

Список литературы

- [1] Колосов П. Н. Выдающиеся универсальные ценности природного парка «Ленские Столбы». Якутск: ОАО «Медиа-холдинг „Якутия”», 2010. 121 с.
- [2] Коржуев С. С. Геоморфология долины Средней Лены и прилегающих районов. М.: Изд-во АН СССР, 1959. 150 с.
- [3] По Лене: Путеводитель по реке Лена / Сост. Е. А. Виллахов. Якутск: Якутское кн. изд-во, 1970. 80 с.
- [4] Розенцвит А. О. Батомайские каменные «Столбы» на р. Лене // Изв. ИГО. 1948. Вып 1. С. 85—90.
- [5] Спектор В. В., Толстихин О. Н. Ленские Столбы // Наука и техника в Якутии. 2004. № 1. С. 101—106.
- [6] Тимофеев Д. А., Дублянский В. Н., Кикнадзе Т. З. Терминология карста. М.: Наука, 1991. 260 с.
- [7] Трофимова Е. В. Карст природного парка «Ленские Столбы» — уникальное природное явление // Изв. РГО. 2012. Т. 144, вып. 3. С. 68—75.
- [8] Lena Pillars Nature Park. Potential World Heritage Property. Moscow: ANNIE, 2012. 56 p.

Москва
e.trofimova1@gmail.com
Институт географии РАН

Поступило в редакцию
14 мая 2013 г.

Изв. РГО. 2013. Т. 145. Вып. 5

© Г. В. ПРЯХИНА, С. А. ЖУРАВЛЕВ, А. А. ОРГЕТКИН

ВОДНЫЙ РЕЖИМ МАЛЫХ ЛЕДНИКОВЫХ РЕК ГОРНОГО МАССИВА МОНГУН-ТАЙГА

Сложность расчетов гидрологических характеристик малых горных рек, в бассейнах которых присутствуют ледники, зачастую вызвана недостаточностью стандартных гидрологических наблюдений в пределах труднодоступных горных территорий. Вследствие этого единственно возможным способом получения фактической информации о водном режиме таких рек служат экспедиционные исследования. Массив Монгун-Тайга, являющийся кластером биосферного заповедника «Убсунурская котловина», на протяжении многих лет вызывает повышенный интерес исследователей-географов [1—3]. Реки массива Монгун-Тайга, расположенного на стыке Алтая и Саян, стали объектами гидрологических исследований в рамках комплексных экспедиций Русского географического общества 2010—2011 гг.

Гидрографическая сеть территории массива относится к бассейну Котловины Больших озер, в частности оз. Урэг-Нур и Ачит-Нур, и отличается большим разнообразием водных объектов, представленных ледниками, снежниками, наледями, реками, озерами, болотами. Речная сеть развита умеренно, с густотой 0.7—0.8 км/км². Большинство рек берет свое начало в высокогорной части массива, нередко от языков ледников.

Несмотря на относительно небольшую площадь, территория характеризуется значительной неоднородностью условий формирования стока, что в свою очередь оказывает существенное влияние на протекание гидрологических процессов в данном районе.

Плотность сети гидрологических наблюдений на исследуемой территории крайне мала [4, 11, 12]. Ближайшие гидрологические станции и посты находятся на значительном удалении от массива и расположены на средних и крупных реках с площадью водосбора более 5 тыс. км². Гидрологический режим таких рек интегрально отражает совокупность процессов формирования стока на водосборе значительной площади, не позволяя делать выводы о гидрологическом состоянии малых, в том числе ледниковых бассейнов, находящихся в первую очередь под влиянием локальных особенностей местности.

Материалы и методы исследований. Для анализа суточных колебаний стока воды в статье использованы экспедиционные материалы полевых наблюдений за гидрометеорологическими характеристиками и таянием ледника, полученные авторами в июле—августе 2010 и 2011 гг. К экспедиционным гидрологическим изысканиям предъявляются требования методик проведения стандартных гидрометрических работ. В то же время речной сток является основным расходным элементом водного баланса ледника, что вызывает необходимость комплексного изучения гидрологических процессов и явлений в условиях высокогорья.

Наиболее подробно методика определения элементов водно-ледового баланса ледников бассейнов изложена Г. Н. Голубевым [5], В. П. Галаховым [2, 3] и В. В. Васильевым [1]. Речной сток измеряется либо в одном створе, непосредственно примыкающем к языку ледника, либо в двух створах, с последующим выделением стока с ледникового бассейна пропорционально доле оледенения [1, 5, 7, 8]. Точность гидрометрических измерений в условиях приледниковой долины ограничивается рядом специфических трудностей, одной из которых является значительная изменчивость формы русла и, как следствие, неустойчивость связи «уровень—расход» для морены, сложенной легко размываемым материалом, что связано с увеличением интенсивности стока и скоростей рек с увеличением абляции ледника. При этом происходит активная трансформация русел рек, отмечается глубинная и боковая эрозия.

Кроме того, следует отметить, что в условиях больших уклонов и наличия валунно-галечного дна поток движется по руслу неравномерно, разделяясь на струи со скоростью до 3 м/с, что сказывается на виде эпюр скоростей.

Внутрисуточные колебания расходов ледниковых рек учитывались с помощью применения гидростатических самописцев-уровнемеров с интервалом измерений в 1 мин.

Анализ стока с ледникового бассейна р. Восточный Мугур. Ледниковый бассейн р. Восточный Мугур стал одним из основных объектов экспедиционных исследований (рис. 1). Наблюдения за стоком проводились в створе у языка ледника и в замыкающем створе реки, расположенном на расстоянии 3.4 км ниже языка ледника. В 2010 г. также параллельно проводились наблюдения за стоком р. Мугур, имеющей незначительную долю ледникового питания. Основные характеристики водосборов приведены в таблице.

На рис. 2 приведены совмещенные гидрографы стока по гидрологическим постам за весь период абляции 2010 г.

Площадь оледенения водосбора р. Восточный Мугур составляет 22 % от площади речного бассейна. Диапазон изменений расходов воды р. Восточный

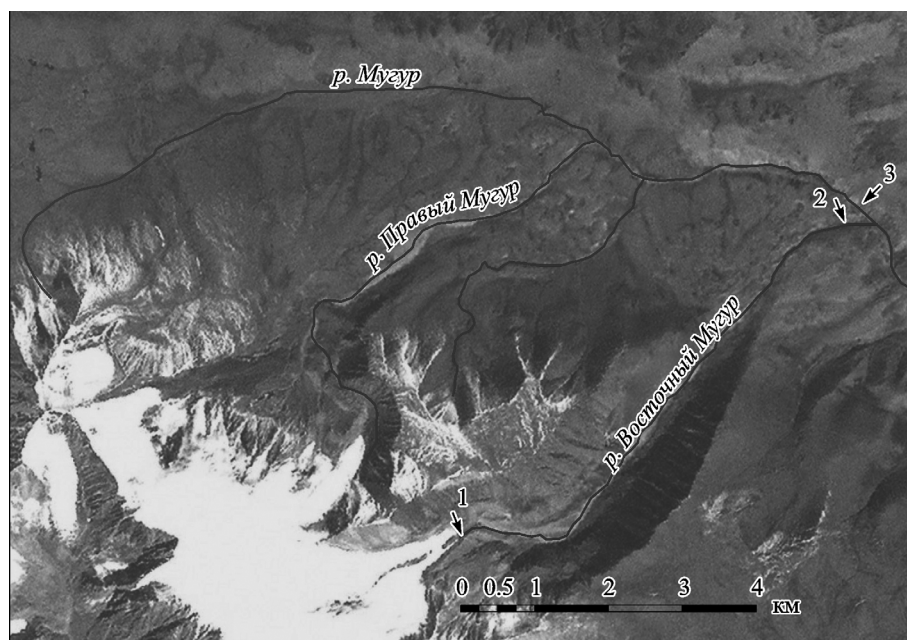


Рис. 1. Схема расположения гидропостов в долине р. Восточный Мугур.

Мугур за весь период наблюдений в верхнем створе составил от 0.1 до 1.5 и от 0.13 до 1.6 м³/с в нижнем створе. Уровни воды колебались синхронно с расходами, за исключением случаев интенсивного развития глубинной эрозии (1.5 м/сут) в районе языка ледника во время дождевого паводка 24—25 июля 2010 г. Анализ стока в верхнем створе показал, что в период наблюдений ход расходов воды р. Восточный Мугур определялся тепловым балансом ледника.

Величина стока ледниковых рек зависит как от водного режима ледника, так и от стока с неледниковой поверхности водосбора. Однако если речь идет о малых реках, имеющих ледниковое питание, то основные гидрологические процессы, происходящие на леднике, достаточно хорошо будут отражаться на графике стока со всего бассейна.

На рис. 3 и 4 приведены графики хода суточных объемов стока и расходов воды р. Восточный Мугур в нижнем створе и слоя стаивания ледника Восточный Мугур за период наблюдений 2010—2011 гг.

Как следует из рис. 3, изменение водности в нижнем створе реки с 13 по 21 июля 2010 г. соответствует ходу величины абляции на леднике. Так как

Характеристики водосборов

Водосбор	Площадь, км ²	Длина водотока, км	Отметка нуля графика, м
Р. Восточный Мугур — верхний пост	3.24	0.03	2985.00
Р. Восточный Мугур — нижний пост	14.9	7.48	2236.97
Р. Мугур-500 м выше устья р. Восточный Мугур	55.0	13.3	2234.85

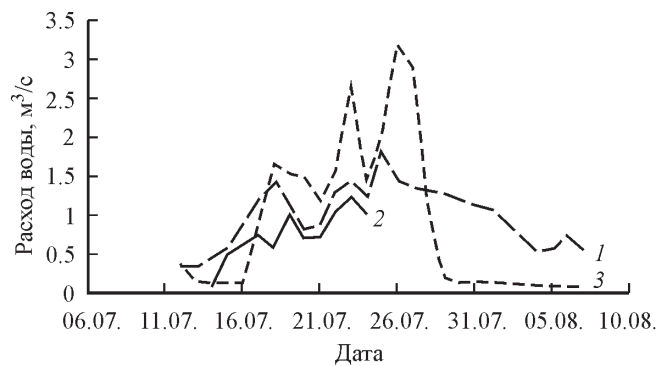


Рис. 2. Совмещенные гидрографы стока по гидрологическим постам за период абляции 2010 г.

1 — р. Восточный Мугур (нижний створ), 2 — р. Восточный Мугур (ледник), 3 — р. Мугур.

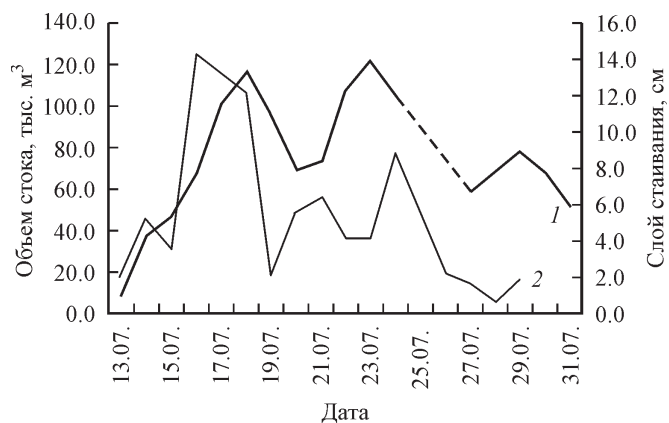


Рис. 3. Совмещенные графики изменения объема стока р. Восточный Мугур (1) и слоя стаивания ледника Восточный Мугур (2) за 13—31 июля 2010 г.

Величины для пунктирных участков получены интерполяцией.

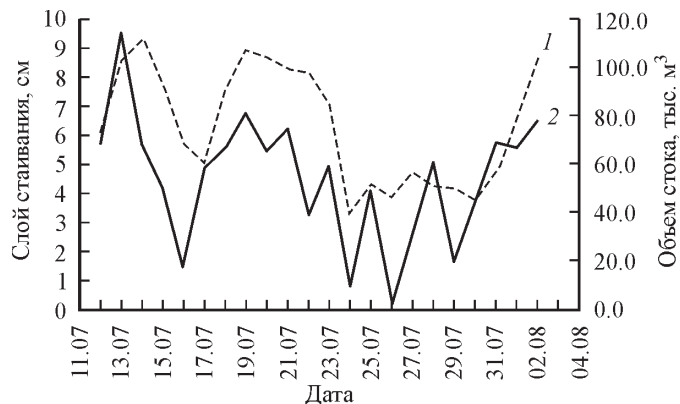


Рис. 4. Совмещенные графики изменения объема стока р. Восточный Мугур (1) и слоя стаивания ледника Восточный Мугур (2) за 11 июля—4 августа 2011 г.

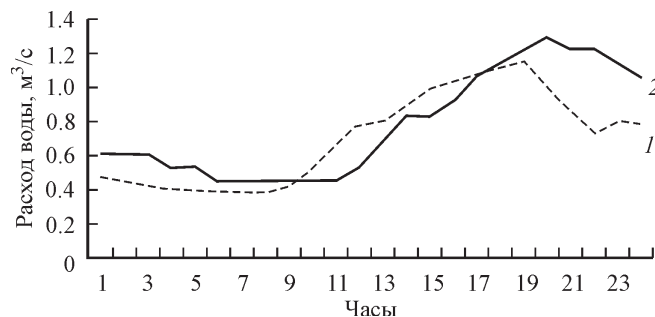


Рис. 5. Графики средних часовых расходов воды р. Восточный Мугур в верхнем (1) и нижнем створах (2) за 16 июля 2010 г.

эти дни были без существенных осадков, то формирование стока Восточного Мугура определялось таянием ледника и снежников в бассейне. 23—24 июля выпадение жидких осадков на территории бассейна привело к значительному увеличению объемов стока в нижнем створе реки. Величина средней суточной абляции ледника при этом изменялась мало. С 24 по 31 июля изменение объемов стока в нижнем створе Восточного Мугура определялось главным образом водным режимом ледника.

В отличие от периода наблюдений в 2010 г. в 2011 г. выпадавшие осадки имели меньшую интенсивность и не приводили к резким повышением уровня воды, вследствие чего ход среднесуточных объемов воды в целом соответствовал графику хода слоя таяния ледника (рис. 4). Коэффициент корреляции между массивами значений данных величин составил 0.66.

В период пониженной абляции питание р. Восточный Мугур осуществлялось в основном за счет подземных вод, талых вод снежников и дождевых осадков.

Особенности внутрисуточного хода стока. Для р. Восточный Мугур в верхнем и нижнем створах были отмечены внутрисуточные колебания стока в период абляции с двумя ярко выраженными экстремумами за сутки. Время наступления максимума стока с ледника изменялось в разные дни в интервале 14—19 ч, минимум стока наблюдался в 6—7 ч утра. В дни с дождливой погодой закономерность внутрисуточного хода нарушалась.

По характерным точкам графиков средних часовых расходов воды Восточного Мугура в верхнем и нижнем створах за 16 июля 2010 г. (рис. 5) было определено время добегания между створами, которое составило 2 ч.

Максимальный расход ледникового стока в верхнем створе в 2010 г. был зарегистрирован 16 июля, в день без осадков, и составил 1.12 м³/с. Объемы суточного стока в верхнем и нижнем створе 16 июля 2010 г. составили соответственно 60.7 и 67.6 тыс. м³. Таким образом, доля стока с неледниковой части бассейна в период отсутствия осадков составила 10 % от стока в нижнем створе Восточного Мугура, что соответствует в среднем расходу воды 0.1 м³/с, который формировался за счет таяния снежников и поступления подземных вод.

По данным наблюдений 2011 г., доля внеледникового питания р. Восточный Мугур составила 21 %. Такое значительное увеличение может быть объяснено более высокой температурой воздуха в 2011 г. и, как следствие, интенсивным стаиванием снежников.

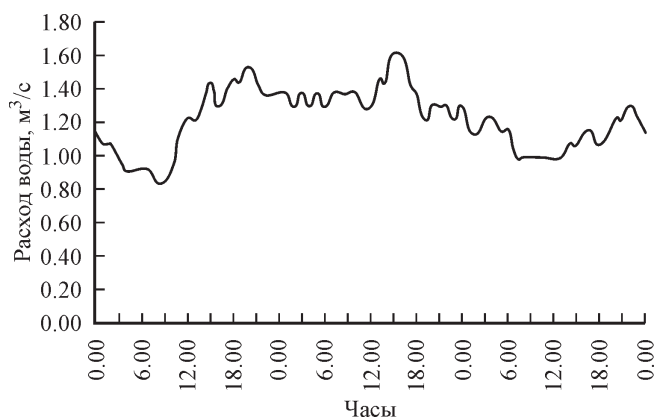


Рис. 6. Гидрограф стока р. Восточный Мугур (нижний створ) за 17—19 июля 2010 г.

Наибольшие наблюдаемые расходы воды р. Восточный Мугур были зафиксированы в период с 17 по 19 июля 2010 г. (рис. 6). Этот период характеризовался выпадением жидких осадков и интенсивным таянием ледника, что привело к формированию в ледниковом бассейне р. Восточный Мугур максимальных за весь период наблюдений модулей стока (для верхнего створа — 450, для нижнего створа — 110 л/с*км²).

Река Мугур в отличие от р. Восточный Мугур не имеет ярко выраженных пиков внутрисуточного хода вследствие незначительной доли стока с ледников в ее питании. Ход стока р. Мугур в период наблюдений 2010 г. нарушался только дождевыми паводками. Водность реки в периоды с отсутствием осадков резко уменьшалась, что свидетельствует о невысоких запасах почвенных и подземных вод и незначительной доле ледникового питания этой реки.

Таким образом, в среднем за периоды абляции 2010—2011 гг. для р. Восточный Мугур доля ледникового стока составила 80 %, дождевого стока — 15 %, оставшаяся часть приходится на таяние снежников и подземный сток.

Полученные авторами оценки вклада ледникового стока в питание рек массива согласуются с данными гидрологических наблюдений в июле—августе 1990 г., организованных на р. Шара-Хорагай в юго-восточной части массива Монгун-Тайга, основным источником питания которой служит ледник Селиверстова. Исследования показали, что в период интенсивного таяния, когда объем стока за сутки в верховьях реки составил 110 тыс. м³, вклад таяния на леднике Селиверстова составил 73 % этого объема, 15 % пришлось на жидкие атмосферные осадки, 12 % — доля грунтовых вод, таяние снежников, наледей, погребенных льдов, подземных льдов [9].

Выводы

— Колебания среднесуточных расходов воды р. Восточный Мугур за период экспедиционных наблюдений соответствуют ходу абляции ледника за тот же период.

— Внутрисуточные колебания расходов воды формируются в основном за счет высокой скорости стекания талых ледниковых вод и относительно малого объема динамических запасов воды на поверхности льда.

— Доля ледникового питания (в процентах от общего стока) для бассейна р. Восточный Мугур составляла:

— в 2010 г. в период отсутствия осадков до 90 %, при дождевых паводках — 40—60 %;

— в 2011 г. — 80 % (1.42 млн м³).

Для оценки межгодовой динамики стока с ледников массива Монгун-Тайга требуются ежегодные наблюдения. По этому поводу в заключение хотелось бы выразить благодарность Русскому географическому обществу за поддержку в организации экспедиций 2010—2011 гг.

Список литературы

- [1] *Васильев В. В.* Об оценке роли ледников в питании горных рек (на примере горно-ледникового бассейна Актру) // *Гляциология Алтай*. Вып. 12. Томск, 1978. С. 109—116.
- [2] *Галахов В. П.* Ледники Актру (Алтай) // В. П. Галахов, Ю. К. Нарожнев, С. А. Никитин, П. А. Окишев, В. В. Севастьянов, Л. М. Севастьянова, Л. Н. Шантыкова, В. И. Шуров. Л.: Гидрометеиздат, 1987. 119 с.
- [3] *Галахов В. П.* Ледники Алтай // В. П. Галахов, Р. М. Мухаметов. Новосибирск: Наука, 1999. 136 с.
- [4] Гидрологические ежегодники 1965—1994 гг. Т. 6. Бассейн Карского моря. Вып. 0—3. Река Обь и ее бассейн до устья реки Иртыш. Новосибирск, 1968—1996.
- [5] *Голубев Г. Н.* Гидрология ледников. Л.: Гидрометеиздат, 1976. 247 с.
- [6] Горы и люди: изменение ландшафтов и этносы внутриконтинентальных гор России // К. В. Чистяков, Н. В. Каледина, И. Г. Москаленко и др. / Под ред. К. В. Чистякова, Н. В. Калединой. СПб.: ВВМ, 2010. 438 с.
- [7] *Дудукалова Н. И., Душкин М. А.* Снежники и их гидрологическая роль в горноледниковом бассейне Актру // *Гляциология Алтай*. Вып. 12. Томск, 1978. С. 76—90.
- [8] *Душкин М. А.* Вещественный баланс ледника Малый Актру // *Гляциология Алтай*. Вып. 14. Томск, 1978. С. 91—102.
- [9] *Москаленко И. Г., Селиверстов Ю. П., Чистяков К. В.* Горный массив Монгун-Тайга (Внутренняя Азия). Опыт эколого-географической характеристики. СПб.: Изд-во РГО, 1993. 94 с.
- [10] *Панина Н. А.* Максимальный сток рек Горного Алтай // *Труды ГТИ*. 1966, вып. 134. С. 233—265.
- [11] Ресурсы поверхностных вод СССР. Т. 15. Алтай и Западная Сибирь. Вып. 1. Горный Алтай и Верхний Иртыш. Л.: Гидрометеиздат, 1969.
- [12] Ресурсы поверхностных вод СССР. Т. 16. Ангара-Енисейский район, вып. 1. Енисей. Л.: Гидрометеиздат, 1973.

Санкт-Петербург
g65@mail.ru
hydromod@gmail.com
a_orgetkin@mail.ru
Санкт-Петербургский государственный
университет

Поступило в редакцию
25 декабря 2012 г.

© **Г. В. Пряхина, С. А. Журавлев, А. А. Ореткин.** Водный режим малых ледниковых рек горного массива Монгун-Тайга.

Приводятся подробные сведения и гидрографической сети горного массива Монгун-Тайга, рассматриваются основные факторы формирования стока, приводятся данные о характеристиках и динамике ледникового стока в течение периода абляции 2010—2011 гг.

© **G. V. Pryakhina, S. A. Zhuravlev, A. A. Orgetkin.** The glacial rivers regime of the Mongun-Taiga mountains.

Detailed information about the modern hydrography network of unexplored massif Mongun-Taiga is given. The characteristics and the dynamics of glacial runoff for melting period of 2010—2011 year are estimated.