

Раздел 3

ГИДРОЛОГИЯ. КЛИМАТ

Section 3

HYDROLOGY. CLIMATE

УДК 556.552

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ РАСЧЕТА ЕЖЕГОДНЫХ СУММ ЗИМНИХ ОСАДКОВ (ПО ИССЛЕДОВАНИЯМ В БАССЕЙНЕ РЕКИ АМЫЛ)

В.П. Галахов¹, С.Ю. Самойлова¹, Е.В. Мардасова²

¹Институт водных и экологических проблем СО РАН, Барнаул,

²Алтайский государственный университет, Барнаул,

E-mail: galahov@iwep.ru, bastet@iwep.ru, mardasova_ev@mail.ru

На примере горного бассейна р. Амыл (бассейн р. Тубы, правого притока р. Енисей) рассчитаны ежегодные суммы зимних осадков (ноябрь-март). Расчет произведен двумя способами – по высотным зависимостям и при помощи авторского метода с использованием орографической добавки к скорости вертикальных движений воздушных масс. В качестве исходных данных использовались ряды наблюдений по 13 метеорологическим станциям и постам, расположенным в пределах бассейна и на прилегающей территории за период 1965 – 1986 гг. Получены высокие коэффициенты детерминации (от 0,67 до 0,94) связи сумм зимних осадков с высотой и с орографической добавкой. Сравнительный анализ результатов расчетов, выполненных разными методами, показал их полную идентичность.

Ключевые слова: река Амыл; снегозапасы; сумма зимних осадков; орографическая добавка; сравнительный анализ.

DOI: 10.24412/2410-1192-2021-16203

Дата поступления: 3.09.2021

Общепризнано, что максимальные уровни сибирских горных рек зависят, в первую очередь, от величины снегонакопления в бассейне. В то же время отмечается слабая обеспеченность метеорологической информацией горных бассейнов [Снежно-водно-ледниковые..., 1986]. В данной работе на

примере бассейна р. Амыл выполнена оценка достоверности расчетов сумм зимних осадков (ноябрь-март) по традиционным высотным зависимостям и по авторской методике с помощью орографической добавки к скорости вертикальных движений [Галахов, 2001].

Объект исследования

Река Амыл является одним из притоков, дающих начало реке Тубе (впадает в Красноярское водохранилище) (рис. 1). Основным достоинством бассейна р. Амыл является обеспеченность

метеорологическим наблюдениями (в частности, данными об атмосферных осадках) всей высотной амплитуды бассейна (табл. 1).

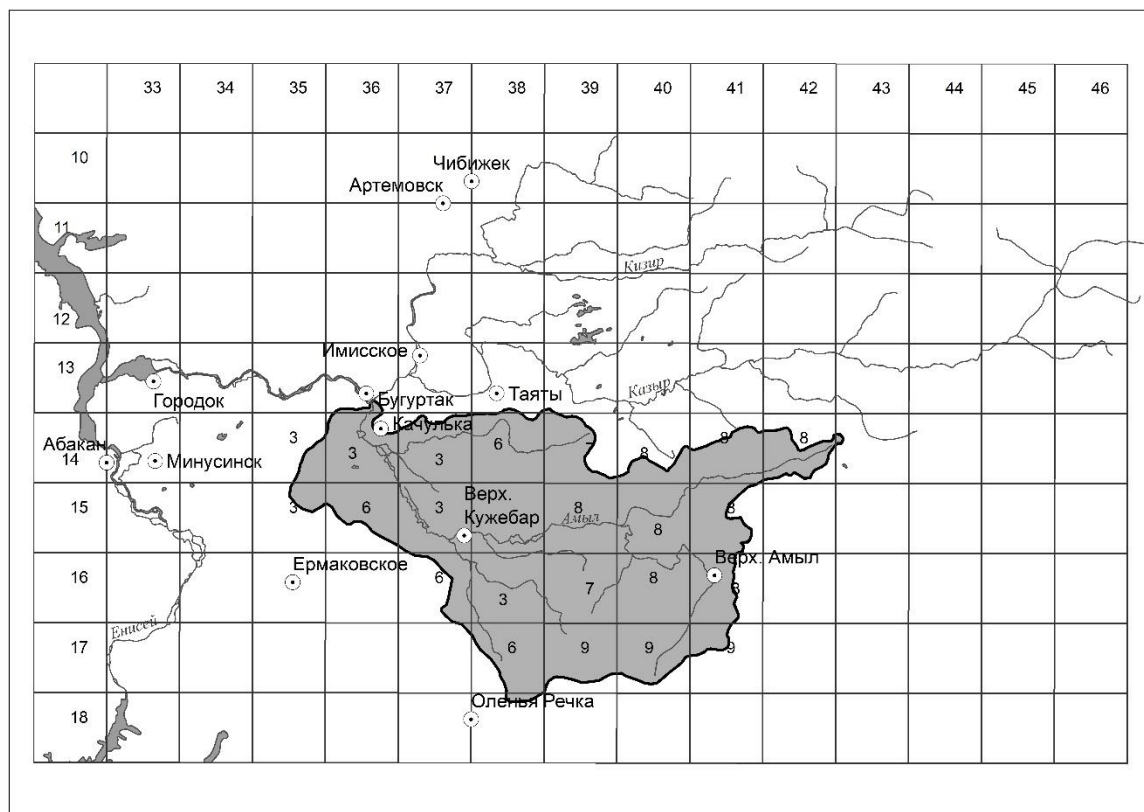


Рис. 1. Гидрографическая схема бассейна р. Тубы и матрица орографической добавки к скорости вертикальных движений для бассейна р. Амыл (вертикальные и горизонтальные строки привязаны к матрице бассейна р. Абакан [Галахов и др., 2017]). Условные обозначения: величина орографической добавки к скорости вертикальных движений: 1 – $-0,75$; 2 – $-0,27$; 3 – $-0,055$; 4 – $-0,025$; 5 – $0,0$; 6 – $+0,055$; 7 – $+0,3$; 8 – $+0,75$; 9 – $1,00$ м/сек. Орографическая добавка относится к левому нижнему углу ячейки. Выделен бассейн р. Амыл.

Fig. 1. Hydrographic scheme of the Tuba river basin and Matrix of the orographic correction to the velocity of vertical movements for Amyl River basin (vertical and horizontal lines are linked to the matrix of the Abakan River basin [Galahov et al., 2017]). Symbols(m/s): 1 – $-0,75$; 2 – $-0,27$; 3 – $-0,055$; 4 – $-0,025$; 5 – $0,0$; 6 – $+0,055$; 7 – $+0,3$; 8 – $+0,75$; 9 – $1,00$. Orographic correction refers to the lower left corner of the cell. The basin of the Amyl River is highlighted.

Таблица 1

Абсолютная высота и сумма средних многолетних осадков за холодный период (ноябрь-март) в бассейне р. Амыл и нижней части бассейна р. Тубы [Справочник..., 1969].

Table 1

Absolute height and amount of average annual precipitation of the cold period (November-March) in the Amyl River basin and the lower part of the Tuba river basin [Spravochnik..., 1969].

Бассейн р. Амыл			Бассейн р. Туба		
Осадкомерный пост	Н, м	Сумма осадков (IX-III)	Осадкомерный пост	Н, м	Сумма осадков (IX-III)
Каратузское	320	125	Курагино	284	124
Верх.Кужебар	340	231	Чибижек	570	299
Верх.Амыл	780	388	Ермаковское	300	147
Оленья Речка	1404	473	Минусинск	200	65
Таскино	280	120	Бугуртак	280	134
			Имисское	350	158
			Городок	220	65
			Тюхтят	370	177

Площадь бассейна р. Амыл в створе в/п Кучулька (Качульские Выселки) составляет 9850 км² или примерно одну треть водосборного бассейна р. Тубы у в/п Бугуртак (31800 км²). Расстояние до слияния с р. Казыр (начало р. Тубы) – 11 км. Пост открыт в 1933 г. [Государственный..., 1985]. Максимальные отметки бассейна достигают 2200 м (вершина без названия, водораздел рек Амыл и Казыр). Основные максимальные водораздельные высоты составляют 1,5–2,0 км. Подавляющая часть водосборного бассейна залесена. На водораздельных участках выше 1,5 км имеются выходы скальных пород. В нижнем течении долина реки заболочена. Основная площадь бассейна сосредото-

чена в высотном интервале от 250 м до 1500 м (табл. 2). Средняя высота водосбора 797 м [Ресурсы..., 1973].

Исходные данные

Для расчетов использовались метеорологические данные указанных выше станций и постов (см. табл. 1): суммы месячных осадков с октября предшествующего года по июнь (включительно) рассчитываемого. Кроме этого, по ГМС Верх.Кужебар (находится примерно в центре исследуемого бассейна) использовались суточные характеристики: температура воздуха и осадки. Необходимые метеорологические данные выбирались из Метеорологических ежемесячников, публикация которых прекратилась в 1988 г.

Таблица 2

Распределение бассейна р. Амыл – створ Качулька по высотным зонам

Table 2

Distribution of the Amyl- Kachulka site river basin by altitude zones

Высотная зона, м	Площадь, км ²	% от площади бассейна
250–500	3800	38,5
500–1000	3600	36,5
1000–1500	2100	21,4
Более 1500	350	3,6
сумма	9850	100

Результаты и их обсуждение

Расчет с использованием высотных зависимостей. Как правило, величина снегозапасов в бассейне традиционно рассчитывается по высотным зависимостям [Ревякин, Кравцова, 1977]. Попытаемся и в данном случае рассмотреть высотную зависимость для бассейна р. Амыл (рис. 2). Как видим, для сред-

них многолетних осадков зависимость вполне однозначна.

Для оценки по бассейну р. Амыл средней максимальной суммы осадков за зимний период по высотным зависимостям использовался указанный выше период: с зимы 1965–66 гг. по 1985–86 гг (табл. 3).

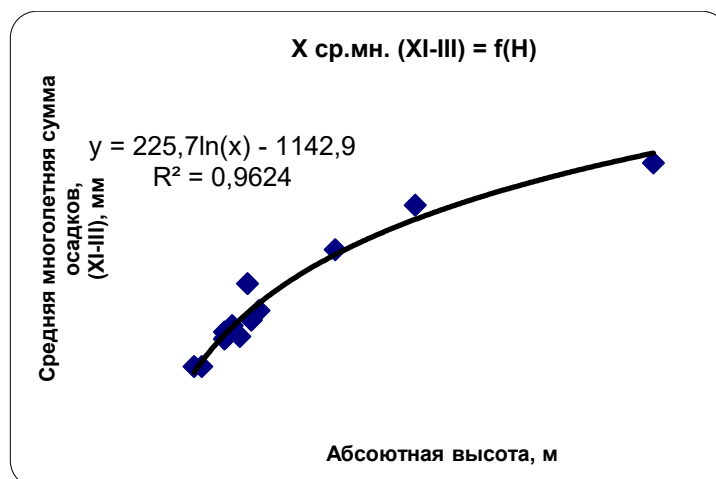


Рис. 2. Зависимость средней многолетней суммы осадков за холодный период (ноябрь–март) от абсолютной высоты осадкомерного поста (бассейн р. Амыл).

Fig. 2. Graph of relationship between average annual precipitation of the cold period (November–March) and Absolute height of weather stations (Amyl river basin).

Таблица 3

Средние максимальные суммы зимних осадков (ноябрь-март): зимы 1965–66 – 1985–86 гг.

Table 3

Average maximum winter precipitation (November-March): winters 1965-66 - 1985-86.

Зима, гг.	Число ГМС и постов, используемых для построения зависимости $\Sigma X = f(H)$	ΣX , мм	R^2
1965–66	11	338,6	0,94
1966–67	11	223,2	0,75
1967–68	Нет осадков за январь-март		
1968–69	13	264,4	0,83
1969–70	14	264,4	0,77
1970–71	13	190,1	0,82
1971–72	12	213,5	0,92
1972–73	11	260,8	0,87
1973–74	12	233,7	0,85
1974–75	12	183,5	0,80
1975–76	15	198,7	0,87
1976–77	15	236,9	0,82
1977–78	Нет осадков за ноябрь-декабрь		
1978–79	Нет осадков за ноябрь-декабрь		
1979–80*	14	343,6	0,83
1980–81	14	251,7	0,92
1981–82	14	193,2	0,92
1982–83	13	232,2	0,81
1983–84	14	201,2	0,84
1984–85	13	228,6	0,82
1985–86	12	158,2	0,87

Примечание: * – зима началась внизу с 20.11, сверху с 11.11.

Расчет с использованием орографической добавки к скорости вертикальных движений. Для того, чтобы предварительно оценить зависимость орографической добавки и суммы зимних осадков построим график связи со средней многолетней суммой зимних осадков (табл. 4, рис. 3).

Как видим, связь также однозначна, но R^2 (коэффициент детерминации) несколько меньше, чем для высотной зависимости (см. рис. 2).

Также, как и для высотных зависимостей, рассчитаем суммы зимних

осадков с использованием орографической добавки (табл. 5) за зимы 1965–66 – 1985–86 гг.

Сравнительный анализ расчетов средних сумм зимних осадков в бассейне по высотным зависимостям и по орографической добавке к скорости вертикальных движений показал, что эти суммы практически одинаковые (рис. 4).

Естественно, из-за использования разных методик расчета наблюдается некоторое различие в результатах. Но оно, на наш взгляд, минимально.

Таблица 4

Орографическая добавка к скорости вертикальных движений и средняя многолетняя сумма зимних осадков (ноябрь-март) в бассейнах рек Амыл и Туба.

Table 4

Orographic correction to the velocity of vertical movements and average maximum winter precipitation (November-March) in basins of Amyl and Tuba rivers.

Осадкомерный пункт	Орографическая добавка, м/с	Сумма зимних осадков, мм [Справочник..., 1969]
Курагино	0,055	124
Чибижек	0,300	299
Каратузское	0,000	125
Верх.Кужебар	0,055	231
Верх.Амыл	0,550	388
Оленья Речка	0,400	473
Ермаковское	0,000	147
Минусинск	-0,270	65
Таскино	-0,270	120
Бугуртак	-0,070	134
Имисское	0,055	158
Городок	-0,300	65
Тюхтят	0,000	177

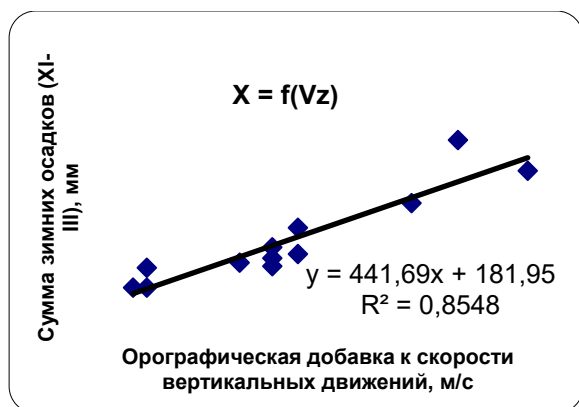


Рис. 3. Зависимость средней многолетней суммы осадков за холодный период (ноябрь-март) от орографической добавки к скорости вертикальных движений в районе осадкомерного поста (бассейны рек Амыл и Туба).

Fig. 3. Graph of relationship between average annual precipitation of the cold period (November-March) and orographic correction to the velocity of vertical movements in area of weather stations (Amyl and Tuba basins).

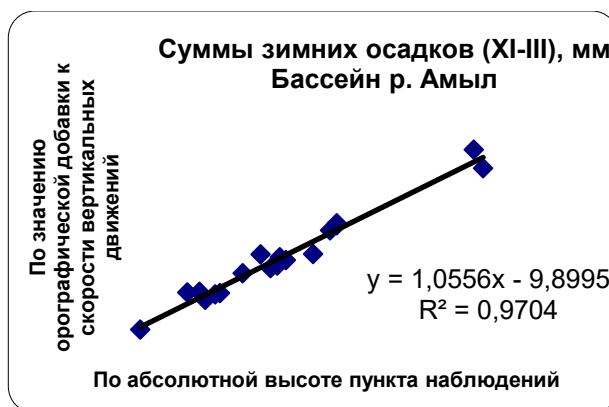


Рис. 4. Сравнительный анализ расчетов средних для бассейна сумм зимних осадков по высотным зависимостям и по орграфической добавке к скорости вертикальных движений (зимы 1965–66 – 1985–86 гг).

Fig. 4. Comparative analysis of calculations of average winter precipitation for the basin by altitude dependencies and by orographic correction to the velocity of vertical movements (winters 1965–66 - 1985–86).

Таблица 5

Средние максимальные суммы зимних осадков (ноябрь–март), вычисленные по орграфической добавке к скорости вертикальных движений: зимы 1965–66 – 1985–86 гг.

Table 5

Average maximum precipitation of the cold period (November–March), calculated by orographic correction to the velocity of vertical movements: winters 1965–66 – 1985–86.

Зима, гг.	Число ГМС и постов, используемых для построения зависимости $\Sigma X = f(H)$	ΣX , мм	R^2
1965–66	10	361,6	0,76
1966–67	11	240,9	0,78
1967–68	Нет осадков за январь–март		
1968–69	12	274,2	0,81
1969–70	12	276,7	0,80
1970–71	14	197,4	0,81
1971–72	12	218,9	0,72
1972–73	12	268,6	0,78
1973–74	13	237,6	0,75
1974–75	13	196,8	0,67
1975–76	15	194,5	0,82
1976–77	15	234,0	0,80
1977–78	Нет осадков за ноябрь–декабрь		
1978–79	Нет осадков за ноябрь–декабрь		
1979–80*	14	340,0	0,81
1980–81	14	241,1	0,77
1981–82	14	188,2	0,84
1982–83	13	227,7	0,78
1983–84	14	195,9	0,73
1984–85	13	224,8	0,74
1985–86	12	154,0	0,76

Примечание:* – зима началась внизу с 20.11, вверху с 11.11.

Заклучение

Как видим, использование орографической добавки к скорости вертикальных движений дает те же самые результаты, что и традиционно используемые для расчетов высотные зависимости. Но высотные зависимости обеспечены в подавляющем большинстве лишь по долинам рек (т.е. лишь части водосборного бассейна). Бассейн р. Амыл – это единственный бассейн (в

нашей практике), где на высоте 1,4 км есть метеорологическая станция Оленья Речка. Поэтому важно было сравнить результаты расчетов, выполненных при помощи различных методик: по высотным зависимостям и орографической добавке. Естественно, использование орографической добавки – это не универсальный прием, который решает все проблемы расчета ежегодных зимних осадков. Например, в бассейне р. Чарыш низкогорная метеостанция Змеино-

горск имеет очень большую орографическую добавку и, тем самым, обеспечивает всю амплитуду ее изменений в бассейне. В то время как использование

высотных зависимостей в этом бассейне не приводит к положительным результатам [Галахов и др., 2020].

Конфликт интересов. Авторы заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest. The authors declares that he has no conflict of interest.

Авторы выражают благодарность О.В. Ловцкой за помощь в поиске исходных данных для расчетов.

Список литературы

1. Галахов В.П. Диагностическая модель движения воздушных масс для определения снегозапасов в горах // Вестник Томского государственного университета. Т. 274. Томск. 2001. С. 54–57.
2. Галахов В.П., Легачева Н.М., Рудыка И.Ю. Оценка осадков половодья с помощью орографической добавки к скорости вертикальных движений (на примере реки Абакан) // Известия Алтайского отделения географического общества. 2017. № 1(44). С. 60–66.
3. Галахов В.П., Самойлова С.Ю., Мардасова Е.В. Влияние условий формирования снежного покрова на сток половодья горной реки (на примере бассейна реки Ануй) // Известия Алтайского отделения географического общества. 2020. № 1(55). С. 24–33.
4. Государственный водный кадастр. Многолетние данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши. Том 1. РСФСР. Выпуск 12. Бассейн Енисея (без бассейна Ангары и Пясины). Л.: Гидрометеиздат, 1985. 464 с.
5. Ревякин В.С., Кравцова В.И. Снежный покров и лавины Алтая. Томск: Изд-во ТГУ, 1977. 216 с.
6. Ресурсы поверхностных вод СССР. Том 16. Ангара-Енисейский район. Выпуск 1. Енисей. Л.: Гидрометеиздат, 1973. 724 с.
7. Снежно-водно-ледниковые ресурсы бассейна Верхней Оби и прогнозы стока весеннего половодья /Ред. Д.А. Бураков. Томск: Изд-во ТГУ, 1986. 254 с.
8. Справочник по климату СССР. Выпуск 21. Влажность воздуха, атмосферные осадки, снежный покров. Л.: Гидрометеиздат, 1969. 405 с.

References

1. Galahov V.P. Diagnosticheskaya model' dvizheniya vozdushnyh mass dlya opredeleniya snegozapasov v gorah [Diagnostic model of air mass movement for determining snow reserves in the mountains] // Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta [Bulletin of Tomsk State University]. T. 274. Tomsk. 2001. P. 54–57. (in Russian).
2. Galahov V.P., Legacheva N.M., Rudyka I.Yu. Ocenka osadkov polovod'ya s pomoshch'yu orograficheskoy dobavki k skorosti vertikal'nyh dvizhenij (na primere reki Abakan) [Assessment of flood precipitation using orographic correction to the velocity of vertical movements (using the example of the Abakan River)] // Izvestiya Altajskogo otdeleniya geograficheskogo obshchestva [Bulletin of the Altai Regional Branch of the Geographical Society]. 2017. № 1(44). P. 60–66. (in Russian).
3. Galahov V.P., Samojlova S.Yu., Mardasova E.V. Vliyanie uslovij formirovaniya snezhnogo pokrova na stok polovod'ya gornoj reki (na primere bassejna reki Anuj) [The influence of conditions of snow cover formation on the flow of the mountain river flood (on the example of the Anui river basin)] // Izvestiya Altajskogo otdeleniya geograficheskogo obshchestva [Bulletin of the Altai Regional Branch of the Geographical Society]. 2020. № 1(55). P. 24–33. (in Russian).
4. Gosudarstvennyj vodnyj kadastr. Mnogoletnie dannye o rezhime i resursakh poverkhnostnykh vod sushi. T. 1. Vyp. 12. Basseyny Yeniseya (bez basseyna Angary i Pyasiny) [State Water Cadastre. Long-term data of surface water regime and resources. Vol. 1. Iss. 12. Basins of the Yenisei (without the Angara basin and Pyasina)]. Leningrad, Gidrometeoizdat Publ., 1985. 463 p. (in Russian).
5. Revyakin V.S., Kravcova V.I. Snezhnyj pokrov i laviny Altaya. [Snow cover and avalanches of Altai]. Tomsk: TGU, 1977. 216 p. (in Russian).
6. Resursy poverhnostnykh vod SSSR. Tom 16. Angaro-Enisejskij rajon. Vypusk 1. Enisej. [Surface water resources of the USSR. Volume 16. Angaro-Yenisei district. Issue 1. Yenisei]. Leningrad, Gidrometeoizdat Publ., 1973. 724 p. (in Russian).
7. Snezhno-vodno-lednikovye resursy bassejna Verhnej Obi i prognozy stoka vesennego polovod'ya [Snow-water-glacial resources of the Upper Ob basin and forecasts of spring flood runoff] / Ed. D.A. Burakov. Tomsk: TGU, 1986. 254 p. (in Russian).
8. Spravochnik po klimatu SSSR. Vypusk 21. Vlazhnost' vozduha, atmosferynye osadki, snezhnyj pokrov [Reference book of the climate of the USSR. Issue 21. Humidity, precipitation, snow cover]. Leningrad, Gidrometeoizdat Publ., 1969. 405 p. (in Russian).

COMPARATIVE ANALYSIS OF CALCULATIONS OF ANNUAL AMOUNTS OF WINTER PRECIPITATION (THE AMYL RIVER BASIN AS A CASE STUDY)

V.P. Galakhov¹, S. Yu. Samoylova¹, E.V. Mardasova²

¹Institute for Water and Environmental Problems SB RAS, Barnaul,

²Altai State University, Barnaul,

E-mail: galahov@iwep.ru, bastet@iwep.ru, mardasova_ev@mail.ru

On the example of the mountain basin of the Amyl River (Tuba River basin, right tributary of the Yenisei) the total winter precipitation (November-March) is calculated. The calculation was made by two methods – by altitude dependencies and using the author's method — by orographic additive to the speed of vertical movements of air masses. The series of observations on 13 meteorological observation points located within the basin and on the adjacent territory for the period 1965-1986 were used as initial data. High coefficients of determination (from 0.67 to 0.94) of the relationship of the amounts of winter precipitation with altitude and with orographic additive were obtained. A comparative analysis of the calculation results performed by different methods showed their complete identity.

Keywords: Amyl River; orographic correction; snow water equivalent; total winter precipitation; comparative analysis.

Received September 3, 2021

Сведения об авторах

Галахов Владимир Прокопьевич – кандидат географических наук, старший научный сотрудник лаборатории гидрологии и геоинформатики Института водных и экологических проблем СО РАН. Россия, 656038, г. Барнаул, ул. Молодежная, д. 1, ИВЭП СО РАН. E-mail: galahov@iwep.ru

Самойлова Светлана Юрьевна – кандидат географических наук, научный сотрудник лаборатории гидрологии и геоинформатики Института водных и экологических проблем СО РАН. Россия, 656038, г. Барнаул, ул. Молодежная, д. 1, ИВЭП СО РАН. E-mail: bastet@iwep.ru.

Мардасова Елена Владимировна – старший преподаватель кафедры экономической географии и картографии ФГБОУ ВО «Алтайского государственного университета». Россия, 656049, г. Барнаул, пр. Ленина, 61. Контактный телефон: +79130850545. E-mail: mardasova_ev@mail.ru

Information about the authors

Galakhov Vladimir Prokopievich – Candidate of Geographic Sciences, Senior Research Officer of the Laboratory of Hydrology and Geoinformatics of the Institute for Water and Environmental Problems SB RAS. (IWEP SB RAS). 1, Molodezhnaya St., 656038 Barnaul, Russia. E-mail: galahov@iwep.ru.

Samoilova Svetlana Yurievna – Candidate of Geographic Sciences, Research Officer of the Laboratory of Hydrology and Geoinformatics of the Institute for Water and Environmental Problems SB RAS. (IWEP SB RAS). 1, Molodezhnaya St., 656038 Barnaul, Russia. E-mail: bastet@iwep.ru.

Mardasova Elena Vladimirovna – Senior lecturer of the Department of Economic Geography and Cartography Altai State University. 61, Lenina str., 656049 Barnaul, Russia. Phone: +79130850545. E-mail: mardasova_ev@mail.ru.