкжа и Чара име-

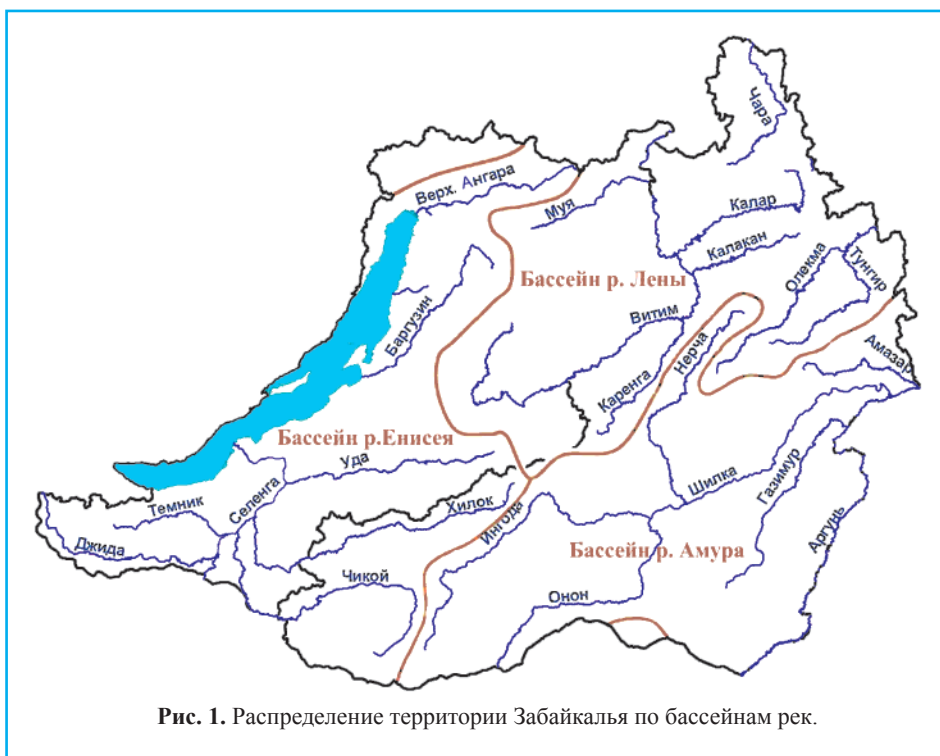


Рис. 1. Распределение территории Забайкалья по бассейнам рек.

ют на территории Забайкалья относительно небольшие по протяженности участки верхнего течения. Самой большой рекой бассейна Енисея является р. Селенга, впадающая в оз. Байкал. К наиболее крупным ее притокам относятся реки Уда, Хилок, Чикой, Джида. Кроме Селенги к крупным притокам оз. Байкал можно отнести реки Баргузин и Верхнюю Ангару.

### **Изменения климата Забайкалья**

Характерной чертой изменения климата в Забайкалье является повсеместный рост температуры воздуха. С середины прошлого века средняя по территории температура воздуха возросла на 1,9 °С. В разных районах величины тренда несколько отличаются, изменяясь, в основном, от 1,7 до 2,2 °С. Тренды имеют высокую степень достоверности: эмпирические значения статистики Стьюдента превышают табличные даже при 0,5 % уровне значимости.

Наибольшее потепление отмечается в феврале (в среднем по территории более чем на 4 °С) и в несколько меньшей степени в марте и апреле. В другие месяцы величина тренда составляет от 1,0 до 1,7 °С.

Тенденции многолетних изменений годовых сумм атмосферных осадков за период с середины XX в. в разных районах Забайкалья имеют свои особенности, отличаясь как по величине, так и по знаку. В районах, относящихся к бассейну Лены, количество осадков увеличилось, а в бассейне Амура, наоборот, в основном, уменьшилось. Разные знаки изменений отмечаются на территориях, принадлежащих бассейну Енисея. На большей части Забайкалья тренды статистически недостоверны при 5 % уровне значимости. При этом они обладают временной неустойчивостью: при изменении длины ряда обычно меняется величина тренда и даже знак.

В межгодовых изменениях атмосферных осадков хорошо выражена цикличность. С середины прошлого века можно выделить две влажные фазы, которые продолжались с 1955–1964 и 1982–1998 гг. Сухая фаза приходилась на 1965–1981 гг. Очередная фаза пониженной увлажненности началась в 1999 г., а ее окончание пока сложно датировать. Возможно, она закончилась в 2007 или 2008 году.

### **Многолетние изменения стока рек**

Внутригодовое распределение речного стока в Забайкалье неравномерно. Крайней неравномерностью оно отличается в бассейнах рек Лены и Амура. На большинстве относящихся к бассейну Лены рек сток в период ледостава (ноябрь–март) не превышает 1 % годового объема и только на р. Чаре составляет около 5 %. На неперемежающихся крупных реках Амур-

ского бассейна доля зимнего стока в среднем равна 3–5 %, а на перемерзающих реках – менее 1 %. Сток принадлежащих бассейну Енисея рек характеризуется не столь значительной неравномерностью. Лишь на отдельных реках сток в период ледостава не превышает 5 %. На многих реках, особенно притоках оз. Байкал, доля зимнего стока в годовом объеме составляет от 12 до 18 %, а на р. Турке достигает 27 %. Таким образом, сток в период открытого русла, доля которого на подавляющем большинстве рек превышает 95 %, определяет характер изменения годового стока, в целом. В связи с этим при дальнейшем анализе многолетних изменений годового стока будем полагать, что соответствующие выводы относятся и к стоку в период открытого русла.

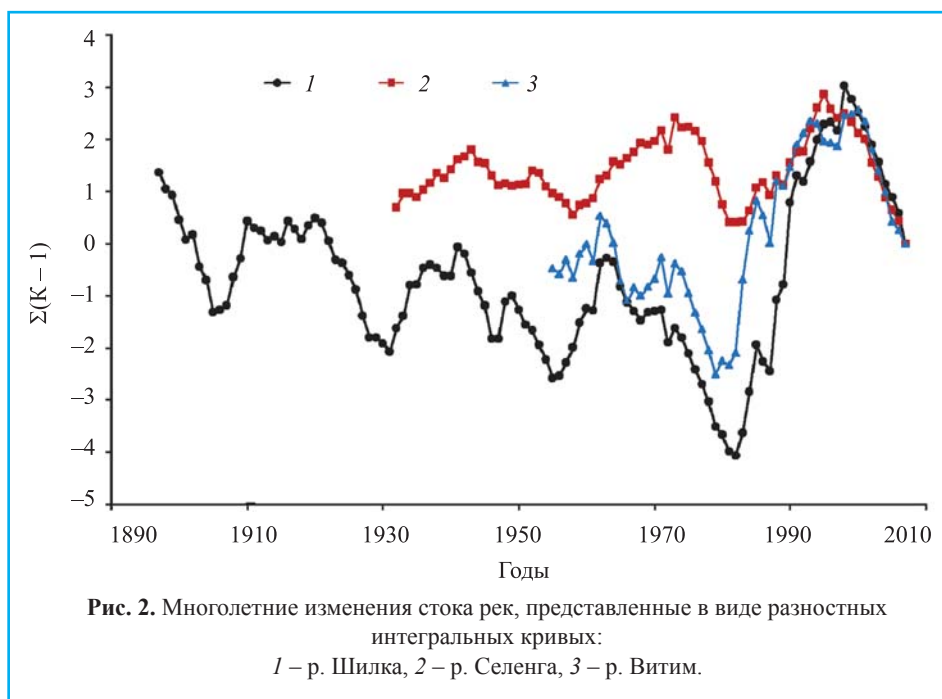
Многолетние изменения годового стока на территории Забайкалья происходят достаточно согласованно. Наибольшая согласованность отмечается в бассейне р. Амур, где коэффициенты корреляции между рядами стока большинства рек превышают значение 0,7. В бассейне Селенги значения коэффициентов корреляции также достаточно высоки, особенно между стоком Селенги и ее правых притоков Чикоя, Хилка, Уды. Сток притоков оз. Байкал (без Селенги) слабо коррелирует между собой. Большинство этих рек имеют площадь водосбора менее 1000 км<sup>2</sup>, т. е. на их режим большое влияние оказывают азональные факторы, что и обуславливает слабую согласованность многолетних изменений расходов воды. У впадающих в Байкал с запада и севера рек Баргузин и Верхняя Ангара корреляция стока также весьма мала ( $r = 0,36$ ). Согласованность стока р. Витима и его притоков (бассейн Лены) достаточно высока и характеризуется коэффициентами корреляции, в основном превышающими 0,6. Однако сток этих рек практически не коррелирует со стоком р. Чары, также относящейся к бассейну Лены.

Совместный анализ многолетних изменений годового стока наиболее крупных рек Забайкалья обнаружил их хорошую согласованность (табл. 1).

Многолетние изменения годового стока характеризуются циклическостью. Она присуща практически всем рекам Забайкалья. Однако продолжительность циклов не остается постоянной в пространстве и во времени, меняется длительность многоводных и маловодных фаз. Сопоставление дан-

**Таблица 1.** Матрица парных коэффициентов корреляции между рядами среднего годового стока

Реки	Витим	Селенга	Шилка
Витим	1		
Селенга	0,55	1	
Шилка	0,76	0,70	1



ных о годовом стоке рек Шилки, Селенги и Витима (рис. 2) показало, что колебания в целом совпадают. Однако видны и отличия, которые выражаются в несовпадении дат начала и окончания фаз водности, а также их продолжительности.

В пределах основных бассейнов эти различия ограничиваются, как правило, 1–2 годами, хотя по некоторым рекам выявляются и более существенные расхождения дат.

Практически на всей территории Забайкалья достаточно четко выражена последняя многоводная фаза, которая началась в начале 80-х годов прошлого века. На большинстве рек Амурского бассейна она завершилась в 1998 г. В бассейне Лены на разных реках переход от многоводной фазы к маловодной произошел в период с 1998 по 2001 гг., а в бассейне Селенги – в период с 1995 по 2001 гг.

Несмотря на то, что на рубеже 1990-х и 2000-х на подавляющем большинстве рек многоводная фаза сменилась маловодной, на некоторых реках понижение водности так и не произошло. К таким рекам в бассейне Енисея относятся реки Джиды, Верхняя Ангара, Баргузин, а также некоторые малые реки. В бассейне Лены не подчиняется общему правилу водный режим р. Чары, в котором циклы практически не выражены. Наиболее вероятной причиной этого является то, что Чара вытекает из горного озера, являющегося естественным регулятором ее стока.

Таблица 2. Характеристика циклов водности р. Шилки

Многоводная фаза			Маловодная фаза			Длительность цикла
Год начала	Год окончания	Продолжительность	Год начала	Год окончания	Продолжительность	
1906	1920	15	1921	1931	11	26
1932	1941	10	1942	1955	14	24
1956	1963	8	1964	1982	19	27
1983	1998	16	1999	2007	9	25

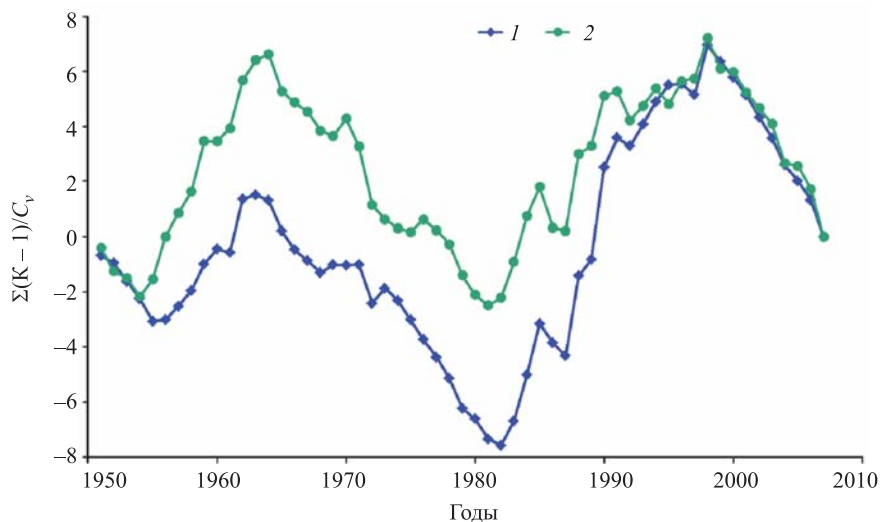
По данным ряда значений годового стока гидрологического поста р. Шилка – г. Сретенск, имеющего наиболее продолжительный ряд наблюдений с 1897 г, выполнена оценка циклической структуры межгодовых изменений стока. При анализе выявлено наличие четырех циклов (табл. 2) и уточнены даты начала и окончания некоторых из них, выявленных одним из авторов ранее [2]. Выявленные циклы относятся к внутривековым и имеют продолжительность от 24 до 27 лет, хотя дата окончания последнего цикла и, соответственно, его продолжительность из-за некоторой неопределенности могут быть впоследствии уточнены.

Несмотря на то, что длительность циклов мало отличается друг от друга, продолжительность фаз водности меняется в два раза.

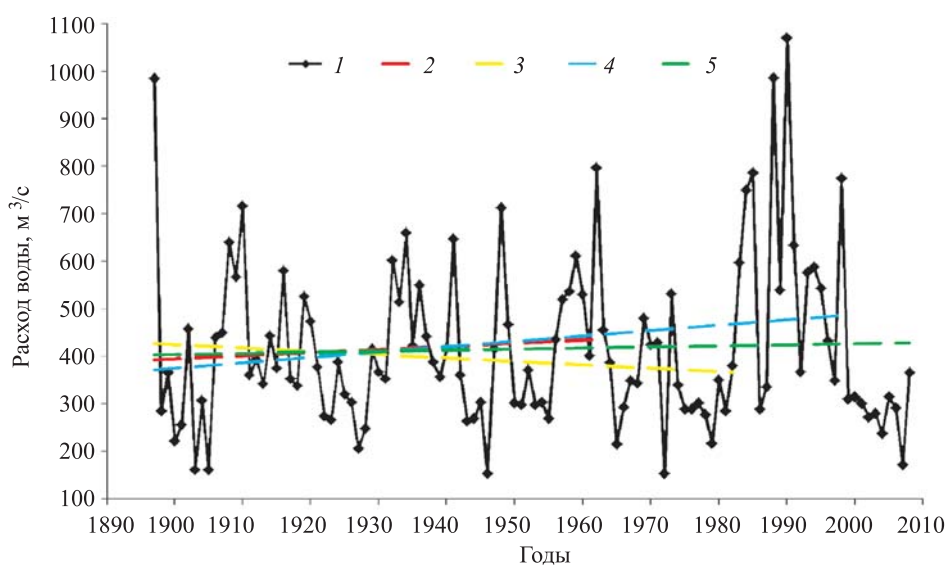
Многолетние колебания стока обусловлены межгодовыми изменениями атмосферных осадков, в режиме которых также хорошо проявляется цикличность. Наиболее высокая степень согласованности осадков и стока отмечается в бассейне Амура (рис. 3). Коэффициенты корреляции между рядами стока всех рек этого бассейна и средней суммы осадков превышают значение 0,7.

Несколько меньшими значениями коэффициентов корреляции характеризуется зависимость стока от осадков в бассейнах Енисея и Лены. Тем не менее, для большинства рек они имеют статистически значимую достоверность.

Анализ многолетних тенденций показал их неустойчивость. В качестве иллюстрации на рис. 4. представлены тренды, вычисленные по ряду стока р. Шилки за различные временные отрезки. В период 1897–1963 гг., который завершился многоводной фазой, тренд имел положительный знак. После маловодной фазы 1964–1982 гг. знак тренда сменился на отрицательный. Последовавший затем многоводный период, продолжавшийся до 1998 г., привел к обратной смене его знака. Хотя последняя маловодная фаза не вызвала смену знака, но величина тренда существенно уменьшилась и приблизилась к нулю.



**Рис. 3.** Многолетние изменения стока р. Шилки (1) и сумм атмосферных осадков (2), осредненных по территории Забайкалья, относящейся к бассейну Амура (разностные интегральные кривые).



**Рис. 4.** Изменения величины и знака тренда межгодовых изменений стока р. Шилки у г. Сретенска при различной продолжительности ряда наблюдений:  
1 – исходный ряд; 2 – линейный тренд за период 1897–1963 гг.; 3 – линейный тренд за период 1897–1982 гг.; 4 – линейный тренд за период 1897–1998 гг.; 5 – линейный тренд за период 1897–2008 гг.

Такой характер тенденций многолетних изменений годового стока, когда они со временем меняют величину и даже знак, присущ большинству рек Забайкалья. Причиной этого является цикличность. Величина и знак тренда во многом зависят от продолжительности ряда наблюдений, используемого для анализа, и в большей степени определяется характером фазы водности в конце ряда. В случае завершения ряда многоводной фазой наиболее часто тренд имеет положительный знак, а в случае завершения маловодной фазой – отрицательный.

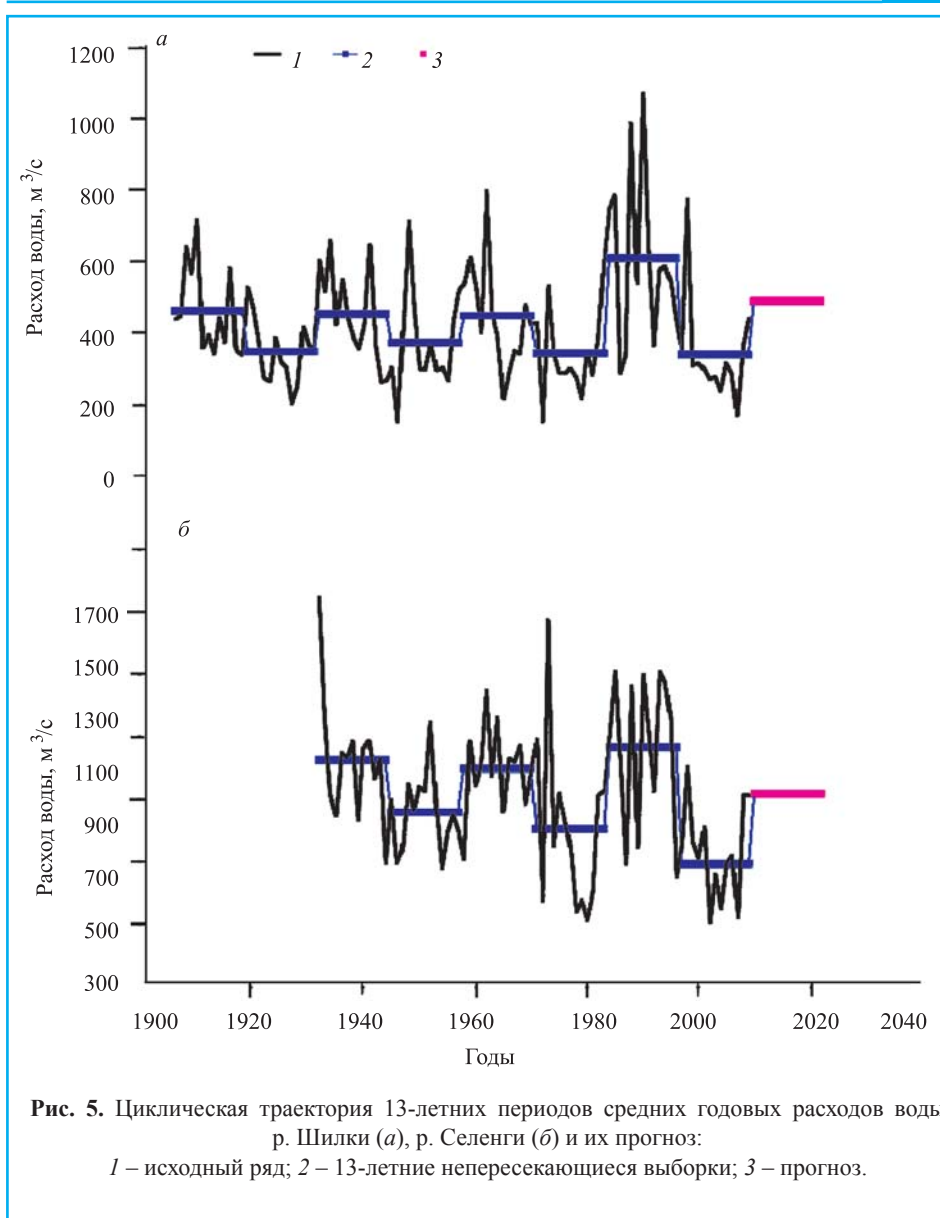
В результате преобладания на большей части Забайкалья в последние годы маловодных лет на многих реках проявляются отрицательные тренды. На реках, где маловодная фаза проявилась слабо или не проявилась совсем, выявляются положительные тренды. Отрицательные тренды проявляются почти на всех реках Амурского бассейна, на Селенге и ее правых притоках, части рек бассейна Лены и части рек, впадающих в оз. Байкал. Положительные тренды характерны для левых притоков Селенги, рек Верхняя Ангара, Баргузин и некоторых малых рек. При этом статистически значимыми являются тренды лишь на отдельных реках.

Таким образом, наиболее характерной чертой многолетнего режима годового стока является цикличность. Выявляемые тренды неустойчивы и меняют свою величину и знак в основном в зависимости от того, какая фаза (маловодная или многоводная) завершает исследуемый ряд. На основании этого можно сделать вывод, что в целом речной сток Забайкалья не имеет тенденций уменьшения или увеличения. Ранее выявленные одним из авторов тенденции увеличения стока рек бассейна Амура [3, 4] следует считать соответствующими лишь определенному интервалу времени.

В связи с преобладанием в структуре межгодовых колебаний стока внутривековой цикличности прогноз будущих изменений стока должен основываться на их закономерностях. Для этих целей использован динамико-адаптивный метод  $\alpha$  Е.А. Леонова [5]. Прогноз осуществлялся по данным наиболее длительных рядов рек Шилки и Селенги, бассейны которых занимают значительную часть Забайкалья.

В результате полного перебора выбрана наиболее строгая циклическая траектория, длительность непересекающихся выборок которой составили на обеих реках 13 лет. Такая траектория соответствует средней продолжительности циклов равной 26 годам, что хорошо согласуется с данными табл. 2. Расчет показал, что водность следующего периода, приблизительно равного 13 годам, будет повышенной, т. е. будут преобладать годы со средним годовым стоком, превышающим норму (рис. 5).





### Выводы

Анализ многолетнего режима стока рек Забайкалья позволил сделать следующие выводы:

1. Наиболее характерной чертой многолетнего режима годового стока рек является цикличность. Она присуща практически всем рекам Забайка-

ля и обусловлена циклическим характером межгодовых изменений атмосферных осадков. Продолжительность циклов не остается постоянной во времени, меняется длительность многоводных и маловодных фаз. Существуют также пространственные отличия продолжительности циклов, дат их начала и окончания. Тем не менее, на большей части территории Забайкалья изменения стока происходят достаточно согласованно.

2. Тенденции многолетних изменений годового стока меняют свои величины и даже знаки, как во времени, так и в пространстве. Причиной этого является цикличность. Величина и знак тренда во многом зависят от продолжительности ряда наблюдений, используемого для анализа, и в большей степени определяется характером фазы водности в конце ряда. В случае завершения ряда многоводной фазой наиболее часто тренд имеет положительный знак, а в случае завершения маловодной фазой – отрицательный. Подавляющее большинство трендов статистически незначимы. Следовательно, на территории Забайкалья отсутствуют длительные тенденции увеличения или уменьшения речного стока.

3. Водность рек Забайкалья в следующем периоде приблизительно до 2021–2023 гг. будет повышенной, т. е. будут преобладать годы со средним годовым стоком, превышающим норму.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Воейков А.И.* Избранные сочинения. Т. 1. – М.-Л.: Изд-во Акад. наук СССР, 1948. 750 с.
2. *Обязов В.А.* Многолетние колебания стока рек Юго-Восточного Забайкалья // Известия ВГО. 1998. Вып. 3. С. 72–77.
3. *Обязов В.А.* Изменение увлажненности бассейна верхнего Амура в XX веке // Доклады академии наук. 1999. № 4. Т. 366. С. 547–548.
4. *Обязов В.А.* Вековые тенденции изменений климата на юго-востоке Забайкалья и в сопредельных районах Китая и Монголии // Метеорология и гидрология. 1999. № 10. С. 33–40.
5. *Леонов Е.А.* Сверхдолгосрочные прогнозы водности рек – проблемы глобальной гидрологии // Известия ВГО. 1990. Вып. 6. С. 233–240.

#### Сведения об авторах:

Обязов Виктор Афанасьевич, к. г. н., доцент, заведующий лабораторией, Институт природных ресурсов, экологии и криологии СО РАН (ИПРЭК СО РАН), Россия, 672014, г. Чита, ул. Недорезова, 16а; e-mail: obviaf@mail.ru

Смахтин Виталий Константинович, инженер, ИПРЭК СО РАН, Россия, 672014, г. Чита, ул. Недорезова, 16а; e-mail: vitalij-smakhtin@yandex.ru