

УДК 504:913 (57)

Е.А. Ельчанинов, В.И. Коннов, Р.А. Михайлов

ИЗМЕНЕНИЕ СТОКА МАЛЫХ РЕК ВОСТОЧНОГО ЗАБАЙКАЛЬЯ ПРИ ДОБЫЧЕ РОССЫПНОГО ЗОЛОТА

Приведены результаты исследования изменения гидрологического режима малых рек Восточного Забайкалья при отработке россыпных месторождений золота в их руслах и поймах.

Ключевые слова: разработка россыпных месторождений золота, малые реки, гидрологический режим рек, уклоны рек.

В Восточном Забайкалье, в частности Забайкальском крае, основное влияние на малые реки оказывает горнодобывающая промышленность. Подавляющее количество разведанных месторождений золота, свинца, серебра, угля, олова, других редких металлов располагаются в долинах малых и средних рек. На территории Забайкальского края учтено около 350 россыпных и рудных месторождений золота.

Месторождения россыпного золота занимают пойменную и русловую части рек. Вскрышными работами нарушаются плодородные пойменные земли, режим поверхностных вод. В дождевые паводки с отвалов и нарушенных площадей в реки выносятся взвешенные частицы, увеличивая их содержание в контрольных створах водотоков при смешении с загрязненным стоком, поступающим по руслоотводным каналам. Строительство гидротехнических сооружений, дорог, мостов, добыча полезных ископаемых в ряде случаев выполняется непосредственно в руслах рек. В зависимости от выполняемых объемов работ, длины линейных сооружений или месторождений полезных ископаемых происходит изменение гидро-

логического и гидрохимического режимов рек, что в свою очередь отрицательно сказывается на рыбопродуктивности водных объектов.

Распространенным нарушением природоохранного законодательства у старательских артелей является превышение ПДК взвешенных веществ в водах, сбрасываемых из отстойников в водотоки [1—4]. Загрязнение рек происходит не только под влиянием деятельности человека, но и под воздействием природно-климатических факторов характерных для Читинской области.

С целью изучения основных факторов, вызывающих загрязнение малых рек взвешенными веществами при искусственном изменении их русел в условиях Восточного Забайкалья, были исследованы участки малых рек, на которых ведется отработка россыпных месторождений золота. К основным факторам, влияющим на поступление твердого стока в реки, относятся летне-осенние дождевые паводки, значительные уклоны рек и легкий механический состав грунтов [5, 6].

В качестве объекта исследований были взяты малые водотоки, в некоторой части которых производилась, производится или проектируется отработка

Таблица 1

Уклоны малых рек Байкальского бассейна на территории Забайкальского края

Название реки	Куда впадает (в главную ре- ку)	Верхний участок			Средний участок			Нижний участок		
		Длина, км	Разница отметок, м	Уклон	Длина, км	Разница отметок, м	Уклон	Длина, км	Разница отметок, м	Уклон
Аса (Аца)	Чикой	1	35,0	0,035	45	186,3	0,0041	39	46,9	0,0012
Правая Грмячка	Чикой	1,5	83,8	0,056	11	294,2	0,027	2,5	65,5	0,026
Левая Грмячка	Чикой	3,5	211,0	0,060	6	188,7	0,031	6,5	154,8	0,024
Долентуй	Чикой	1,5	120,0	0,08	10	280,0	0,028	6,5	93,4	0,0143
Выезжая	Чикой	2	40,0	0,02	12	188,0	0,016	12	112,0	0,0093
Солон-цовая	Чикой	3	105,0	0,035	17	192,6	0,011	15	95,0	0,0063
Урлук	Чикой	1,5	110,0	0,073	27	304,7	0,011	25,5	142,0	0,006
Тарбагатай	Хилок	2	60,0	0,03	7	160,0	0,023	7	125,6	0,018
Хилкотой	Катанца	2	90,0	0,045	64	560,8	0,0087	24	187,2	0,0078
Ямаровка	Чикой	3,5	248,0	0,071	7	171,0	0,024	5,5	111,3	0,020
Нарымка	Чикой	3	137	0,046	7	205,3	0,029	6	124,8	0,021
Афонькина	Чикой	1,5	100,0	0,066	9	252,0	0,028	8,5	101,9	0,012

Таблица 2

Результаты анализа уклонов участков исследуемых малых рек

Количество рек, бассейн	Количество участков рек и их уклоны		
	Верхние участки горного типа	Средние участки предгорного типа	Нижние участки равнинного типа
	Уклон $i > 0,05$, диаметр грунта $d > 50$ мм	Уклон $0,001 < i < 0,05$, диаметр грунта $1 < d < 50$ мм	Уклон $i < 0,001$ диаметр грунта $d < 1$ мм
20 рек Амурского бассейна	4	14	1
12 рек Байкальского бассейна	6	6	-
9 рек Ленского бассейна	8	-	1

открытых месторождений россыпного золота, а речной поток отводится по руслоотводному каналу [7]. В Забайкальском крае формируются воды трех крупных водных бассейнов Сибири и Дальнего Востока: Амурского, Ленского и Байкальского. В Амурском бассейне (на него приходится около 55 % от площади области) выделено 20 малых рек длиной от 10 до 120 км, в Ленском бассейне (30,4 % от площади области) — 9 малых рек длиной от 19 до 48 км и в Байкальском бассейне (13,3 % от площади области) — 12 малых рек длиной от 15 до 90 км.

В результате анализа уклонов верхнего, среднего и нижнего участков водотоков Ленского и Байкальского бассейнов установлено, что их верхний участок в подавляющем большинстве случаев относится по классификации к горным участкам рек. Этот тип характеризуется средним уклоном, превышающим 0,05, донные наносы представлены валунно-галечниковым гравелистым материалом (средний диаметр более 50 мм) [8]. К таким рекам в Ленском бассейне из 9 исследованных водотоков относятся 8, в Байкальском — из 12 исследованных 6. В Амурском бассейне лишь 4 реки из 20 исследованных в верхнем течении имеют уклон более 0,05. В качестве примера в табл. 1 и 2 приведены результаты исследования уклонов участков рек Байкальского бассейна.

Средние и нижние участки изучаемых рек имеют уклон водной поверхности, лежащий в пределах 0,001 — 0,05, и лишь две реки в нижнем течении (Амурского и Ленского бассейнов) имеют уклоны менее 0,001. Участки рек с уклонами от 0,001 до 0,05 относятся к предгорным участкам. Донные

наносы на таких участках сложены гравелисто-галечниково-песчаными материалами (средний диаметр изменяется от 1 до 30 мм) [9].

Для установления изменения стока малых рек при отработке россыпных месторождений золота были выполнены исследования гидрологического режима р. Багдарин — с. Багдарин по методу аналогий, рекомендуемому СНиП 2.01.14-83 «Определение расчетных гидрологических характеристик» [10]. Для использования метода аналогии были подобраны реки-аналоги р. Чина — прииск Троицкий и р. М. Амалат — с. М. Амалат, бассейны которых находятся рядом с бассейном р. Багдарин в сходных физико-географических условиях. В табл. 3 приводится характеристика бассейнов исследуемых рек. Бассейны рек-аналогов не нарушены отработкой месторождений и сток этих водотоков является естественным за весь период наблюдений. Отработка россыпи на р. Багдарин велась дражным способом. Площади бассейнов рек Багдарин, Чина и М. Амалат соответственно равны 280 км², 448 км² и 1170 км², средние высоты бассейнов соответственно 1240 м, 1440 м и 1210 м. Период наблюдений за стоком рек ведется: р. Багдарин — п. Багдарин — с 1959 г.; р. Чина — прииск Троицкий — с 1958 г.; р. М. Амалат — с. М. Амалат — с 1959 г. Общий срок наблюдений равен 46 годам. Исходные данные для расчетов получены в Забайкалгидрометеоцентре.

Примечания: длина реки, указанная в числителе, измерена от истока до рассматриваемого створа, в знаменателе — от наиболее удаленной точки речной системы до рассматриваемого створа; среднемноголетние данные по максимальному расходу воды приве-

Таблица 3

Характеристика бассейнов исследуемых рек

Река – пункт	Длина реки до створа, км	Залеженность, %	Заболоченность, %	Средний уклон реки, ‰	Среднегодовое данные по расходу воды, м ³ /с		
				Средневзвешенный уклон реки, ‰	среднегодовой	максимальный	минимальный за 30 суток
р. Багдарин – с. Багдарин	30	80	0	19,8	1,51	70,1	0,90
				12,1			
р. Чина – пр-к Троицкий	39	50	<5	4,0	3,38	83,3	1,94
				2,1			
р.М. Амалат – с.М. Амалат	49	85	<5	12,9	5,71	178,0	2,87
				11,2			

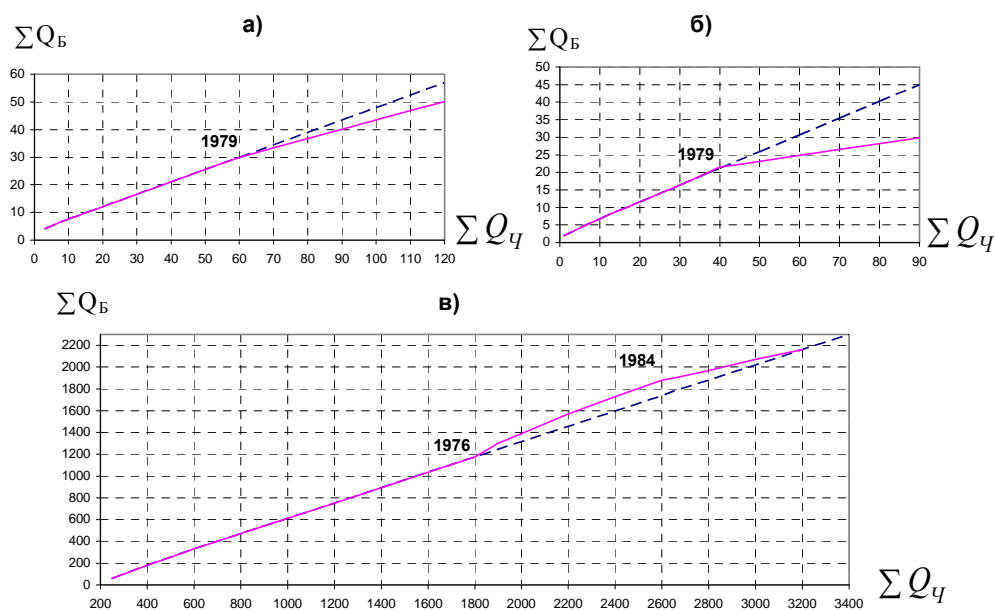


Рис. 1. Связь интегральных значений стока р. Багдарин – с. Багдарин и р. Чина – прииск Троицкий: а – среднегодовой сток, б – минимальный 30-суточный сток, в – максимальный сток

дены в числителе в период по 1980 г., в знаменателе – по 1995 г.

Оценка изменений стока р. Багдарин под влиянием хозяйственной деятельности выполнялась по зависимости:

$$\sum_{i=1}^n Q = f\left(\sum_{i=1}^n Q_a\right) \quad (1)$$

где Q и Q_a — расходы р. Багдарин и рек-аналогов соответственно.

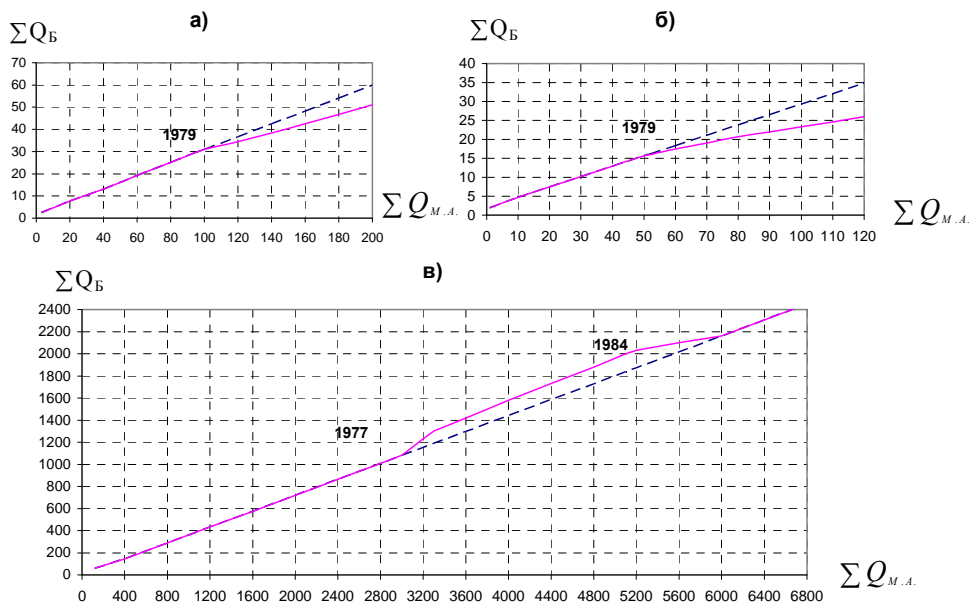


Рис. 2. Связь интегральных значений стока р. Багдарин – с. Багдарин и р. Малый Амалат — с. Малый Амалат: а – среднегодовой сток, б – минимальный 30-суточный сток, в – максимальный сток

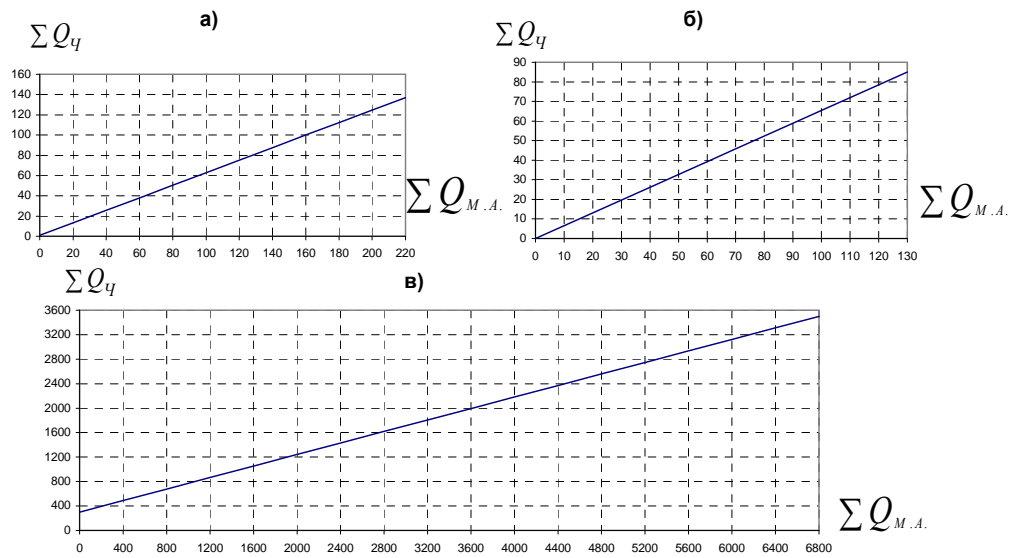


Рис. 3. Связь интегральных значений стока р. Чина — прииск Троицкий и р. Малый Амалат – с. Малый Амалат: а – среднегодовой сток, б – минимальный 30-суточный сток, в – максимальный сток

На рис. 1 и 2 приведены графики связи среднегодовых, максимальных и минимальных 30-суточных расходов воды р. Багдарин и рек-аналогов, которые показывают, что в конце 70-х гг. происходит изменение стока р. Багдарин, в то же время связь между реками-аналогами остается без изменений (рис. 3).

Для более точного определения даты начала нарушений водного режима был использован статистический метод анализа.

За каждый год рассчитывалась разница рассматриваемых характеристик исследуемой реки и реки-аналога

$$\Delta = Q - Q_a \quad (2)$$

Для получения ряда значений Δ путем последовательного расчета отыскивалась статистика Z_T .

$$Z_T = T \cdot \sigma_T^2 + (n - T) \cdot \sigma_{n-T}^2, \quad (3)$$

$$\text{где } \sigma_T = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\Delta_i - \bar{\Delta})^2}{T - 1}}$$

$$\text{и } \sigma_{n-T} = \sqrt{\frac{\sum_{i=n-T}^n (\Delta_i - \bar{\Delta})^2}{(n - T) - 1}} \quad \text{средние квадратические отклонения}$$

первой и второй частей ряда; n — общее число членов ряда; T — длина ряда до точки перелома, ориентировочно найденной по интегральному графику связи.

Моменту нарушений будет соответствовать минимальное значение статистики Z_T .

Как показали расчеты, для среднегодового и минимального 30-суточного стоков датой начала изменений является 1979 год, сток начал уменьшаться. За период с 1979 по 1992 гг. уменьшение составило: для среднегодового стока, примерно 21,5 %, для минимального — около 60 %.

Максимальный сток с 1976 по 1977 гг. начал увеличиваться в среднем на 25 %, а затем, после 1984 — 1985 гг., появилась тенденция к его уменьшению и сближению с естественной прямой связи.

В результате выполненных исследований получены следующие выводы.

1. В результате анализа уклонов верхнего, среднего и нижнего участков водотоков Ленского и Байкальского бассейнов установлено, что их верхний участок в подавляющем большинстве случаев относится по классификации к горным участкам рек.

Средние и нижние участки изучаемых рек имеют уклон водной поверхности, лежащий в пределах 0,001 — 0,05, и лишь две реки в нижнем течении (Амурского и Ленского бассейнов) имеют уклоны менее 0,001 (предгорные участки рек).

2. Соблюдение природоохранных требований, строительство руслоотводных каналов в таких условиях имеют свои сложности. К ним относятся удорожание работ, вызванное увеличением объемов земляных работ, строительство сопрягающих и регулирующих сооружений на каналах, крепление дна и откосов каналов. Из-за стесненных условий трассирование поворотов каналов не удается выполнить с расчетным радиусом кривизны, что вызывает отжим потока и отложение мели за выпуклым берегом. В паводки происходит вторичное загрязнение реки взвешенными веществами.

3. Для исключения загрязнения водного объекта взвешенными веществами, выносимыми потоком в процессе самоотмстки руслоотводного канала в начальный период его эксплуатации, предлагается использовать следующие методы:

– поэтапную промывку руслоотводного канала такими расходами воды, при которых в расчетном створе на водотоке концентрация взвешенных веществ не будет превышать предельно допустимую (ПДК);

– проектирование нижней части руслоотводного канала с условием аккумуляции наносов;

– строительство наносоперехватывающих сооружений по трассе руслоотводного канала.

Для первого способа разработана методика, позволяющая прогнозировать режим твердого стока в процессе самоотмостки руслоотводного канала

в начальный период его эксплуатации с учетом требований «Правил охраны поверхностных вод» (не превышение ПДК взвешенных веществ в контрольном створе водотока на любом этапе промывки канала вплоть до пропуска по каналу расчетного расхода воды).

4. На основании проведенного исследования можно сделать общий вывод о том, что сток малых рек, на которых ведется отработка месторождений, изменяется. Среднегодовой и минимальный 30-суточный стоки уменьшаются, соответственно на 21,5 % и 60 %. Максимальный сток – увеличивается на 25 %.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Денисов В. В., Гутенев В. В., Лучанская И. А. Экология. – М.: Вузовская книга, 2002. — 726 с.

2. Алексеевский Н. И., Сидорчук А. Ю. Ускоренная эрозия в нарушенных горными работами ландшафтах (на примере бассейнов рек Омолоя и Яны) // Экологические проблемы эрозии почв и русловых процессов. — М., МГУ, 1992. — С. 11-18.

3. Алексеевский Н. И., Чалов Р. С. Перемещение твердого вещества водными потоками, их руслоформирующая деятельность и формы проявления // Труды Академии проблем водохозяйственных наук. — М., МГУ, 2001. — Вып. 7. — С. 41-48.

4. Карасев М. С., Гарцман Б. И. Прогноз антропогенной динамики русловых процессов малых и средних рек Приморского края в условиях хозяйственного освоения их долин. - Владивосток, Дальнаука, 2002. — 48 с.

5. Ибад-Заде Ю. А. Гидравлика горных рек: (Русловые и гидроморфологические расчёты). — М.: Стройиздат, 1986. — 160 с.

6. Малые реки России (использование, регулирование, охрана, методы водохозяй-

ственных расчетов) / под. ред. А.М.Черняева. — Свердловск: Сред. — Урал. кн. изд-во, 1988. — 320 с.

7. Штеренлихт Д. В., Полад-Заде А. П., Степанов А. А. Морфометрия русел крупных оросительных каналов // Тезисы докладов Третьей Всесоюзной конференции «Динамика и термика водохранилищ и окраинных морей». — М., 1989. — Т. 1. — С. 271-273.

8. Коротаяев В. Н. Морфодинамика водотоков западной части дельты Волги // Труды Академии проблем водохозяйственных наук. — М., МГУ, 2003. — Вып. 9. — С. 123-139.

9. Артамонов К.Ф., Крошкин А. Н., Талмаза В. Ф. Основные принципы теории руслового процесса устойчивых русел горных рек // Динамика и термика рек и водохранилищ. — М., Наука, 1984. — С. 139-144.

10. Коннов В. И. Экологическая оценка и мероприятия по защите от загрязнения малых рек Восточного Забайкалья: научное издание. — Чита: ЧитГУ, 2006. — 126 с. **ГИАБ**

КОРОТКО ОБ АВТОРАХ

Ельчанинов Евгений Александрович — доктор технических наук, профессор, Московский государственный горный университет, priem@msmu@

Коннов Василий Иванович — кандидат технических наук, доцент, декан заочного факультета, konnov@zab.megalink.ru,

Михайлов Роман Александрович — аспирант,

Забайкальский институт железнодорожного транспорта филиал «Иркутский государственный университет путей сообщения».