

## НАПРАВЛЕННОСТЬ СОВРЕМЕННЫХ ИЗМЕНЕНИЙ ОСНОВНЫХ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК АЛТАЙСКОЙ ГОРНОЙ ОБЛАСТИ

Аванесян Р.А., Сухова М.Г.

ГОУ ВПО *Горно-Алтайский государственный университет, г. Горно-Алтайск*  
*Горно-Алтайск, Россия (649000, г. Горно-Алтайск, ул. Ленкина, 1) [mar\\_gs@ngs.ru](mailto:mar_gs@ngs.ru)*

---

Проведен анализ результатов многолетних метеорологических наблюдений за температурой приземного воздуха и атмосферными осадками с использованием стандартных статистических методов. Выявлена динамика наблюдаемых климатических изменений с учетом орографической неоднородности горной территории Алтая. Проанализированы данные метеостанций, расположенных на различных высотных уровнях и в различных физико-географических условиях; метеостанция Кызыл-Озёк находится в Северном Алтае (высота 330 м над уровнем моря), Усть-Кан расположена в Канской котловине Центрального Алтая (1037 м), Кош-Агач находится в высокогорной Чуйской котловине Юго-Восточного Алтая (1758 м). Обработаны метеоданные за период с 1955 по 2010 г. Проведены расчеты поверхностного стока горных рек и определена динамика изменения водности исследуемых рек по сезонам года.

---

Ключевые слова: изменение климата, температура воздуха, атмосферные осадки, речной сток, водность, динамика, Алтай.

## MAIN FOCUS OF RECENT CHANGES HYDROMETEOROLOGICAL CHARACTERISTICS ALTAI MOUNTAINS

Avanesyan R.A., Sukhova M.G.

*Gorno-Altai State University, Gorno-Altaiisk*  
*Gorno-Altaiisk, Russia (649000, Gorno-Altaiisk, st. Lenkin, 1) [mar\\_gs@ngs.ru](mailto:mar_gs@ngs.ru)*

The analysis of the results of years of meteorological observations for surface air temperature and precipitation using standard statistical methods. Revealed the dynamics of the observed climate changes, taking into account orographic inhomogeneity of the mountainous territory of the Altai. To study regional peculiarities of climate change in the Altai we have analyzed data of weather stations (WS) situated at different altitudes and in different physic-geographical conditions. WS Kyzyl-Ozek is situated in the Northern Altai (h 330 m), WS Ust'-Kan is located in the Kanskaya hollow of the Central Altai (h 1037 m), WS Kosh-Agach is situated in the high-mountain Chyiskaya hollow of the Southeastern Altai (h 1758 m). Meteorological data for 1955- 2010 have been processed. The calculations of the surface runoff of mountain rivers and water content determined by the dynamics of change in the studied rivers from season to season.

Key words: climate change, air temperature, precipitation, river flow, water content, the dynamics of the Altai.

Стратегической целью политики Российской Федерации в области климата, согласно Климатической доктрине [1], является обеспечение безопасного и устойчивого развития в условиях изменяющегося климата и возникновения соответствующих угроз, при этом упреждающая адаптация к последствиям климатических изменений отнесена к числу приоритетов политики в области климата. В связи с этим изучение динамики современных изменений основных гидрометеорологических характеристик является весьма своевременным и необходимым.

Не акцентируя внимания на возможных причинах современной трансформации окружающей природной среды, следует помнить, что изменение глобального климата – есть совокупность его региональных изменений различных временных и пространственных масштабов [4]. В настоящее время оценка состояния и изменений реального климата, его изменчивости и экстремальности, должна быть регулярно обновляемой, основанной на новейшей доступной информации, самым надежным

источником которой являются данные инструментальных гидрометеорологических наблюдений, как сетевых, так и экспедиционно-полевых.

Для изучения региональных особенностей изменения климата в Алтайской горной области нами проанализированы данные метеостанций, расположенных на различных высотных уровнях и в различных физико-географических условиях за период с 1955 по 2010 год. Метеостанция Кызыл-Озек находится в низкогорье Северного Алтая (высота 330 м над уровнем моря), Усть-Кан расположена в среднегорной Канской котловине Центрального Алтая (1037 м), Кош-Агач находится в высокогорной Чуйской котловине Юго-Восточного Алтая (1758 м). Для статистического анализа на наличие тренда принимались значения средних температурных отклонений по пятилетним периодам, вычисленные за климатические сезоны: зима – с ноября по март, весна – апрель, май, лето – с июня по август, осень – сентябрь, октябрь, а также и в среднем за год.

В результате оценки вероятности тренда за 55-летний период установлено, что на Алтае отмечается значительная положительная динамика (рис. 1–3). Повышение средней годовой температуры варьируется от 2,0 °С в низкогорье Северного Алтая до 2,8 °С в высокогорных котловинах Юго-Восточного Алтая.

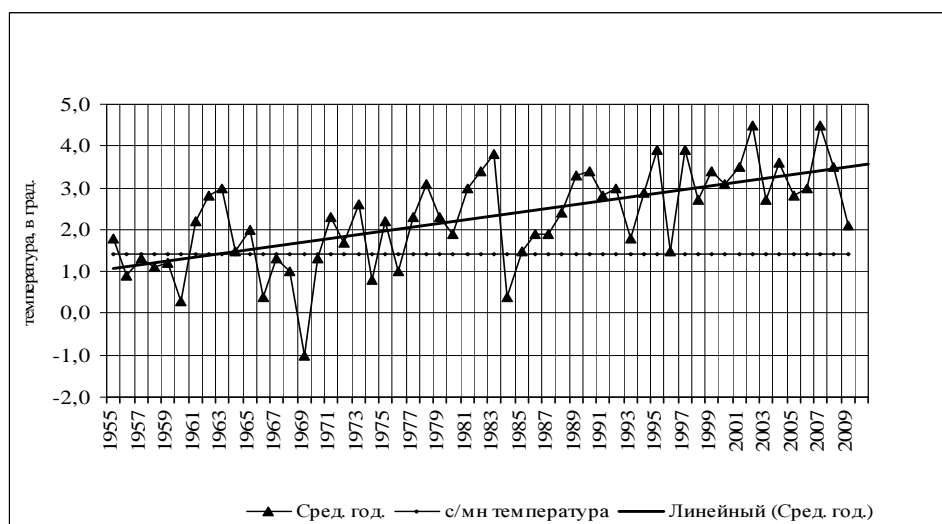


Рисунок 1. Среднегодовая температура воздуха, МС Кызыл-Озек

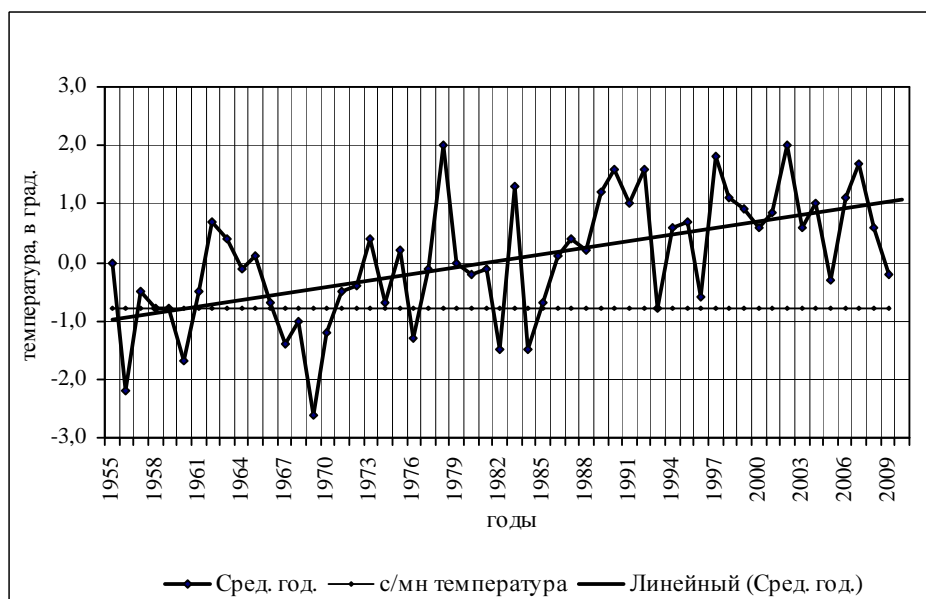


Рисунок 2. Среднегодовая температура воздуха, МС Усть-Кан

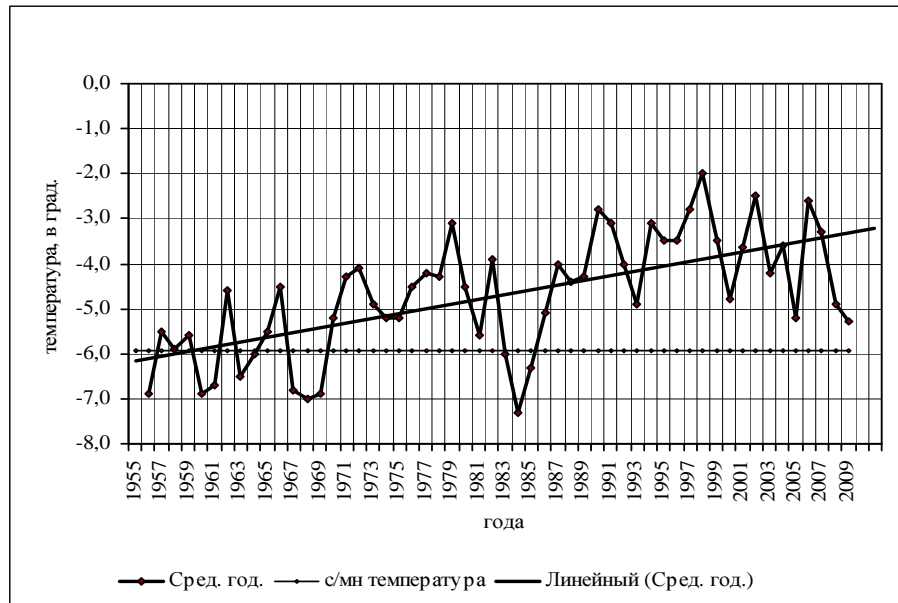


Рисунок 3. Среднегодовая температура воздуха, МС Кош-Агач

Повышение температуры относительно климатической нормы существует во все сезоны, но наиболее значительно в зимний и весенний.

Зависимость термических условий сезонов от особенностей общециркуляционных процессов рассмотрена на примере периода с 2001 по 2010 год. В течение указанных десяти лет отчетливо видно, что на фоне потепления климата наблюдается значительная изменчивость в термическом режиме сезонов, особенно в зимний период.

В эти годы выделяется четыре типа зимних сезонов, различающихся по температурным условиям – аномально теплые (4 сезона), умеренно-суровые (3 сезона), суровые (2 сезона), очень суровые (1 сезон).

В аномально теплые зимы отклонения средней сезонной температуры от нормы в различных районах Алтая составляли от 4 до 8 °С. Устойчивая очень теплая погода наблюдалась в зимние сезоны 2001–2002, 2005–2006, 2006–2007 и в 2007–2008 года. В эти годы зимой преобладал меридиональный южный и юго-западный перенос воздуха. Большую повторяемость имела погода с оттепелями, снегопадами, сильными ветрами. Умеренно суровыми были зимы 2002–2003, 2003–2003 гг., когда большую повторяемость имела погода, обусловленная влиянием Азиатского антициклона. Суровой погодой характеризовалась зима 2004–2005 г., очень суровой была зима 2009–2010 г., когда ночная температура опускалась до -45 °С, дневная до -25...-30 °С. Движение циклонов и распространение арктического воздуха приостановилось.

В последние 10 лет в низкогорье Северного Алтая средняя температура января изменялась от -6,8 °С в 2002 году до -20,1 °С в 2010 году. Значительно ниже климатической нормы температура была в 2008 и 2010 годы, близка к норме в 2004 и 2005 гг., в остальные годы выше нормы на 3–9 °С. Наиболее тёплым был январь в 2002 г (-6,8 °С) и в 2007 г (-7,9 °С). Максимальные отклонения средней температуры января составили 13,3 °С. В Центральном и Юго-Восточном Алтае в экстремальные годы изменение температуры холодного периода выражено слабее, чем в Северном Алтае. В Кош-Агаче средняя температура января в 2002 г. составила -24,4 °С, в 2010 г -31,2 °С, т.е. разность температур составила всего 6,8 °С. Меньшая изменчивость температур в южных районах Алтая обусловлена высокой стабильностью климатообразующей роли Азиатского антициклона.

Таким образом, за последние 10 лет средняя сезонная температура зимы в приземном слое атмосферы характеризуется значительными флуктуациями, с наибольшими

отклонениями в низкогорье Северного Алтая (10,9 °С), в то время как в среднегорье Центрального Алтая и в высокогорье Юго-Восточного Алтая отклонение составило 3,1 °С и 4,3 °С соответственно.

Для весеннего периода характерна высокая внутри- и межсезонная изменчивость температур. В это время года наблюдается частое чередование воздушных масс, поступающих из Арктики и из Центральной и Средней Азии.

Наиболее холодной была весна 2010 г.: в течение всего мая температура была ниже климатической нормы, 20 и 21 мая выпал снег, наблюдались заморозки. Первая половина мая оказалась холоднее второй половины апреля, поэтому наблюдалось значительное запаздывание в наступлении фаз развития дикорастущих растений. За последние 10 лет отклонения средней сезонной температуры весны от климатической нормы варьировали в Северном Алтае от 0 до 4,6 °С, в Центральном – от 0,1 до 3,3 °С, в Юго-Восточном от 0,7 до 4,1 °С.

Особенностью летних периодов является более устойчивый температурный режим, чем в другие сезоны года. Очень важную роль в термическом режиме лета играет господствующий режим общей циркуляции атмосферы.

Наиболее теплое лето наблюдалось в 2001, 2006, 2007, 2008 годах. С юго-запада к Алтаю подходила полоса высокого давления – отрог Азорского антициклона. Тропический воздух приносил жаркую, сухую погоду. Средняя декадная температура превышала в Северном и Центральном 20 °С, в Юго-Восточном 15–16 °С. В те годы, когда в июне преобладал юго-западный поток воздуха, а в июле устанавливалась зональная циркуляция с Атлантического океана, летний максимум температур наблюдался в июне (2001, 2003 гг.).

Наиболее прохладными были летние периоды в 2003 и 2009 гг., когда преобладающим был северо-западный поток воздуха по восточной периферии европейского антициклона. За период с 2001 по 2009 год средняя сезонная температура лета составила в Кызыл-Озек 18,1 °С, в Усть-Кане 14,8 °С, в Кош-Агаче 14,2 °С, что превысило климатическую норму на 1,7–1,8 °С. В годы с аномально теплым летом суммы температур выше 10 °С превышали климатическую норму на 400–500 °С.

В последние 50 лет положителен и тренд средней температуры осени. Осредненная сезонная температура нивелирует её различия в отдельные годы. Повсеместно в сентябре прекращаются процессы трансформации воздушных масс летнего типа, но характер осени отражает господствующий тип циркуляции. При преобладании циркуляции в восточной периферии Европейских антициклонов наблюдалась более холодная осень. Арктический воздух вызывал более ранние заморозки. Теплую затяжную осень формировал поток воздуха с южной составляющей. Наиболее теплой была осень 2001 и 2007 годов. Однако в большинстве лет происходило частое чередование воздушных масс с севера и с юга – ненастная и дождливая погода с похолоданиями и заморозками сменялась теплой и сухой. В сентябре-октябре потери тепла ночами не компенсировали дневного прогревания воздуха, поэтому средняя дневная температура неуклонно понижалась.

За период с 2001 года положительной средняя суточная температура сохранялась в Северном Алтае до конца октября, в Центральном Алтае до середины октября, в Юго-Восточном Алтае – до начала октября. Разность средней температуры осени за период с 1961 года по 2009 год составила в Кызыл-Озек 1,1 °С, в Усть-Кане 0,9 °С, в Кош-Агаче 0,6 °С. После 2000 г. этот показатель значительно возрос.

Таким образом, на общем фоне потепления относительно климатической нормы наблюдаются флуктуации температуры приземного воздуха с большой амплитудой [5].

Анализ распределения атмосферных осадков за период с 1980 по 2005 г. показал, что с 1980 по 1995 г. количество атмосферных осадков было ниже нормы, с 1996 по 2001 г. сумма осадков возросла и превысила норму. С 2001 по 2005 г. разность между климатической нормой и годовой суммой осадков вновь стала отрицательной.

В Северном Алтае годовое количество осадков изменялось от 646 до 493 мм. За весь

период средняя годовая сумма осадков оказалась меньше нормы на 55 мм, на 49 мм в холодный период и 6 мм в теплый период.

В котловинах Центрального Алтая при годовой норме 243 мм за период с 2001 по 2005 г. среднее годовое количество осадков составило 321 мм. Изменение годовой суммы осадков было в пределах от 345 до 293 мм. Среднее годовое количество осадков уменьшилось в сравнении с нормой на 21,7 мм, из них стало меньше осадков на 12,3 мм в холодный период и на 9,4 мм – в теплый.

В Чуйской котловине (Кош-Агач) при годовой норме осадков 110 мм за последние пять лет выпадало в среднем 99 мм, что меньше нормы на 11 мм, из которых на холодный период приходится 7,9 мм, теплый – 2,7 мм. В июле и августе количество осадков обычно превышает норму, в отдельные годы превышение бывает в два с лишним раза. Так, в августе 2001 г. выпало 49,3 мм осадков, в июле 2003 и 2004 гг. – более 35 мм. В зимние месяцы нередко осадки отсутствуют.

В целом по региону уменьшение осадков приходится в основном на холодный период года. Для летних месяцев уменьшение осадков практически не характерно. В котловинах Центрального и Юго-Восточного Алтая средние суммы осадков за июль – август несколько превышают климатическую норму.

Таким образом, несмотря на изменчивость осадков, на Алтае наблюдается снижение их годовой суммы, которое в последние годы (2004–2010 гг.) сопровождается некоторым увеличением интенсивности летних осадков. В среднем интенсивность осадков слабо увеличивается на 0.11 мм/день за 10 лет [6].

Наблюдаемые изменения климата очень важны и уже в настоящее время сопровождаются значительным экосистемным откликом. Одним из ярких примеров реакции горных экосистем на климатические изменения является изменение характера внутригодового распределения стока [3].

Изменения соотношения тепла и влаги, отмеченное в последнее время, сказывается на водности отдельных сезонов года. Нами была определена средняя водность по сезонам года за периоды с 1946 по 1976 г. и с 1976 по 2006 г. На основе полученных данных была выявлена динамика изменения стока и оценен характер изменения внутригодового распределения стока в связи с климатическими изменениями последних лет (рис. 4–5).

В результате было выявлено, что уменьшение весеннего стока наблюдается только в двух бассейнах – р. Лебедь и р. Майма. Еще для двух бассейнов – рр. Чарыша и Семы не выявлено значимых изменений. Для всей остальной территории РА отмечается увеличение весеннего стока.

В летний период практически на всей территории отмечается уменьшение стока, за исключением бассейна р. Майма [2].

В осенний период картина более мозаичная (рис. 4). Отмечается значительное увеличение стока для бассейнов рр. Лебедь, Майма, Сема, Ак-Кем, Башкаус, Чульшман. Незначительное увеличение (до 2 %) отмечается для бассейнов рр. Чуя, Бия, Иша, Чарыш, Кокса. Незначительное уменьшение стока наблюдается лишь в бассейне р. Урсул. На остальной территории значимых изменений не выявлено.

В зимний период было выявлено незначительное уменьшение водности по двум бассейнам рр. Кокса и Урсул. Без явных изменений – бассейны рр. Иша, Сема, Ак-Кем, Чуя (рис. 5). Для остальной территории отмечается увеличение зимнего стока разной интенсивности.

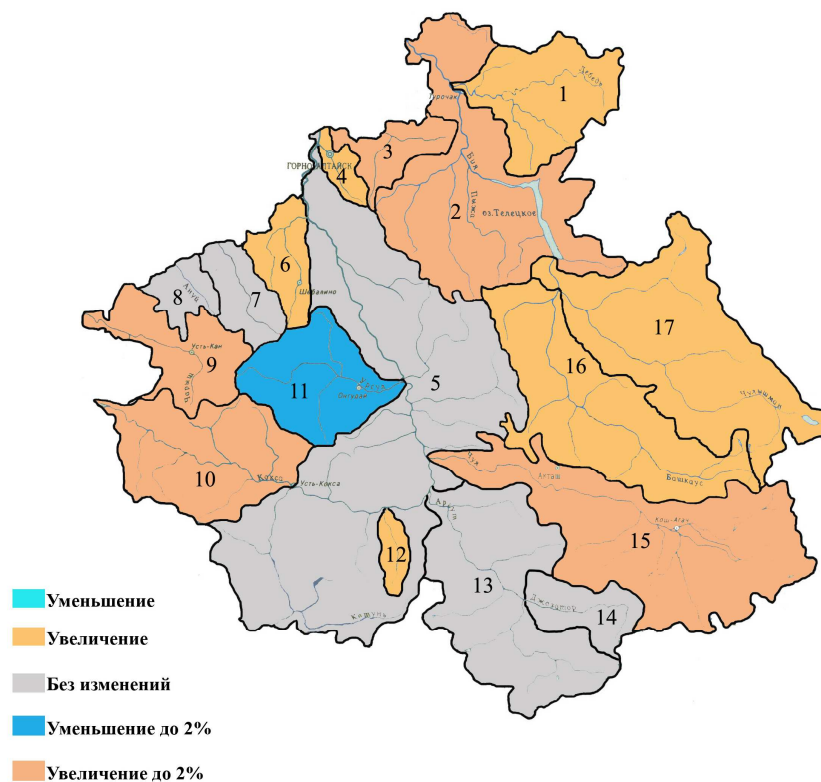


Рис. 4. Динамика изменения водности на территории РА в осенний период. Цифрами обозначены бассейны рек: 1-Лебедь, 2-Бия, 3-Иша, 4-Майма, 5-Катунь, 6-Сема, 7-Песчаная, 8-Ануй, 9-Чарыш, 10-Кокса, 11-Урсул, 12-Ак-Кем, 13-Аргут, 14-Джазатор, 15-Чуя, 16-Башкаус, 17-Чульшман

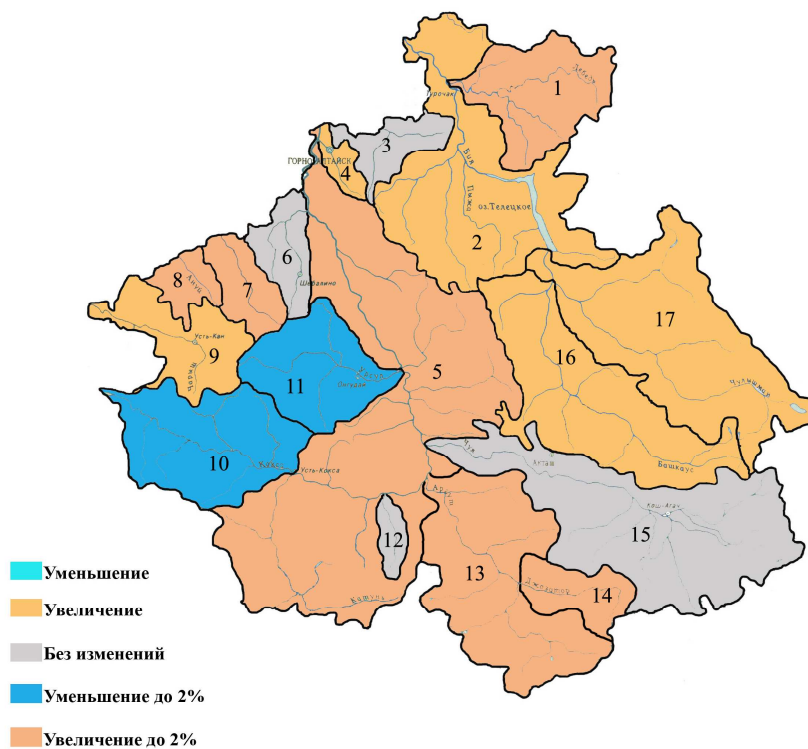


Рис. 5. Динамика изменения водности на территории РА в зимний период. Цифрами обозначены бассейны рек: 1-Лебедь, 2-Бия, 3-Иша, 4-Майма, 5-Катунь, 6-Сема, 7-Песчаная, 8-Ануй, 9-Чарыш, 10-Кокса, 11-Урсул, 12-Ак-Кем, 13-Аргут, 14-Джазатор, 15-Чуя, 16-Башкаус, 17-Чульшман

Полученные результаты хорошо согласуются с изменением соотношения тепла и влаги в разные сезоны года.

Анализ колебаний стока за последние 20 лет (с 1988 г.) свидетельствует о существенном изменении его направленности на реках Горного Алтая. В среднем годовом стоке преобладает отсутствие значимых изменений, но у Катунь отрицательная направленность сменилась на положительную тенденцию. Сохранилась положительная тенденция изменений стока у рек западной периферии Алтая (р. Песчаная).

В последнее 20-летие у наиболее многоводных рек Алтая (Катунь и Бия), формирование стока которых происходит во всех высотных зонах, отрицательная направленность изменений максимального стока сменилась на положительную. Поэтому на таких реках увеличилась вероятность формирования высоких максимумов уровня воды в половодье с выходом её на пойму. Важнейшей причиной этого является весеннее потепление, вследствие которого в период весеннего половодья одновременное снеготаяние происходит в нескольких высотных зонах, обуславливая большую интенсивность стока, тогда как в годы до интенсивного потепления снеготаяние распространялось по высоте более продолжительное время, сдвигаясь на летние месяцы, и половодье было более продолжительное время. Об этом свидетельствует сравнение осредненных гидрографов стока рек за периоды наблюдений 1946-1976 и 1976-2000 гг. Поэтому вероятность высоких уровней в половодье и, следовательно, опасных наводнений на таких реках до современного потепления была меньше.

Сравнение гидрографов стока и продолжительностей стока летней межени свидетельствует о том, что за период интенсивного потепления она стала больше. Это повысило вероятность наступления на реках в горах и предгорьях экстремально маловодных периодов с неблагоприятными последствиями для народного хозяйства.

Таким образом, полученные результаты еще раз доказывают, что на особенности формирования стока рек Алтайских гор влияет множество факторов, ведущими из которых являются ороклиматические, в то время как проведенные исследования динамики климатических параметров позволяют констатировать разновеличинные климатические изменения во всех районах Алтайской горной области с общей тенденцией потепления. Однако, с учетом имеющихся неоднозначных прогнозов, очевидна необходимость дальнейших исследований.

#### Список литературы

1. Климатическая доктрина Российской Федерации. <http://президент.рф/acts/6365> (дата обращения: 20.11.2011).
2. Климова О.В., Семенов В.А., Семенова И.В., Аванесян Р.А. и др. Влияние климата на гидрологические и гидрохимические процессы рек Горного Алтая. // SWorld: Научные исследования и их практическое применение. Современное состояние и пути развития. – Том 1.– Одесса: Черноморье, 2011. – С.92-96.
3. Оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории РФ. – Москва: Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды, 2008. – 28 с.
4. Стратегический прогноз изменений климата Российской Федерации на период до 2015 г. – Москва: Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды, 2005. – 29 с.
5. Сухова М.Г. Эколого-климатический потенциал горных территорий. – Saarbrücken: LAP LAMBERT Academic Publishing, 2010. – 312 с.
6. Chlachula, J., Sukhova M.G. Regional manifestations of present climate change in the Altai, Siberia // International Proceedings of Chemical, Biological and Environmental Engineering. Environmental Engineering and Applications, Edited by Li Xuan, Vol. 17, pp. 134-139, IACSIT Press, Singapore.

Рецензенты:

Винокуров Ю.И., д.г.н., профессор, директор Института водных и экологических проблем СО РАН, г. Барнаул.

Красноярова Б.А., д.г.н., в.н.с. Института водных и экологических проблем СО РАН, г. Барнаул.