

УДК 556.332: 556.16: 622.363 (282.256.86)

РОЛЬ ПОДЗЕМНЫХ ВОД В ОБЩЕМ СТОКЕ МАЛЫХ ГОРНЫХ РЕК БАСЕЙНА РЕКИ КОЛЫМА

© 2012 Л.П. Глотова, В.Е. Глотов

Северо-Восточный комплексный научно-исследовательский институт ДВО РАН,
г. Хабаровск

Поступила в редакцию 10.05.2012

На основе обобщения большого количества фактического материала, накопленного за годы работы Колымской воднобалансовой станции, убедительно показано, что роль подземных вод в питании поверхностных водотоков в условиях распространения многолетнемерзлых пород неоправданно занижалась. Приведены новые данные, характеризующие формирование общего водного стока в условиях отрицательных среднесуточных температур воздуха и при мерзлом состоянии сезонно-талого слоя (СТС). Предложена новая схема анализа гидрографа горных ручьев для выявления особенностей формирования подземных вод СТС.

Ключевые слова: *малые горные реки, речной сток, многолетнемерзлые породы, сезонно-талый слой, подземные воды*

К малым мы относим водотоки с водосборной площадью менее 150 км². На территории расположения таких водотоков в бассейне р. Колымы толща многолетнемерзлых пород (ТМП) развита повсеместно, имеет сплошной характер. Сквозные таликовые окна, приуроченные преимущественно к зонам тектонических разломов, относятся к водопоглощающим. Открытый сток в руслах происходит только в теплый период года – примерно с мая по октябрь, реже до ноября. По общепринятым представлениям, питание рек осуществляется за счет таяния снега и выпадающих дождей. Роль подземных вод сезонно-талого слоя (СТС) и надмерзлотных таликов в питании поверхностных водотоков считается ничтожно малой, оценивается не выше чем 1-2% в общем речном стоке. Анализ материалов репрезентативной Колымской воднобалансовой станции (КВБС), исследования на которой осуществлялись более 50 лет, показали, что сложившееся мнение не соответствует реальным фактам.

Цель работы: обосновать гидрогеологическую значимость подземных вод в питании малых горных водотоков, выявить и показать закономерности этого питания в разные периоды года для обоснования рациональных способов их использования и охраны от загрязнения.

Результаты выполненных работ. Район Колымской водно-балансовой станции (КВБС) (рис. 1) по геологическому строению, геоморфо-

логическим, геокриологическим и гидрогеологическим условиям является репрезентативным для горных районов криолитозоны на Северо-Востоке РФ [2]. По этой причине данные многолетних наблюдений за режимом поверхностных и подземных вод на водосборной площади руч. Контактный, выполненных КВБС, позволяют обоснованно судить о характере и условиях формирования общего речного стока в бассейне р. Колыма.



Рис. 1. Схема расположения Колымской воднобалансовой станции

Чтобы выявить закономерности формирования общего стока малых горных водотоков, необходимо рассмотреть гидрогеологические

Глотова Людмила Петровна, старший научный сотрудник лаборатории геологии нефти и газа и геоэкологии. E-mail: glotova@neisri.ru

Глотов Владимир Егорович, доктор геолого-минералогических наук, заведующий лабораторией геологии нефти и газа и геоэкологии. E-mail: geocol@neisri.ru

процессы, происходящие в СТС склонов в конце холодного периода года при переходе к теплоту. Это время предшествует дате устойчивого перехода температур воздуха через 0°C в сторону положительных значений, которые в среднем приходятся на 25 мая. К этой дате температура поверхности СТС на склонах выше 0°C . Уже с начала мая она поднимается до положительных значений в дневные часы, и снег начинает таять, хотя среднесуточные температуры воздуха отрицательные. Инфильтрация талых вод в грунты осуществляется в водотоки за 10-15 дней до начала теплого периода года. Характеристика режима грунтового стока на горных склонах основана преимущественно на анализе наблюдений за источниками надмерзлотных вод, т.е. относится к периоду уже сформировавшегося водоносного СТС. Тем не менее, наблюдения КВБС, хотя и ограниченные во времени, показали неожиданные результаты. Выяснилось, что грунтовый сток в достаточно заметных количествах от 0,5 до 19,5 мм возникает при существовании мерзлого состояния СТС. Так, 16.05.1968 г. грунтовый сток на площадке №2 замерен в количестве 1,9 мм/сут. или 380 л/сут., а на площадке №3 – 3,9 мм/сут. или 780 л/с при наличии снежного покрова и без признаков оттаивания СТС. Подобные факты фиксировались ежегодно. Они достаточно легко объясняются тем, что оттаивание СТС происходит не только по квазипараллельным поверхностям, погружающимся вглубь по мере возрастания температуры воздуха, но и по системе открытых трещин, например, морозобойных, поровых каналов, между обломками каналов вокруг корней растений и т.д. Сохранению фильтрующей по ним талой воды способствует высокая теплота фазовых переходов «вода-лед» (теплота плавления), которая, как известно, равна 79,7 ккал/кг.

С этим явлением связано наблюдаемое начало стока в притоках 2-3-го порядков (руч. Встреча, Угроза и т.д.) при среднесуточных отрицательных температурах воздуха, а также подъем уровня воды в надмерзлотных таликах до начала поверхностного стока и т.д. Вполне допустимо, что часть талой воды, достигнув глубины проникновения талых каналов, замерзает, образуя так называемый гольцовый лед. Следует обратить внимание, что надмерзлотные талики могут существовать под руслами водотоков 2-го, а в отдельных случаях и 1-го порядка. Это зависит от мощности водопроницаемых образований под руслом и мощности снежного покрова, накопленного за время промерзания, обычно до начала декабря. Источник тепла – сублимация водяных паров,

поднимающихся в сушенцы из обводненных надмерзлотных таликов под руслом притоков 3-го порядка и более высоких, а также из мерзлых пород, но с более высокой температурой по сравнению с приповерхностным слоем [2]. Формирование сублимационного льда вблизи дневной поверхности на склонах долины руч. Контактный отмечено на специально оборудованной площадке.

Приняв скрытую теплоту парообразования воды при 0°C равной 597,3 ккал/кг, теплотемкость наиболее распространенных в бассейне руч. Контактный глинистых сланцев и гранитов равной 0,18 ккал/кг $^{\circ}\text{C}$, открытую пористость крупнообломочных отложений в руслах притоков 1-2-го порядка 20% (на примере отложений в русле руч. Встреча), можно рассчитать, что сублимация 1 кг водяных паров поднимет температуру пород в объеме 1,5 м³ от -1 до 0°C . Полагая мощность обогреваемых при сублимации пород 1,5 м соответствующей средней мощности рыхлых отложений под руслами руч. Встреча, Угроза, Южный и им подобных в их нижнем и среднем течении, а ширину равной ширине русла в межень, т.е. около 2 м, определим, что при сублимации примерно 10 т водяных паров (10 м³ воды) выделившееся тепло сформирует подрусловую полосу с температурой 0°C , протяженностью около 5000 м, что сопоставимо с длиной ручья-притока 2-го порядка от устья до верховьев. По этим утепленным полосам происходит подпитывание ручьев 3-го порядка в конце зимнего сезона, когда появляются первые признаки поверхностного стока. Видимо, в малоснежные годы подобные утепленные полосы под руслами притоков 2-го, может быть, и 1-го порядка не образуются, поэтому и явление возрастания поверхностного стока и уровней подземных вод в подрусловых таликах до окончания зимнего периода года отмечается не ежегодно.

В июле-сентябре весь склоновый сток полностью трансформируется в грунтовый, что позволяет по характеру гидрографа стока от летнего паводка до межени выявить особенности функционирования водоносного горизонта при максимальном оттаивании. Для изучения этих особенностей использованы гидрографы стока ручьев 2-го порядка – Южного, Северного и Морозова, отражающие фактически условия формирования общего стока на горных склонах. Нами проанализированы гидрографы за сентябрь 1992 г., гидрометеорологические характеристики которого близки к среднемноголетним. Во всех случаях на нисходящей ветви этого гидрографа выделяются три участка (рис. 2).

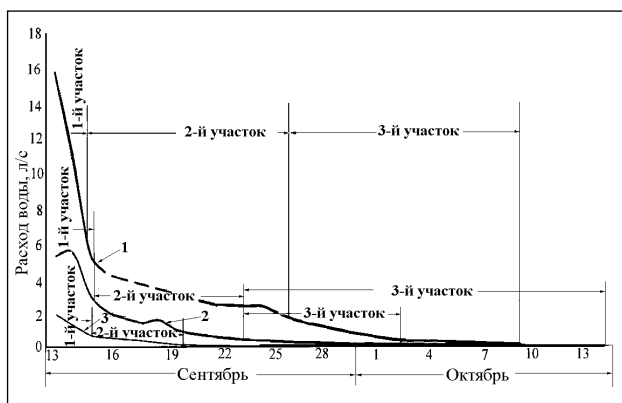


Рис. 2. Среднесуточные расходы воды руч. Северный (1), Южный (2), Морозова (3) в сентябре – октябре

Первый участок – крутонаклонная прямая линия – характеризует практически 100%-ную водоотдачу СТС, что характерно для крупнообломочных отложений на приводораздельных частях склонов или в каменных реках – курумах. Прямолинейность первого участка сохраняется до 3 сут. Объем паводкового стока, соответствующего данному участку гидрографа, в горных районах является типичным поверхностным склоновым стоком, несмотря на то, что основная часть дождевой воды «проваливается» в глубоководные развалы, и ее можно по формальным признакам считать подземной. Мы полагаем, что поверхностным надо считать ту часть стока, на формирование которой водоудерживающая способность грунтов не оказывает существенного влияния. На ниспадающей ветви гидрографа стока эта часть отражается линией, близкой к крутопадающей прямой. Второй участок графика имеет характер закругленной кривой, по очертанию аппроксимируемой логарифмической зависимостью водоотдачи обводненной части СТС от постоянно понижающегося градиента гидростатического давления. Такие отложения распространены обычно у приподношенной части долин или на пологих склонах (уклон менее 10-15°). В этих элементах рельефа СТС мощностью 0,5-1 м обогащен глинистыми и тонкозернистыми частицами. Третий участок нисходящей ветви гидрографа вновь приобретает прямолинейный, но слабонаклоненный характер, что указывает на питание поверхностного стока той частью СТС, градиент давления в которой близок к критическому. Такие условия возможны в прирусловых отложениях, уровень подземных вод в которых мало отличается от уровня воды в руслах водотоков. Эта ситуация возникает к концу осенней межени перед прекращением поступления воды в водотоки из СТС на склонах. Русловые отложения в верховьях ручьев практически полностью дренируются,

поэтому при промерзании они превращаются в морозные «сушенцы».

Несколько иной режим подземных вод возникает в днищах водотоков, выполненных аллювиальными гравийно-галечниковыми отложениями. Эти днища террасированы и достигают ширины в несколько сотен метров. Поверхность их обычно покрыта лесом с подлеском, который способствует в зимнее время накоплению снега. Примером является долина руч. Контактный от устья до гидрометрического створа «Контактный – Верхний». На участках, сложенных с поверхности болотно-озерными накоплениями, глубина сезонного оттаивания обычно меньше 0,65 м, на участках гравийно-галечниковых образований – около 1,6-1,8 м. Вверх по течению содержание глинистых фракций в аллювиальных отложениях сокращается, что ведет к увеличению глубины залегания подошвы СТС, которая достигает 3,5 м, а по некоторым оценкам – 4,2 м.

Судя по данным наблюдений за уровнями воды в скважинах, пробуренных вблизи русла ручья, уровни воды в СТС пойм и надпойменных террас в течение года свободные, и скорость сезонного промерзания, как правило, меньше скорости снижения уровней подземных вод. Окончательное перемерзание слоя талых отложений на пойме и террасах происходит в конце декабря – начале января. При появлении признаков таяния снежного покрова в конце холодного периода года в обсохших в начале декабря скважинах появляется вода, абсолютные отметки уровня которой в течение всего летнего сезона больше, чем уровни воды в ручье.

Следовательно, в режиме подземных вод надмерзлотных таликов нами выделено два периода: летний (май – сентябрь) и зимний (октябрь – апрель). Первый можно считать периодом создания ресурсов пресных подземных и поверхностных вод в криолитозоне. Он начинается с момента резкого подъема уровней в конце холодного периода года, что происходит в конце апреля – I декаде мая. В это время в дневные часы снег начинает таять. Первые порции талой воды поступают в «сушенцы», имеющие отрицательные температуры. Сток в ручьях начинается после насыщения «сушенцов» и повышения в них температуры выше 0°C. О масштабах поглощения талых вод говорят следующие факты. В период весеннего снеготаяния (средний из многолетнего ряда наблюдений) коэффициент стока (КС) – отношение слоя стока за расчетный период (в мм) к слою воды, накопленной в снежном покрове, и осадков, выпавших за период половодья (в мм) – ручья Контактный (гидроствор «Нижний») равен 0,85. По отдельным

его притокам (Северный, Южный), на дне долин которых залегают крупнообломочные делювиально-пролювиальные отложения, средние многолетние КС составляют 0,63 и 0,64. Эти данные подтверждают огромную роль «сушенцов» в пополнении запасов подземных вод в горных районах криолитозоны. В июне уровни достигают максимальных отметок.

Второй период характеризуется отработкой ресурсов вод таликов (критический водный период). Он начинается обычно в ноябре после осушения или перемерзания СТС. Во второй половине зимы (как правило, в январе) талик мерзлотными перемычками разделяется на ряд изолированных бассейнов, в которых сток прекращается. Падение уровня воды сменяется на его рост за счет криогенного напора. Часть воды изолированных бассейнов переходит в лед или же по трещинам гидроразрыва консервируется в наледях и жилах льда. Такие наледи известны в русле руч. Контактный. В подрусловом талике ниже гидроствора «Нижний» сток существует до начала таяния снега, о чем свидетельствует непрерывное падение уровней в наблюдательных скважинах.

Выводы: обобщение материалов многолетних наблюдений КВБС за поверхностным стоком и режимом подземных вод позволило

выявить ранее не известные или малоизвестные закономерности. Мы считаем заслуживающими внимания факты поступления талых вод в надмерзлотные талики и в поверхностные горные водотоки криолитозоны до начала теплого периода года и массового таяния снежного покрова. Таким образом, воды СТС как на склонах, так и в таликах речных долин в течение всего времени существования являются основным источником питания поверхностных водотоков, определяя характерные черты гидрографов поверхностного стока ручьев. Выявленные закономерности необходимы для обоснования программ использования водных ресурсов горных районов криолитозоны.

Работа выполнена при поддержке гранта ДВО РАН №12-III-A-09-196.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. *Slaughter, C.W.* Boreal Forest Catchments: Research Sites for Global Change at High Latitudes / *C.W. Slaughter, V.Ye. Glotov, I.F. Viereck, V.M. Mikhailov* // *Water, Air and Soil Pollution*. 1995. N 82. P. 351-356.
2. *Зинченко, А.И.* Исследование конденсации паров воды в условиях отрицательных температур зоны аэрации / *А.И. Зинченко, И.М. Папернов, Г.Г. Цыплаков* // *Колыма*. 1998. № 3. С. 19-24.

ROLE OF UNDERGROUND WATERS IN THE COMMON DRAIN OF SMALL MOUNTAIN RIVERS AT KOLYMA RIVER BASIN

© 2012 L.P. Glotova, V.E. Glotov

Northeast Complex Scientific Research Institute, FEB RAS, Khabarovsk

Entered in edition 10.05.2012

On the basis of generalization a large number of the actual material which has been saved up in years of Kolyma water balance station work, it is convincingly shown that the role of underground waters in delivery the surface water currents in the conditions of distribution of many years frozen soils was unfairly underestimated. The new data characterizing formation of the common water drain in conditions of the negative daily average air temperatures and at frozen condition of seasonal thawed layer (STL) are provided. The new scheme of analysis the mountain streams hydrographer for detection the features of formation the underground waters of STL is offered.

Key words: *small mountain rivers, river drain, many years frozen soils, seasonal thawed layer, underground waters*

Lyudmila Glotova, Senior Research Fellow at the Laboratory of Oil and Gas Ecology and Geoecology. E-mail: glotova@neisri.ru
Vladimir Glotov, Doctor of Geology and Mineralogy, Chief of the Laboratory of Oil and Gas Ecology and Geoecology. E-mail: geoecol@neisri.ru