

УДК 556.166

ФОРМИРОВАНИЕ ТЕРМИЧЕСКОГО РЕЖИМА РЕК ГОРНЫХ РЕГИОНОВ ЗОНЫ МНОГОЛЕТНЕЙ МЕРЗЛОТЫ В ЛЕТНИЙ ПЕРИОД

Е. Л. Бояринцев¹, Н. Г. Сербов¹, Н. И. Попова²

¹Одесский государственный экологический университет, г. Одесса

E-mail: bo@tm.odessa.ua

²Колымское управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды, г. Магадан

E-mail: Feo@meteo.magadan.ru

Рассмотрены особенности формирования термического режима летнего периода рек горно-таежной зоны низкотемпературных многолетнемерзлых пород. Предложена методика расчета среднемесячной температуры воды наиболее теплого месяца для неизученных рек.

Ключевые слова: термический режим, водный режим, многолетняя мерзлота, модуль стока.

Постановка задачи. Термический режим водных объектов горных регионов Северо-Востока России формируется в условиях сурового, резко континентального климата и повсеместного распространения многолетнемерзлых пород. Анализ наблюдений за температурным режимом малых водотоков Колымской воднобалансовой станции (КВБС) площадью от 0,27 до 10 300 км² позволил установить основные особенности термического режима рек центральной части Магаданской области. Такие исследования имеют большое значение для проектирования, экологического обоснования и эксплуатации различных гидротехнических сооружений в условиях многолетнемерзлых пород.

Русла первичной гидрографической сети (водотоков площадью до 1–2 км²) перекрыты сфагново-лишайниковой дерниной (в высотном поясе до 1000 м над уровнем моря) либо чехлом грубо-обломочных пород (в гольцовой зоне), препятствующим проникновению прямой солнечной радиации. Склоновые воды здесь поступают в водоприемник по контакту с кровлей многолетней мерзлоты, представленной сильно-льדיстыми горными породами. Поэтому температура воды в водотоках первичной гидрографической сети практически постоянна, не превышает 1–3°C и не реагирует на внутрисуточные колебания температуры воздуха (Бояринцев, 1994; Бояринцев и др., 2004).

Русла рек площадью более 10 км² сложены гравийно-галечными отложениями, для них характерны активный русловый режим, многорукавность, чередование плесов и перекатов. Возрастает мощность и площадь прируслового талика, который значительно превышает площадь русла. Склоновые воды попадают в водоприемник уже не по поверхности льда, а сквозь толщу относительно прогретых аллювиальных отложений. В межень русла разбиваются на отдельные неглубокие протоки с выступающими над уровнем воды полуоб-

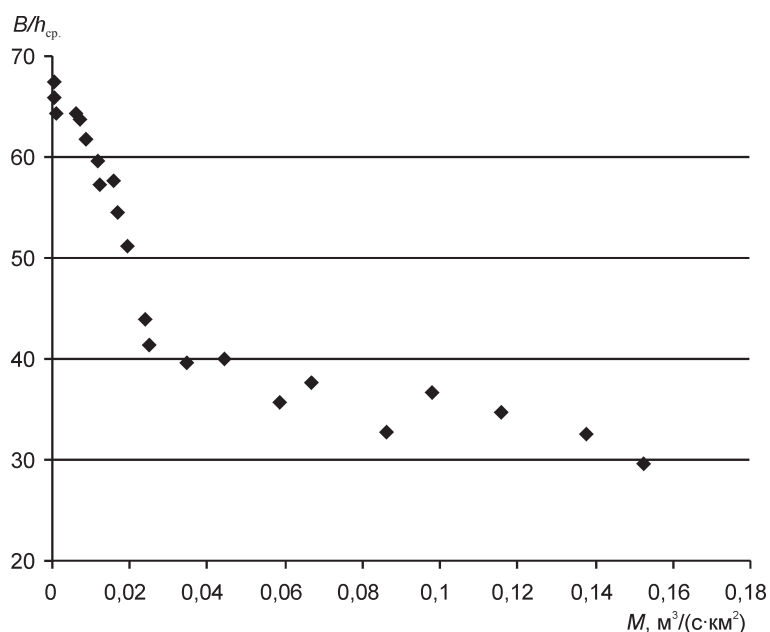


Рис. 1. Зависимость параметра B/h_{cp} от среднеиюльского модуля стока, р. Кулу

Fig. 1. The B/h_{av} parameter versus the average specific discharge of the Kulu R. in July

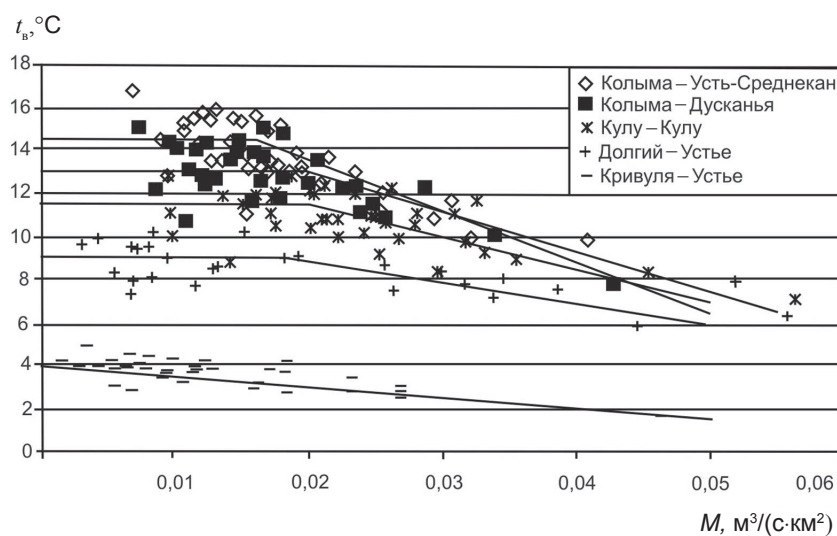


Рис. 2. Зависимость среднеиюльской температуры воды от модуля стока для рек бассейна Верхней Колымы

Fig. 2. The average water temperatures in July versus the specific discharge of rivers in the Upper Kolyma area

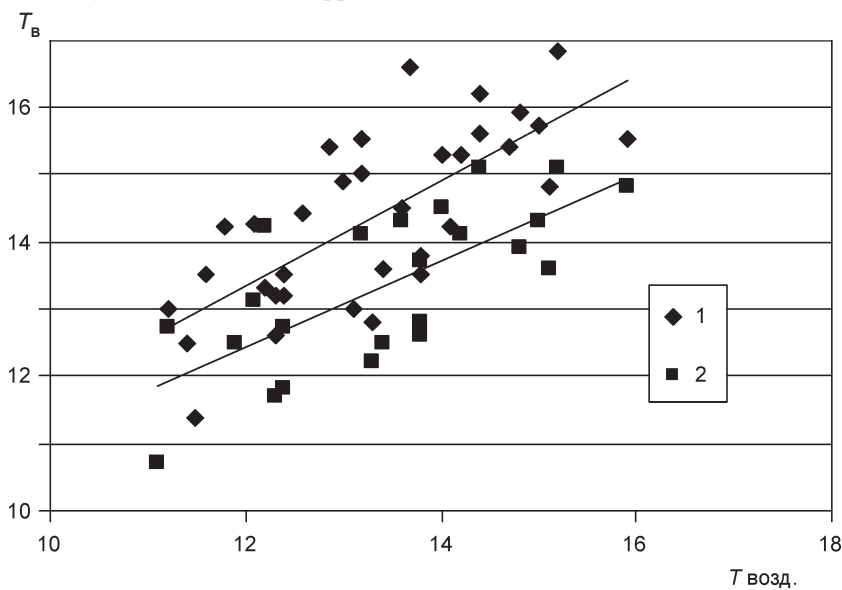


Рис. 3. Зависимость температуры воды от температуры воздуха при модуле стока менее $0,02 \text{ м}^3/(\text{с}\cdot\text{км}^2)$: 1 – р. Колыма – пос. Усть-Среднекан; 2 – р. Колыма – пос. Дусканья

Fig. 3. The river water temperatures versus the air temperatures with the river specific discharge less than $0.02 \text{ м}^3/(\text{с}\cdot\text{км}^2)$: 1 – the Kolyma R. – Ust-Srednekan, 2 – the Kolyma R. – Duskanya

сохшими камнями и песчано-галечными косами. В ясные дни вследствие прямой солнечной радиации происходит прогрев не только водной массы, но и прирусловых участков, выступающих камней и ложа. С ростом водосборной площади роль холодных склоновых вод в тепловом балансе руслового потока сокращается, а солнечной радиации, проявляющейся через температуру воздуха, возрастает. Этим явлением объясняется парадокс, когда средняя температура воды повышается даже на крупных реках, текущих на север,

многочисленные данные по температурам воды, воздуха, а также водности рек бассейна Колымы. Ход внутримесячной температуры в июле наиболее устойчив по сравнению с июнем, когда происходит переход от весны к лету, и в августе, когда наблюдается обратный процесс предосеннего выхолаживания.

На рис. 2 показано соотношение средней за июль температуры воды и модуля стока для рек с водосборной площадью от 8 до 60 000 тыс. км². Графически эта зависимость выражается ломаной линией.

хотя в этом направлении происходит общее снижение температуры воздуха (Михайлов, 1993).

Совместный анализ температуры воды и гидроморфометрических особенностей русел рек позволил получить зависимость температуры воды от температуры воздуха и модуля стока. Установлено, что модуль стока $0,02 \text{ м}^3/(\text{с}\cdot\text{км}^2)$ для данного строения русла в отношении формирования термического режима потока является граничным. Многочисленные построения зависимостей отношения ширины к глубине потока $B/h_{\text{ср.}}$ от значения модуля стока M для широкого диапазона площадей показали, что для рек, находящихся в сходных геоморфологических условиях, кривая $(B/h_{\text{ср.}}) = f(M)$ имеет четко выраженный перелом в точке $M \approx 0,02$. При дальнейшем увеличении модуля стока редукция отношения $B/h_{\text{ср.}}$ резко снижается. Это значит, что при указанной величине водности происходит заполнение русла до основания бровок. При этом ширина практически остается постоянной (до момента выхода воды на пойму), а нарастание глубины относительно невелико, что и определяет точку перелома. Пример такой зависимости для р. Кулу – ГМС Кулу (верховья р. Колыма) – приведен на рис. 1.

Повышение водности до $0,02 \text{ м}^3/(\text{с}\cdot\text{км}^2)$ влечет за собой заполнение русла до бровок, при этом роль солнечной радиации в тепловом балансе потока резко снижается.

Анализ полученных материалов. Для анализа нами использованы среднемесячные

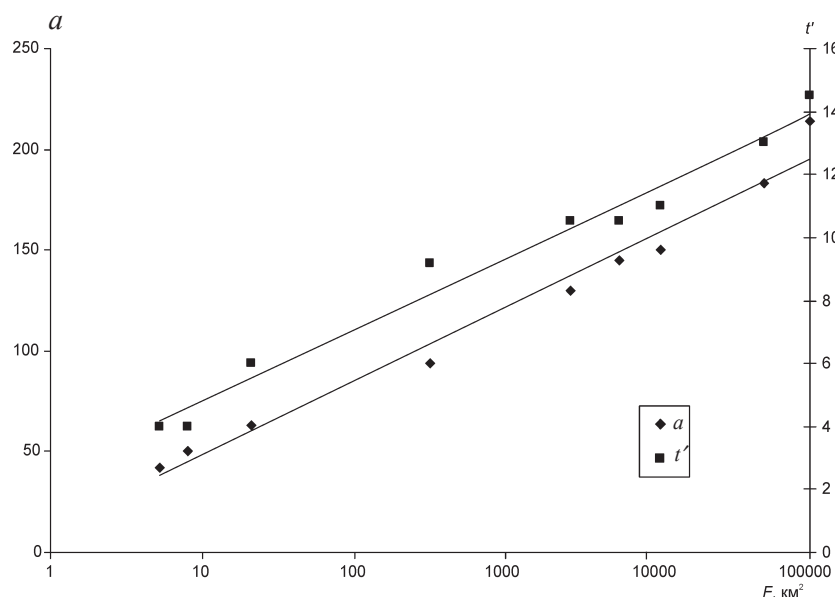


Рис. 4. Зависимость параметров a и t' от площади водосбора для рек бассейна Верхней Колымы

Fig. 4. The a and t' parameters versus the Upper Kolyma R. catchment area

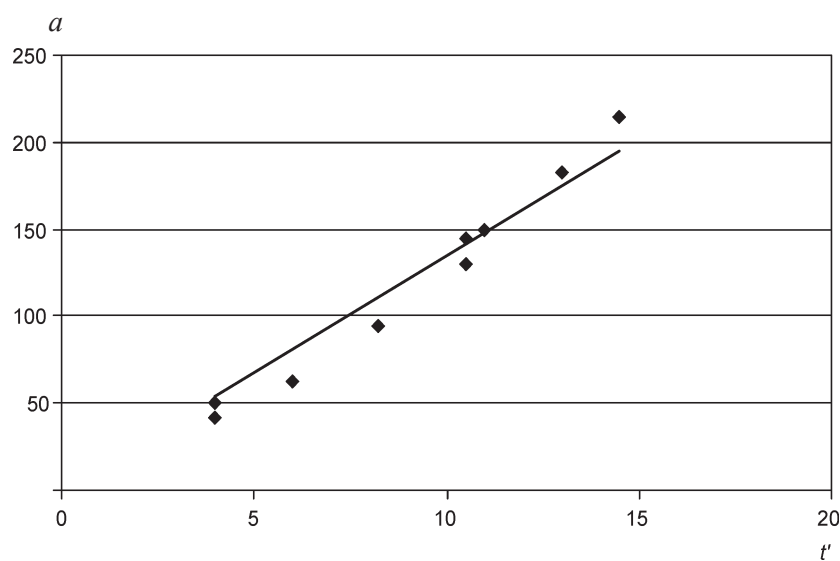


Рис. 5. Соотношение между параметрами a и t'

Fig. 5. The a parameters versus the t' parameters

Левый отрезок может быть представлен линией, параллельной оси абсцисс и ограниченной осью ординат и значением модуля стока, равным примерно $0,02 \text{ м}^3/(\text{с} \cdot \text{км}^2)$. Ордината этого отрезка соответствует среднему многолетнему значению температуры воды в июле, а разброс значений относительно осредняющей линии определяется температурой воздуха, что подтверждается графиком (рис. 3).

На рис. 3 показана зависимость температуры воды от температуры воздуха для двух створов р. Колыма: Усть-Среднекан ($99\,400 \text{ км}^2$) и пос. Дусканья ($50\,100 \text{ км}^2$). Коэффициенты корреляции обе-

их зависимостей достаточно высоки – более $0,7$. Отметим, что в отдельные годы температура воды выше температуры воздуха. Этот факт можно объяснить тем, что над сушей летом в ночные часы наблюдаются инверсионные заморозки, чего не бывает над водной поверхностью. Аналогичное соотношение отмечается и для рек бассейна Анюя (Злобин, Мельникова, 1965).

Аналитически зависимость температуры воды от модуля стока (при $M > 0,02$) для рек Верхней Колымы может быть представлена простым выражением:

$$t_m = t' - a(M_i - 0,02), \quad (1)$$

где t_m – искомое значение среднемесячной температуры воды;

t' – средняя температура воды при $M \leq 0,02$;

a – параметр редукции;

M_i – текущее значение среднемесячного модуля стока, которое даже на уровне редкой повторяемости не превышает $0,08 \text{ л}/(\text{с} \cdot \text{км}^2)$.

В свою очередь, как параметр t' , так и параметр редукции a находятся в тесной зависимости от площади водосбора (рис. 4).

Аналитически эти соотношения можно записать в виде выражений:

$$t' = 1,02 \cdot \ln(F + 1) + 2,31; \quad (2)$$

$$a = 16,63 \cdot \ln(F + 1) + 7,11. \quad (3)$$

Свободный член в выражении (2) представляет собой среднюю температуру склонового потока, и ее величина подтверждается полевыми исследованиями (Бояринцев и др., 2004).

С учетом уравнений (2) и (3) выражение (1) запишется в виде

$$t_m = [1,02 \cdot \ln(F + 1) + 2,31] - [16,63 \cdot \ln(F + 1) + 7,11] \times (M - 0,02). \quad (4)$$

Расчетное выражение может быть построено несколько иначе. Учитывая, что между параметрами a и t' существует достаточно тесная зависимость (рис. 5), которая в первом приближении может быть аппроксимирована уравнением прямой

$$a = 13,47 \cdot t', \quad (5)$$

выражение (1) можно записать в виде:

$$t_m = t' - [1 - 13,47(M_i - 0,02)]. \quad (6)$$

Полученные результаты позволяют произвести оценку температурного режима неизученных водотоков Верхней Колымы в наиболее теплый месяц года.

Проверочные расчеты на независимом материале показали высокую сходимость между наблюдаемыми и полученными по предложенной схеме значениями температуры воды.

ЛИТЕРАТУРА

Бояринцев Е. Л. Влияние режима рек зоны вечной мерзлоты на морфометрию русла // Тр. IV конф. «Ди-

намика и термика рек, водохранилищ, внутренних и окраинных морей». – М. : ИВП РАН, 1994. – Т. 1. – С. 357–359.

Бояринцев Е. Л., Сербов Н. Г., Болгов М. В. и др. Трансформация водного и термического режимов рек Верхней Колымы под влиянием разработок россыпных золотоносных месторождений : тез. докл. VI Всерос. гидролог. съезда. Секция 3. – СПб. : Гидрометеиздат, 2004. – С. 188–189.

Злобин В. В., Мельникова Т. В. Термический режим рек бассейна Малый Анюй : сб. работ Магаданской ГМО. – Л. : Гидрометеиздат, 1965. – Вып. 1. – С. 87–98.

Михайлов В. М. Термический режим водотоков и таликов при значительном массообмене между ними // Колыма. – 1993. – № 6. – С. 9–13.

Поступила в редакцию 09.02.2006 г.

THE SUMMER TEMPERATURE DYNAMICS OF MOUNTAIN RIVERS IN PERMAFROST AREAS

E. L. Boyarintsev, N. G. Serbov, N. I. Popova

This paper deals with the peculiar temperature conditions of mountain rivers in permafrost areas in summer seasons. An estimation technique is proposed for the monthly average of the river water temperatures in the warmest time of the year.

Key words: water temperature conditions, streamflow regime, permafrost, specific discharge.