

ПОВЕРХНОСТНЫЕ И ПОДЗЕМНЫЕ ВОДЫ КРИОЛИТОЗОНЫ

УДК 556.332.62:556.168 (282.256.86)

ЕСТЕСТВЕННЫЕ НАРУШЕНИЯ ПОДЗЕМНОГО ПИТАНИЯ РЕК
БАССЕЙНА ВЕРХНЕЙ КОЛЫМЫ В ЗИМНЮЮ МЕЖЕНЬ

В.Е. Глотов, Л.П. Глотова

*Северо-Восточный комплексный научно-исследовательский институт ДВО РАН,
685000, Магадан, ул. Портовая, 16, Россия, geoecol@neisri.ru*

Впервые обращено внимание на увеличение расходов воды в реках в феврале – первой декаде апреля при отрицательных температурах воздуха до начала разрушения снежного покрова. Обоснован вывод о том, что эти изменения в горных районах слабопрерывистой криолитозоны имеют тектоническую причину. Она проявляется в объемных расширениях–сжатиях емкостного пространства зон разломов, освоенных речными долинами, при постоянных колебательных движениях (“колыханиях”) блоков литосферы. Отличия в геологическом строении этих блоков сказываются на режимах речного стока во второй половине зимней межени. Сделано заключение о целесообразности дальнейшего изучения установленных взаимных связей геологических и гидрогеологических процессов, влияющих на сток рек, не промерзающих в зимнюю межень.

Криолитозона, река Колыма, зимняя межень, минимальный сток, гидрограф стока, подземные воды, зоны разломов

NATURAL DISTURBANCES OF UNDERGROUND RIVER RECHARGE
IN THE UPPER KOLYMA RIVER AREA IN WINTER TIME

V.Ye. Glotov, L.P. Glotova

*North-East Interdisciplinary Scientific Research Institute, East Branch of RAS,
685000, Magadan, Portovaya str., 16, Russia, geoecol@neisri.ru*

An increase of river water discharges since February until the first ten days of April, when the air temperature is still below zero and the snow cover remains preserved, is for the first time examined in this paper. Such changes in water discharges are assumed to be due to tectonic reasons in mountainous areas featured by discontinuous permafrost. There, tectonic processes manifest themselves both in expansion and compression movements of fault areas, where river valleys occur, and are also accompanied by lithosphere block oscillations. Different geological structures of lithosphere blocks have been the factor which affects the river water discharge during the second half of the winter time. The established relationships between geological and hydrogeological processes will be further examined in more details, as a factor affecting the non-freezing river runoffs.

Cryolitozine, Kolyma River, winter normal water level, minimal runoff, recharge hydrographer, underground water, fault zones

ВВЕДЕНИЕ

К району Верхней Колымы относят водосборную площадь в 99 400 км² верхнего течения р. Колыма по замыкающему створу пос. Усть-Среднекан. В период с 1932 по 1980 г. здесь проводились регулярные гидрологические наблюдения на 58 постах, на 18 из них зафиксирован и измерен сток в зимний (холодный) период года (рис. 1).

На основе данных многолетних исследований сделан вывод, что в указанном районе слабопрерывистой криолитозоны питание рек за счет подземных вод намного меньше, чем за счет таяния снега

или выпадения дождей. Установлено, что суммарный объем стока за зимний период не превышает 6 % общего годового, при этом на значительной части водотоков, водосбор которых менее 3000 км², сток с января по апрель зачастую отсутствует. В силу своей малости по сравнению с летним временем флуктуации стока зимой не привлекали внимания исследователей, а во многих районах России и за рубежом зимние гидрологические наблюдения даже не выполнялись. Используя гидрографы стока рек как инструмент в познании гидро-

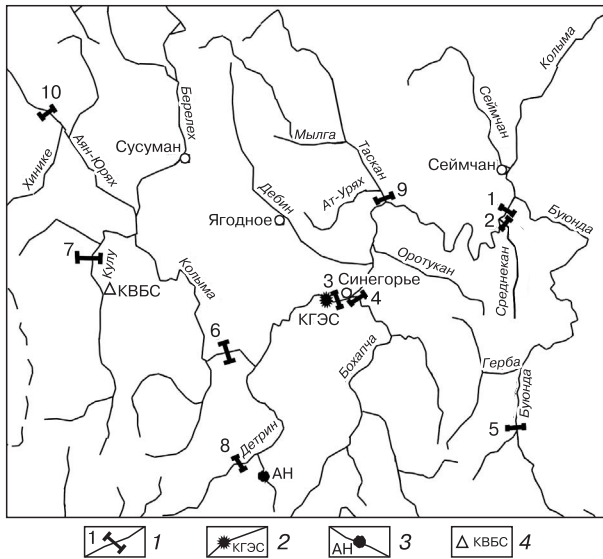


Рис. 1. Схема расположения постов:

1 – посты и их номера по табл. 2; 2 – Колымская ГЭС; 3 – Анмангындинская наледь; 4 – Колымская воднобалансовая станция (КВБС).

геологических особенностей криолитозоны, мы обратили внимание на неравномерность падения зимнего стока и сделали попытку найти ее причину.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Априори считается, что при переходе среднесуточной температуры воздуха через 0 °С в сторону отрицательных значений осадки выпадают в виде снега и на величину стока не влияют. Только после устойчивого повышения температур воздуха выше 0 °С (в среднем в первой декаде мая) начинается разрушение снежного покрова, сменяемое массовым таянием снега. Возникают условия для стремительного восстановления открытого стока.

Локальное вытаивание снега на склонах южной экспозиции в марте – первой половине апреля, по мнению ряда авторов [Романовский, 1983], на питании рек не сказывается, поскольку талая вода замерзает в порах и трещинах отрицательно-температурного сезонноталого слоя (СТС), формируя гольцовый лед. Таким образом, с полным основанием можно считать, что длительность и календарные сроки зимней межени совпадают с холодным периодом года, который длится от начала октября до мая [Клюкин, 1970].

Одной из климатических особенностей бассейна речного стока арктических морей является уменьшение осадков в сентябре в два-три раза по сравнению с летними месяцами, и зимняя межень часто становится продолжением летней. По этой причине средние месячные расходы водотоков за многолетний период в начале зимней межени многократно меньше стока за предшествующий месяц теплого периода (табл. 1).

Следует отметить, что из всего объема стока за зимнюю межень более 80 % приходится на октябрь и ноябрь совместно. Именно к началу календарной зимы прекращается подледный сток во всех реках с водосборной площадью менее 1000 км², если в их питании не участвуют источники подмерзлотных вод и непромерзающие озера. Однако заозеренность водосбора Верхней Колымы очень мала, суммарная площадь таких водоемов не превышает 0,2 % от общей. В январе–феврале пересыхают водотоки с водосборной площадью менее 5000 км². А те из них, которые сохраняют сток во второй половине зимней межени, питаются не только водами устойчивых надмерзлотных таликов, но и подмерзлотными. Этим объясняется достаточно высокая степень стабильности расходов воды в замеряемых створах в феврале, марте и апреле. Если, например, февральские расходы почти в два раза меньше январских, то падение этого показателя за последние три месяца зимнего периода года значительно меньше.

Таблица 1. Средние месячные расходы за многолетний период круглогодично функционирующих водотоков бассейна Верхней Колымы [Государственный..., 1985]

Но- мер поста	Пост	Площадь водо- сбора, км ²	Период наблю- дений	Среднемесячный расход воды*									
				IX	Зимняя межень								Всего, 10 ⁶ м ³
					X	XI	XII	I	II	III	IV		
1	р. Колыма–пос. Усть-Среднекан	99 400	1933–1980	1060,0	238,0	71,7	34,3	16,2	9,5	5,59	5,88	981,5	
				–	64,0	18,0	9,0	4,0	2,0	1,6	1,4	100	
2	р. Колыма– пос. Дусканья	50 100	1948–1980	460,0	92,8	27,2	12,2	6,4	3,52	2,39	2,21	389,8	
				–	64,0	18,0	8,0	4,6	2,3	1,6	1,5	100	
3	р. Аян-Юрях– пос. Эмтегей	9560	1951–1980	76,6	16,5	5,09	2,21	1,09	0,65	0,49	0,44	68,8	
				–	62,0	19,2	8,6	4,3	2,3	1,9	1,7	100	
4	р. Кулу–пос. Кулу	10 300	1942–1980	130,0	40,1	13,5	5,57	2,77	1,62	1,18	1,11	174,7	
				–	61,5	20,0	8,5	4,2	2,2	1,9	1,7	100	

* Числитель – среднемесячный расход воды, м³/с; знаменатель – его часть от общего речного тока, %.

Представленные среднемноголетние характеристики зимнего режима не являются устойчивыми и испытывают заметные флуктуации, которые выражаются в том, что минимальный сток за зимнюю межень фиксируется не в конце холодного периода года (конец апреля – начало мая), а значительно раньше при отрицательных среднесуточных температурах воздуха. В табл. 2 приведены даты отмечаемого минимального зимнего стока, после которых наблюдалось повышение расходов речного подледного потока, хотя и постепенное. При этом мы анализируем только даты минимального стока, а не на расход воды.

Обратим внимание на закономерности распределения указанных дат в проявлениях минимального стока, которые создают внутреннюю структуру гидрографов стока во время зимней межени за многолетний период наблюдений. По данному признаку гидрологические посты в бассейне Верхней Колымы разделены на четыре группы:

1. р. Колыма – пос. Усть-Среднекан; р. Среднекан – устье;
2. р. Колыма – пос. Синегорье; р. Бохалча – 5,4 км выше устья; р. Буянда – 3,8 км ниже устья руч. Буркот;
3. р. Кулу – пос. Кулу; р. Детрин – устье р. Омчук; р. Таскан – пос. Таскан-2;
4. р. Аян-Юрях – пос. Эмтегей.

В первой группе постов минимальный зимний сток отмечается чаще всего во второй половине апреля – начале мая перед половодьем, когда существуют положительные дневные или круглосуточные температуры воздуха, снежный покров начинает разрушаться. Во второй группе гидрологических постов минимальный сток может проявиться в конце января – начале февраля, но обычно во второй половине марта и первой половине апреля. Третья группа по режиму стока в конце зимней межени сходна со второй, но при этом минимальные стоки раньше второй половины февраля не наблюдаются. Четвертая группа, представленная одним постом на р. Аян-Юрях у пос. Эмтегей, отличается тем, что обычно минимальные стоки отмечаются со второй половины марта.

С учетом указанных особенностей будем считать нормальными гидрографы стока, отличающиеся его минимумом во второй половине апреля и на более поздние даты. Такие гидрографы соответствуют распространенным теоретическим представлениям [Ресурсы..., 1969]. Аномальными мы считаем гидрографы зимней межени, на которых минимальный сток выявлен ранее второй половины апреля. На рис. 2 представлены характерные нормальные и аномальные гидрографы стока для выделенных четырех групп гидрологических постов (группы 1–4 соответствуют рис. 2, а–г).

Таблица 2. Минимальный сток в зимнюю межень в водотоках Верхней Колымы со второй декады января по первую декаду мая [Государственный..., 1985]

Номер поста	Река, створ	Площадь водосбора, км ²	Длительность действия поста (годы)	Общее кол-во лет/100 %	Число лет с проявлениями минимального стока по двухнедельным периодам*					
					20.01–15.02	15.02–20.02	01.03–15.03	15.03–31.03	01.04–15.04	15.04–10.05
1	р. Колыма–пос. Усть-Среднекан	99 400	1933–1974	$\frac{42}{100}$	–	–	$\frac{4}{10}$	$\frac{3}{7}$	$\frac{5}{11}$	$\frac{30}{72}$
2	р. Среднекан–пос. Усть-Среднекан	1750	1934–1980	$\frac{46}{100}$	–	$\frac{1}{2}$	$\frac{2}{4}$	$\frac{2}{4}$	$\frac{5}{10}$	$\frac{36}{78}$
3	р. Колыма–пос. Синегорье	61 700	1933–1951, 1968–1974	$\frac{26}{100}$	–	$\frac{2}{7}$	$\frac{2}{7}$	$\frac{8}{31}$	$\frac{9}{36}$	$\frac{5}{19}$
4	р. Бохалча–5,4 км выше устья	1360	1934–1980	$\frac{47}{100}$	–	$\frac{2}{14}$	$\frac{3}{6}$	$\frac{17}{37}$	$\frac{10}{21}$	$\frac{15}{32}$
5	р. Буянда–3,8 км ниже устья руч. Буркот	9090	1952–1980	$\frac{29}{100}$	–	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{3}$	$\frac{11}{37}$	$\frac{10}{34}$	$\frac{6}{23}$
6	р. Колыма–пос. Дусканья	50 100	1948–1980	$\frac{33}{100}$	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{3}$	$\frac{3}{10}$	$\frac{6}{18}$	$\frac{12}{36}$	$\frac{12}{32}$
7	р. Кулу–пос. Кулу	10 300	1942–1980	$\frac{39}{100}$	$\frac{2}{5}$	$\frac{3}{7}$	$\frac{3}{7}$	$\frac{13}{34}$	$\frac{6}{15}$	$\frac{30}{32}$
8	р. Детрин–устье р. Омчук	3490	1957–1980	$\frac{24}{100}$	$\frac{2}{8}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{4}{17}$	$\frac{4}{17}$	$\frac{9}{37}$	$\frac{4}{17}$
9	р. Таскан–пос. Таскан-2	9970	1938–1980	$\frac{43}{100}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{7}{16}$	$\frac{4}{9}$	$\frac{11}{26}$	$\frac{8}{19}$	$\frac{12}{28}$
10	р. Аян-Юрях–пос. Эмтегей	9560	1951–1980	$\frac{32}{100}$	$\frac{1}{3}$	–	–	$\frac{6}{18}$	$\frac{7}{21}$	$\frac{18}{58}$

* Числитель – число лет с проявлениями минимального стока; знаменатель – доля от общего числа лет наблюдений, %. Прочерк – нет стока.

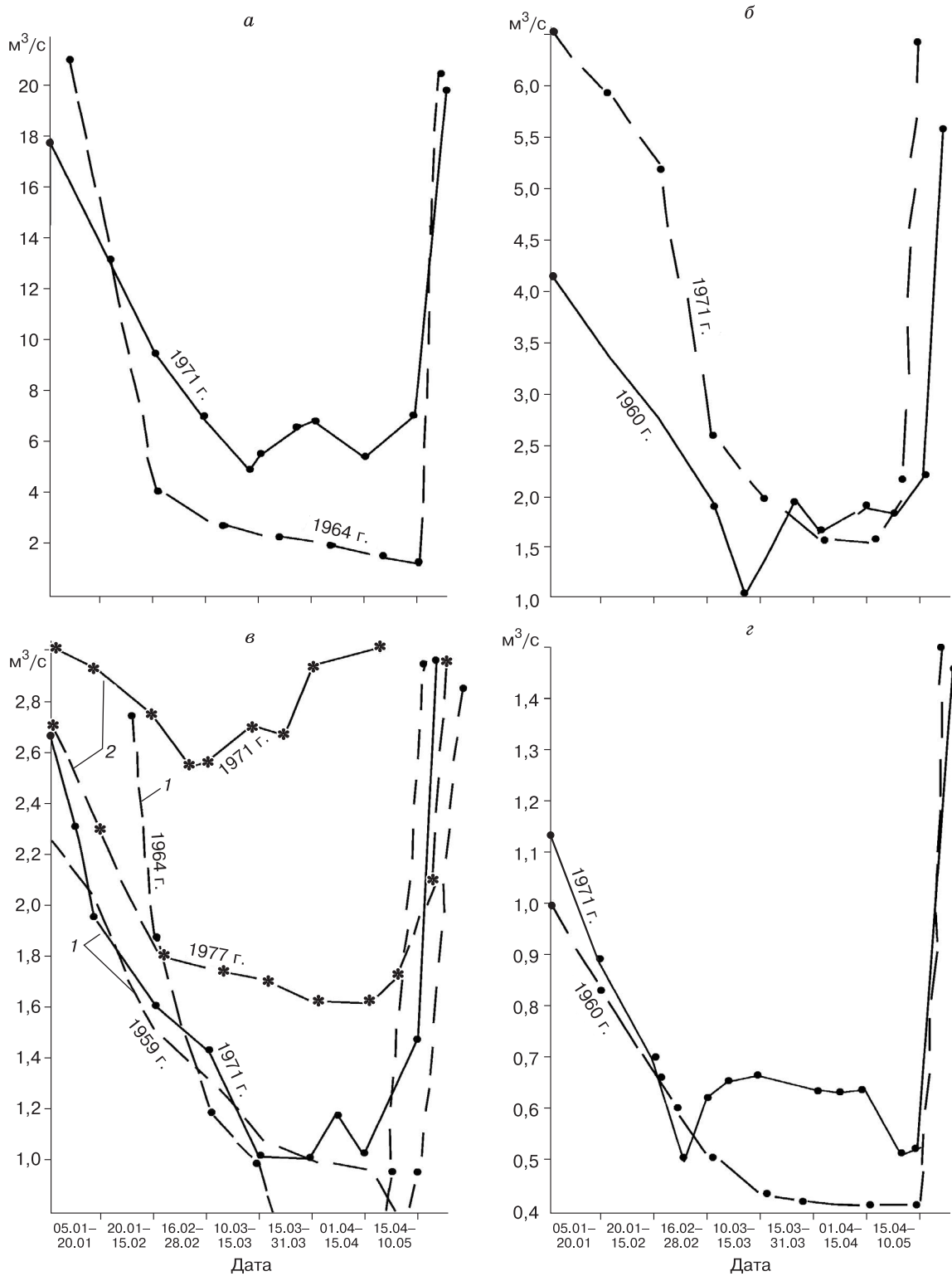


Рис. 2. Гидрографы стока репрезентативных рек во второй половине зимней межени:

а – р. Колыма–пос. Усть-Среднекан; *б* – р. Буонда – 38 км ниже устья руч. Буркот; *в* – р. Кулу–пос. Кулу (1) и р. Таскан–пос. Таскан-2 (2); *г* – р. Аян-Юрях–пос. Эмтегей. Штриховая линия – норма, сплошная – аномалия.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

По этим гидрографам можно сделать несколько общих заключений.

Во-первых, при всех условиях минимальные расходы за зимнюю межень перед весенне-летним подъемом в аномальные годы превышают нормальные.

Во-вторых, минимальный сток рек во второй половине зимней межени не связан с расходами воды в реках в начале января. Можно заключить, что зимний минимум не зависит от водообильности СТС. Учитывая также, что накопления максимальных объемов наледей на реках Северо-Востока России происходят до конца февраля [Толстихин, 1974], даты проявлений минимумов стока на аномальных гидрографах не связаны с процессами наледообразования. Имеющийся, к сожалению, только по одному гидрологическому посту материал многолетних наблюдений за динамикой становления Анмангындинской наледи (бассейн р. Детрин) показывает, что дебит самого наледообразующего источника в зимнее время испытывает флуктуации (табл. 3). Эти флуктуации не имеют прямого отношения ни к атмосферному давлению, ни к температуре, ни к влажности воздуха (осадкам). Например, увеличение дебита источника в последней декаде января – первой и второй декадах февраля совпало с ростом атмосферного давления, хотя теоретически должно было наблюдаться его уменьшение. Заметим, что приведенные в табл. 3 метеорологические параметры получены на метеопосту Нижний Колымской воднобалансовой станции. Данный метеопост удален от указанного наледообразующего источника на 150 км по прямой к востоку и находится на абсолютной отметке 850 м, что на 400 м выше источника. Но в условиях резко континентального климата и орграфической изоляции бассейна Верхней Колымы материалы метеорологических наблюдений дан-

ной станции могут характеризовать климатические факторы стока рек Верхней Колымы [Насыбулин, 1976].

По О.Н. Толстихину [1974], Анмангындинская наледь питается водой подруслового талика и субаквального источника, приуроченного к разлому, секущему триасовые отложения и ориентированному поперек долины ручья. О достаточно большой глубине (видимо, около 1000 м) циркуляции подземной воды в зоне разлома свидетельствует ее относительно высокая температура 5 °С. Выше источника река и ее боковые притоки полностью перемерзают. Эти данные и отсутствие связей зимних флуктуаций расходов с метеорологическими показателями позволяют предположить, что происходят изменения емкостного объема в зоне разлома. В указанные в табл. 3 годы наблюдений в зимнюю межень река Детрин, притоком которой является р. Анмангында, также отличалась аномальностью гидрографа стока. Минимум стока отмечен в начале второй декады марта (0,53 м³/с), через 9 дней сток вырос до 0,59 м³/с. Другой минимум зафиксирован в середине апреля – 0,42 м³/с. В последующие дни происходил подъем восходящей ветви гидрографа стока, который 20 мая сменился на стремительный при начавшемся половодье.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Можно допустить, что аномальные изменения речного стока во второй половине зимней межени имеют тектоническую природу и связаны с изменениями емкостного объема зон разломов. Впервые такую причину изменений речного стока, но многолетнего и в гораздо больших масштабах, обосновали Н.А. Шило и М.И. Кривошей [1989] при объяснении многолетних колебаний уровня Каспийского моря. Мы же говорим о постоянных, с невыясненной пока периодичностью, объемных

Таблица 3. Подекадные (I–III) дебиты наледообразующего источника в долине р. Анмангынды [Толстихин, 1974] и основные стокоформирующие метеорологические параметры по метеопосту Нижний [Материалы..., 1966, 1967]

Год, месяц	Дебит наледообразующего источника, м ³ /с			Давление воздуха, мбар			Температура воздуха, °С			Абсолютная влажность воздуха, мбар		
	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
1962												
Ноябрь	1,07	0,84	0,78	905,6	912,3	916,2	-28,6	-24,9	-28,3	0,5	0,6	0,5
Декабрь	0,74	0,58	0,65	911,7	898,5	909,7	-37,6	-30,3	-26,9	0,1	0,4	0,7
1963												
Январь	0,91	0,46	0,36	922,1	908,0	913,1	-32,9	-29,9	-16,7	0,4	0,5	1,2
Февраль	0,35	0,43	0,34	911,3	918,3	907,1	-29,9	-31,9	-31,2	0,6	0,4	0,3
Март	0,30	0,26	0,24	918,5	913,5	906,7	-29,7	-25,4	-22,6	0,4	0,6	0,8
Апрель	0,22	0,20	0,18	901,7	916,7	911,2	-21,4	-14,1	-8,0	0,8	1,5	2,4

колебаниях (сжатие–расширение) емкостного пространства в зонах разломов. В определенной мере эндогенное происхождение этих колебаний подтверждается тем, что сильнейшему из зарегистрированных на Северо-Востоке России Артыкскому землетрясению 18 мая 1971 г., при котором выделялось энергии 10^{17} Дж [Мишин, 2004], предшествовали аномальные изменения расходов воды во многих реках, что нашло отражение и на рис. 2. При увеличении объема открытой трещиноватости зон разломов происходит поглощение воды из реки, а при уменьшении его – выдавливание. Поэтому увеличение зимних расходов в 1971 г. в створе р. Аян-Юрях–пос. Эмтегей с $0,5 \text{ м}^3/\text{с}$ на 14–17 февраля до $0,66 \text{ м}^3/\text{с}$ в период 11–20 марта, затем повторное понижение расхода до $0,5 \text{ м}^3/\text{с}$ на 30–31 апреля с последующим постепенным возрастанием до начала половодья 10 мая можно однозначно увязать с геологическими подвижками в зонах разломов, предшествовавшими землетрясению. Рассмотренный гидрологический створ расположен относительно близко к эпицентру Артыкского землетрясения, но аномальность зимнего стока замечена и на других реках. Исключение составляют посты, объединенные в первую группу по структуре гидрографа стока в зимнюю межень. В реках Среднекан, Колыма – пос. Усть-Среднекан, реках Бохагча и Буонда неотектонические события 1971 г. на изменениях зимнего стока не отразились.

Это обстоятельство заставило нас обратить внимание на геологические особенности площадей, дренируемых реками по замыкающим створам. Выяснилось, что они в геологическом отношении отвечают Приколымскому и Балыгычанскому тектоническим поднятиям [Бялбжеский и др., 2006].

С геологических позиций р. Таскан (третья группа постов) приурочена к зоне глубинного разлома Дарпир, дренируя в пределах Иньяли-Дебинского синклинория пограничные зоны Омуповского террейна и Приколымского поднятия. Это наиболее водообильный в бассейне р. Колыма район с максимальным модулем зимней межени до $0,14 \text{ л}/(\text{с}\cdot\text{км}^2)$, в то время как тот же показатель на водосборной площади р. Аян-Юрях не более $0,02 \text{ л}/(\text{с}\cdot\text{км}^2)$. В этой реке наиболее часто зимние расходы начинают расти во второй половине февраля, т. е. объем тектонического выдавливания воды достаточно большой и может повлиять на изменение режима стока на фоне истощения ресурсов надмерзлотных таликов.

Гидрологические посты на реках, зимние гидрографы стока которых сходны с р. Таскан – пос. Таскан (реки Кулу, Детрин, Колыма у пос. Дусканья), расположены в пределах Аян-Юряхского антиклинория Куларо-Нерского террейна. Верховьями этих рек дренируются север-

ные склоны Охотско-Чукотского вулканогенного пояса, а в среднем и нижнем течении расположена одна из сейсмически активных в регионе зон. Последнее находит отражение во внутренней структуре гидрографов стока в зимнюю межень (см. табл. 2). Следует отметить, что в Иньяли-Дебинском синклинории и Аян-Юряхском антиклинории разломы более подвижны и перемещения блоков литосферы по горизонтали происходят с наибольшими амплитудами, поэтому аномальные возрастания расходов рек на постах третьей группы замечены в зимние месяцы.

В створе р. Аян-Юрях–пос. Эмтегей зимний сток формируется за счет дренирования триасовых отложений Адыча-Эльгинской зоны.

ОБЩИЙ ВЫВОД

Не вызывает сомнений тот факт, что пульсации объема емкостного пространства зон разломов, освоенных речными долинами, происходят постоянно в течение года. Их уместно назвать тектоническими “колыханиями” литосферных блоков. Из-за незначительности амплитуды они заметны только во второй половине зимней межени непромерзающих рек после перемерзания или истощения запасов основных поставщиков подземных вод в реки (СТС, пойменные и подрусловые несквозные талики). Мы полагаем, что подобная связь зимнего минимального стока рек Верхней Колымы с микроподвижками блоков земной коры имеется и в других районах криолитозоны. Использование этой связи как предвестника землетрясений, видимо, нерационально из-за относительной краткосрочности периода проявлений минимальных зимних расходов (не более 3–3,5 мес.). Вместе с тем познание ее закономерностей может дать новые, ранее неизвестные сведения о режиме многолетних движений блоков земной коры, о водоносности подмерзлотных горизонтов, современной направленности неотектонических движений, формировании естественного земного электрического поля и т. д. Очень перспективно изучение установленной зависимости расходов рек в зимнюю межень от постоянных “колыханий” блоков литосферы для выявления особенностей формирования и распространения таликов водно-теплового типа, которые, как показано С.М. Фотиевым [1978], Н.Н. Романовским [1983] и другими исследователями, контролируют водообмен на территории криолитозоны. В силу того что анализ особенностей гидрографа стока рек во второй половине зимней межени потенциально может быть новым методическим способом получения дополнительных геолого-геофизических и мерзлотно-гидрогеологических сведений о земных недрах, изучение стока рек в холодное время года необходимо продолжать.

Литература

Бялобжеский С.Г., Горячев Н.А., Шпикерман В.В. Яно-Колымский орогенный пояс // Геодинамика, магматизм и металлогения Востока России: В 2-х кн. / Под ред. А.И. Ханчука. Кн. 1. Владивосток, Дальнаука, 2006, с. 140–144.

Государственный водный кадастр. Многолетние данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши. Т. 1, вып. 17. Бассейны Колымы и рек Магаданской области. Л., Гидрометеоиздат, 1985, 430 с.

Клюкин Н.К. Климат // Север Дальнего Востока / Отв. ред. Н.А. Шило. М., Наука, 1970, с. 101–133.

Материалы наблюдений Колымской стоковой станции за 1962 г. Вып. 5. Владивосток, ФОЛ ВГМО Приморского УГМС, 1966, 141 с.

Материалы наблюдений Колымской стоковой станции за 1963 г. Вып. 6. Магадан, ФОЛ Колымского УГМС, 1967, 146 с.

Мишин С.В. Сейсмические процессы и сохранение импульса. Магадан, СВКНИИ ДВО РАН, 2004, 115 с.

Насыбулин Ш.С. Репрезентативность характеристик стока Колымской воднобалансовой станции для территории Верхней Колымы // Природные ресурсы Северо-Востока СССР. Владивосток, ФОЛ ВГМО Приморского УГМС, 1976, с. 32–41.

Ресурсы поверхностных вод СССР. Т. 19. Северо-Восток / Под ред. В.В. Куприянова. Л., Гидрометеоиздат, 1969, 282 с.

Романовский Н.Н. Подземные воды криолитозоны. М., Изд-во Моск. ун-та, 1983, 231 с.

Толстихин О.Н. Наледи и подземные воды Северо-Востока СССР. Новосибирск, Наука, 1974, 162 с.

Фотиев С.М. Гидрогеотермические особенности криогенной области СССР. М., Наука, 1978, 236 с.

Шило Н.А., Кривошей М.И. Взаимосвязь колебаний уровня Каспийского моря с напряжениями в земной коре // Вестн. АН СССР. Сер. Физика Земли, 1989, № 6, с. 83–90.

*Поступила в редакцию
26 июля 2007 г.*