



УДК 551.583

Современные особенности гидрометеорологического режима южного побережья оз. Байкал

И. В. Латышева (aerosol@lin.irk.ru),
В. Н. Синюкович (sin@lin.irk.ru), Е. В. Чумакова

Аннотация. Рассматриваются основные характеристики гидрометеорологического режима на южном побережье оз. Байкал, оцениваются тенденции их изменения в связи с глобальными и региональными колебаниями климата.

Ключевые слова: климат, циркуляция атмосферы, температура воздуха, осадки, речной сток.

Введение

В концепции устойчивого развития Байкальского региона важная роль принадлежит рациональному использованию природных ресурсов, в том числе его рекреационного потенциала. Благодаря уникальным свойствам байкальской воды, ландшафтному и биологическому разнообразию, прибрежные районы озера предоставляют широкие возможности для развития туризма, реализация которых требует детального изучения природных условий территории, в том числе ее климатических особенностей и гидрологического режима [2, 3].

Целью данного исследования является оценка современных гидрометеорологических условий на южном побережье оз. Байкал и анализ степени их изменчивости за последние десятилетия в связи с региональными и глобальными изменениями климата. Основное внимание уделено участку побережья озера от пос. Култук до р. Снежная. По этой территории проходят крупные транспортные магистрали, располагаются различные туристические объекты, а также основные источники загрязнения атмосферы над южным Байкалом [4]. В связи с неопределенностью дальнейшей судьбы главного объекта промышленности и источника выбросов в регионе – Байкальского целлюлозно-картонного комбината (БЦБК), рекреационное направление развития территории в ближайшей перспективе может стать приоритетным.

Работа выполнена по данным метеорологических и гидрологических наблюдений сети станций и постов Росгидромета на побережье южного Байкала в период с 1970 по 2008 гг. Впервые на современных данных проведено комплексное исследование региональных особенностей атмосферных процессов в Байкальском регионе.

Региональные особенности синоптических процессов на южном побережье оз. Байкал в начале XXI в.

Интерес к изучению региональных особенностей климата и выявлению потенциально неустойчивых климатических зон важен для понимания сложного механизма генезиса этих явлений, которые носят нерегулярный характер и наряду с внешними факторами обусловлены автоколебательными процессами в системе атмосфера – океан – полярные льды [5].

Учитывая некоторую неопределенность в результатах теоретических и модельных исследований климатических вариаций, значительный интерес для практики представляет анализ наблюдательных данных и поиск причин, определяющих те или иные климатические изменения в регионе.

Одним из факторов формирования устойчивых аномалий приземного климата в поле ветра, температуры воздуха и атмосферных осадков, является циркуляция атмосферы [18]. В этой связи возрастает актуальность изучения региональных особенностей атмосферных процессов на южном побережье оз. Байкал, где существенная роль в формировании климата наряду с крупномасштабными циркуляционными факторами принадлежит высокой степени расчлененности рельефа. На основе анализа ежедневных синоптических карт за 00 и 12 ч всемирного гринвичского времени за последние пять лет (2004–2008 гг.) была рассчитана средняя многолетняя повторяемость (%) различных типов атмосферных процессов у поверхности Земли и на высотах.

Оказалось, что в холодный период года (октябрь–март) крупномасштабная структура высотного барического поля характеризуется общим понижением геопотенциальных высот над Сибирью и развитием локальных высотных гребней над Монголией и Китаем. Поэтому исследуемая территория Южного Байкала на высоте ведущего потока (3–5 км) примерно в равном количестве случаев попадает под влияние адвекции циклонального (44 %) и антициклонального (45 %) вихря скорости. В среднем в 11 % случаев высотное поле было представлено малоградиентными барическими полями, в основном повышенного давления.

Характер погодных условий у поверхности Земли в холодный период года в среднем в 36 % случаев определяется влиянием зимнего континентального центра действия атмосферы – Азиатского антициклона. Примерно в 34 % случаев над южным побережьем оз. Байкал на синоптических картах отмечаются циклоны, имеющие фронтальную природу, и значительно реже, в среднем в 12 % случаев, над незамерзшей поверхностью оз. Байкал прослеживались локальные депрессии термического происхождения. В достаточно близком соотношении (по 9 % случаев) приземное поле давления у Земли оказывалось малоградиентным, либо исследуемые районы находились на стыке взаимодействия двух барических систем: гребня антициклона, получающего развитие с запада или юго-запада, и тыловой части циклона, стационарирующего над Забайкальем или Якутией и регенерирующего при интенсивной адвекции холода на высотах.

В теплый период (апрель-сентябрь) из-за прогрева материка основные центры полярного вихря смещаются к полюсу. Поэтому по сравнению с холодным периодом над югом Байкала приблизительно вдвое уменьшается повторяемость высотных фронтальных зон и связанных с ними струйных течений, в которых сконцентрирована значительная часть кинетической энергии, существенно влияющей на возникновение и развитие подвижных барических образований у Земли. Вследствие этого почти вдвое возрастает повторяемость малоградиентных барических полей, как у Земли (до 14 %), так и на высотах (до 19 %), а также примерно на 10 % увеличивается повторяемость антициклонов над охлажденной поверхностью оз. Байкал.

Наглядно увеличение вклада адвективно-динамических факторов локального циклогенеза в холодный период и антициклогенеза – в теплый сезон отражает годовая динамика повторяемости (%) различных типов барических полей, представленная на рис. 1.

Известно, что наиболее резкие изменения погодных условий в регионе вызваны прохождением подвижных глубоких циклонов и связанных с ними атмосферных фронтов [15]. В этой связи были исследованы траектории смещения циклонов через акваторию оз. Байкал. За исследуемый период (2004–2008 гг.) чаще всего (в среднем 54 случая в год) смещались так называемые «ныряющие циклоны», которые образуются в Атлантике, над Баренцевым морем, Обской губой, в районе Новой Земли и полуострова Таймыр. Выходы «ныряющих циклонов» наиболее вероятны в холодный период года при активизации Исландской депрессии и увеличении термических градиентов на границе раздела арктической и умеренной воздушных масс, как одного из основных факторов циклогенеза (рис. 2). Несколько меньшая повторяемость (в среднем 35 случаев в год) приходится на выходы «южных циклонов», которые образуются как волновые возмущения на полярном фронте южнее 50° с. ш. над территорией Монголии, Казахстана, Арала и Каспия при сближении холодного арктического воздуха с теплым, богатым влагой воздухом, поступающим из субтропических широт.

Следует отметить, что при выходе «южных циклонов» формирование полей облачности и осадков над югом Байкала усилено орографическими восходящими токами на наветренных склонах хр. Хамар-Дабан, вовлекаемых на высотах в переднюю часть макроложбины с характерными для нее динамическими факторами падения давления [7]. Поэтому «южные циклоны» являются основным поставщиком влаги в байкальский регион, особенно в теплый период, чему способствует максимальное тепло- и влагосодержание атмосферы и частое развитие блокирующих процессов на востоке, определяющих длительность стационарирования южных циклонов над озером.

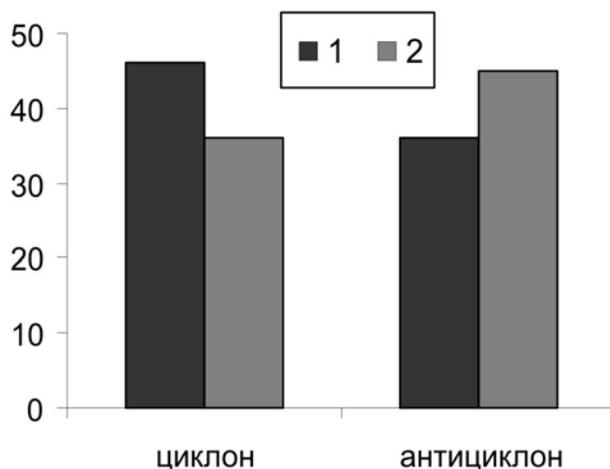


Рис. 1. Средняя повторяемость (%) циклонов и антициклонов на территории Южного Байкала в холодный (1) и теплый (2) периоды за 2004–2008 гг.

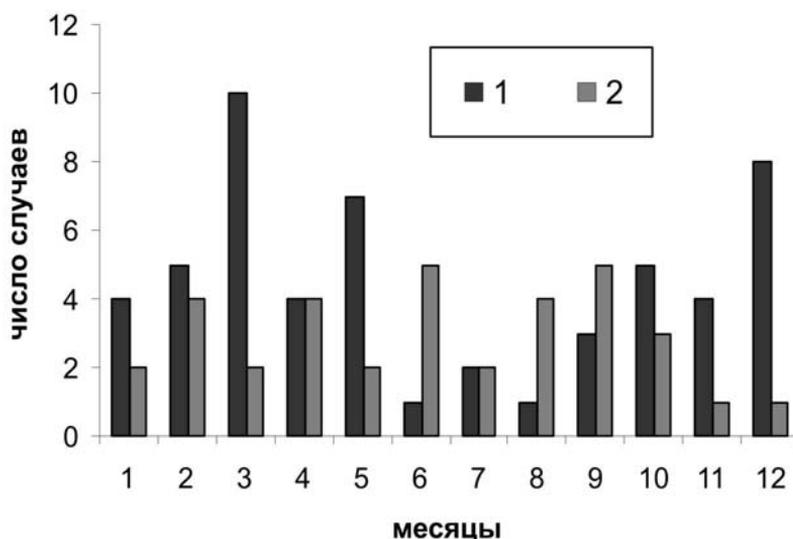


Рис. 2. Среднее число случаев выходов «ныряющих» (1) и «южных» (2) циклонов на территорию Южного Байкала (2004–2008 гг.)

Теоретические исследования и диагностические расчеты убедительно доказывают, что эволюция бароклинно-неустойчивых возмущений, представленных в реальной атмосфере циклонами и антициклонами средних широт, на стадии конечных амплитуд включает развитие глубоких поперечных циркуляций во фронтальных зонах [16]. Поэтому атмосферные фронты характеризуются целым комплексом неблагоприятных условий погоды, оказывающих влияние на различные сферы деятельности человека.

Чаще всего с динамически значимыми фронтами связано развитие мощной облачности, сопровождающейся ливнями и сильным ветром.

Согласно проведенным исследованиям через южную акваторию оз. Байкал в среднем за год смещается около 200 фронтальных разделов, которые в большинстве случаев (~66 %) являются основными теплыми и холодными фронтами, разделяющими разнородные по термическим и влажностным свойствам воздушные массы (табл. 1). Вдвое реже на синоптических картах выявляются фронты окклюзии, которым в нижней тропосфере соответствует хорошо выраженный гребень тепла, и вторичные, преимущественно холодные фронты, возникающие в холодной неустойчиво стратифицированной воздушной массе в тыловой части циклонов либо на восточной периферии антициклонов.

Таблица 1

Среднее число случаев различных типов атмосферных фронтов на территории Южного Байкала в 2004–2008 гг.

Период	Теплый фронт	Фронт окклюзии	Холодный фронт	Вторичный фронт
Холодный	37	17	28	21
Теплый	27	15	44	17
Сумма за год	64	32	72	38

Таким образом, в последние годы районы южного побережья оз. Байкал примерно в равном соотношении (~40 %) оказываются под влиянием адвекции циклонального и антициклонального вихря скорости у Земли и на высотах.

В зимние месяцы по сравнению с прошлым периодом [10] в условиях более частого выхода циклонов возрастет вклад адвекции тепла, что приводит к повышению зимних температур и ослаблению господствующего ранее влияния Азиатского антициклона (табл. 2). В теплый период, наоборот, на фоне ослабления Центрально-Азиатской депрессии возрастает повторяемость полей антициклонального типа, и исследуемые районы чаще попадают под влияние локальных антициклонов и гребней Восточно-Саянского и Полярного антициклонов, получающих развитие на южные районы Прибайкалья.

Таблица 2

Среднее число дней с устойчивыми антициклонами на территории Южного Байкала в различные сезоны года

Сезон года	Исследуемый период	
	1936–1978 гг.	2004–2008 гг.
Зима	75	35
Весна	24	43
Лето	30	39
Осень	28	33

Современные черты климата южного побережья оз. Байкал

Благодаря внутриконтинентальному положению и рассмотренным выше циркуляционным особенностям климат южного побережья Байкала, как и Прибайкалья в целом, отличается холодной, продолжительной зимой и коротким, но относительно теплым летом.

Однако высокая степень орографической изолированности Южного Байкала, температурные различия между поверхностью озера и сушей, наличие тепловой инерции водной массы озера обуславливают здесь свои мезоклиматические особенности по отношению к материковым пространствам, окружающим Байкальскую впадину. Они наиболее выражены в первую половину зимы (ноябрь–декабрь), когда оз. Байкал свободно ото льда и оказывает согревающее влияние на прибрежные территории, и во вторую половину лета, когда озеро оказывает охлаждающее воздействие на побережье вследствие большого эффективного излучения [11].

Для исследования климатического режима южного побережья оз. Байкал были использованы данные наблюдений за период 1970–2008 гг. на метеорологической станции Байкальск, которая расположена на наветренной стороне горного хребта Хамар-Дабан, обращенной к Байкалу, и станции Култук, которая находится на южной оконечности озера.

Анализ наблюденных данных показал, что в годовом распределении максимум температур на юге Байкальской котловины наблюдается в июле, минимум в январе–феврале. Летом среднемесячная температура воздуха составляет в пределах 11–12 °С в июне, 14–18 °С в июле, и 12–16 °С в августе. Зимние температуры изменяются в пределах от –25 °С до –11 °С. Среднегодовая температура воздуха в горах (метеостанция Хамар-Дабан) составляет –3,4 °С, а на побережье около 0 °С.

Для количественной оценки климата региона обратимся к некоторым комплексным показателям, или индикаторам климата [14]. Основным из них является индекс континентальности, который рассчитывается по рабочей формуле с учетом годовой амплитуды температуры воздуха (A) и широты местности (φ):

$$K = \frac{A - 5,4 \sin \varphi}{A} \cdot 100\%.$$

Несмотря на влияние водной массы оз. Байкал, континентальность климата на южном побережье в настоящий период остается высокой, составляя для Култука и Байкальска в среднем 92 %.

Другим показателем климата служит индекс суровости зим, который рассчитывается по рабочей формуле Бодмана [14] на основе среднемесячных значений температуры воздуха (t) и скорости ветра v в приземном слое атмосферы:

$$B = (1 - 0,04t)(1 + 0,27v)$$

По этому критерию наиболее суровый климат имеет место при сочетании низких температур и сильного ветра, усиливающего эффект охлаждения. По средним значениям индекса Бодмана в исследуемый период зимы в Култукке ($B = 3,4$) относятся к суровым, а в Байкальске ($B = 2,2$) – к умеренно-суровым. При этом в последние годы зимы в Култукке также стали заметно мягче и из категории суровых переходят в категорию умеренно-суровых.

Ранее нами [11] были проанализированы некоторые особенности изменений термического режима и увлажненности исследуемой территории в связи с потеплением, начавшимся в 70-е гг. XX в. Анализ данных наблюдений последних лет подтверждает сделанные ранее выводы и выявляет новые черты климатических изменений. Так, изучение многолетней динамики экстремальных значений температуры воздуха на станциях ($t_{\text{макс.}}$, $t_{\text{мин.}}$), нормированных на их средние значения ($t_{\text{ср.}}$), показало, что с середины 1970-х до середины 1980-х гг. смягчение климата на юге Байкала происходило в основном за счет повышения зимних температур воздуха ($t_{\text{мин.}}$). С середины 1980-х гг. до конца 1990-х гг. превалировал рост летних температур ($t_{\text{макс.}}$), а начало XXI в. характеризуется возросшей неустойчивостью термического режима, которая проявляется в чередовании аномально теплых и холодных периодов, как зимой, так и летом (рис. 3).

Значительные высоты и благоприятная ориентация склонов по отношению к направлению преобладающего влагопереноса определяют повышенную увлажненность исследуемой территории [17]. Наибольшее количество атмосферной влаги по данным наблюдений на прибрежных станциях выпадает в предгорьях хр. Хамар-Дабан (ст. Байкальск, 792 мм), где называется эффект орографического влияния на наветренных склонах гор [6].

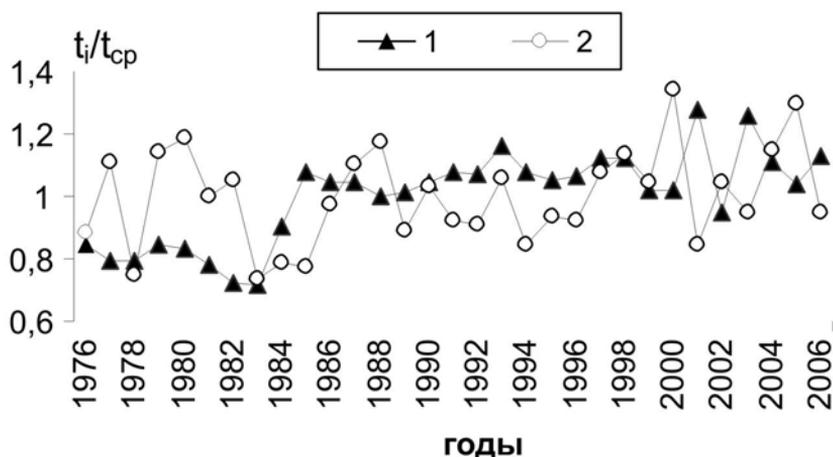


Рис. 3. Динамика нормированных значений максимальных (1) и минимальных (2) температур воздуха на ст. Байкальск

На ст. Култук, где этот эффект отсутствует, годовые суммы атмосферных осадков за исследуемый период оказались вдвое ниже и в среднем составили 429 мм. В годовом распределении максимум осадков (80–85 % годовой суммы) приходится на теплый период года.

В многолетнем режиме атмосферных осадков сохраняется тенденция незначительного снижения их выпадения в теплые сезоны и роста – в холодные.

Известно, что на побережье оз. Байкал нередко возникают благоприятные условия для проявления местных форм циркуляции «муссонно-бризового типа», которые в сочетании с крупномасштабными синоптическими процессами и неоднородным рельефом создают сложный режим в распределении параметров ветра [13].

По данным наблюдений на станциях Байкальск и Култук преобладающими ветрами являются воздушные потоки западного и юго-западного направления (рис. 4). В холодный период ветер отличается большей однородностью, с преобладанием западного ветра для Култука (42 %) и юго-западного для Байкальска (48 %). В теплый период в районе Култука наряду с западным ветром (28 %) увеличивается повторяемость ветра восточного направления (12 %), которая связана с развитием бризовой циркуляции над побережьем оз. Байкал. Для Байкальска наряду с преобладающим юго-западным направлением (35 %) увеличивается вклад северных потоков (23 %).

Средняя скорость ветра на ст. Байкальск (~1,3 м/с), расположенной у подножия гор и наиболее защищенной от влияния ветра, оказалась ниже, чем на ст. Култук (~3,6 м/с).

В течение года основной максимум скорости ветра наблюдается осенью. Он объясняется не только большими вертикальными и горизонтальными температурными градиентами, обусловленными неравномерным нагревом суши и водоема, а также общим усилением зонального переноса и проявлением местного циклогенеза над теплой поверхностью оз. Байкал. С замерзанием озера прекращается рост скоростей ветра, и в феврале-марте, т. е. на один–два месяца позднее, чем на материковых станциях, устанавливается зимний минимум скорости ветра. Весной по мере усиления атмосферной циркуляции устанавливается второй, менее выраженный максимум скоростей, а летом на фоне местного антициклогенеза над более холодной поверхностью озера формируется основной минимум скорости ветра на Байкале.

В многолетнем режиме ветра над южной акваторией оз. Байкал в последнее десятилетие обнаружена тенденция роста средней скорости преобладающих по направлению ветровых потоков, что частично можно объяснить общим усилением неустойчивости атмосферных процессов на фоне глобальных и региональных изменений климата.

ным ливнем (количество жидких осадков не менее 30 мм за период более 1 ч), очень сильным дождем (не менее 50 мм осадков за период не более 12 ч) и градом. Кроме того, в этот период имело место выпадение продолжительных сильных дождей фронтального характера (не менее 100 мм за период более 12 ч, но не менее 48 ч и/или не менее 120 мм за период не менее 2 суток) в условиях длительного стационарирования и регенерации южных циклонов. Следует отметить, что на ст. Култук в июне и сентябре отмечались сильные туманы с ухудшением метеорологической дальности видимости до 50 м.

Таблица 3

Суммарное число случаев с опасными явлениями погоды на ст. Байкальск (числитель) и Култук (знаменатель) за 2000–2008 гг.

Месяц	Явление погоды						
	метель	сильный ливень	очень сильный дождь	очень сильный снег	продолжительный сильный дождь	град	сильный туман
Январь	5/0	–	–	–	–	–	–
Февраль	–	–	–	–	–	–	–
Март	1/0	–	–	–	–	–	–
Апрель	4/0	–	–	–	–	–	–
Май	–	–	–	–	–	–	–
Июнь	–	–	2/1	–	–	1/0	0/6
Июль	–	1/1	6/3	–	0/1	0/1	–
Август	–	0/0	6/4	–	–	–	–
Сентябрь	–	–	–	–	–	0/1	0/1
Октябрь	5/0	–	–	1/0	1/0	–	–
Ноябрь	8/2	–	–	–	–	–	–
Декабрь	8/0	–	–	–	–	–	–

В холодный период опасность представляют метели и связанные с ними снежные заносы, а также редкие случаи выпадения очень сильного снега (не менее 20 мм осадков за период не более 12 ч).

Для оценки экологических условий территории широко используют метеорологический потенциал самоочищения атмосферы (МПСА) [10]. Это безразмерный комплексный показатель, который рассчитывается по формуле:

$$\text{МПСА} = \frac{P_{ш} + P_T}{P_г + P_0}, \quad (1)$$

где $P_{ш}$, P_T , P_0 , $P_г$ – повторяемость (%) штилей, туманов, числа дней с осадками $\geq 1,0$ мм и скорости ветра ≥ 6 м/с соответственно.

Такое представление формулы, на наш взгляд, не совсем логично, так как с ростом МПСА условия самоочищения атмосферы, наоборот, ухуд-

шаются, и происходит накопление примесей в атмосфере. Более правильным и удобным будет выражение, обратное (1):

$$\text{МПСА} = \frac{P_{\text{с}} + P_0}{P_{\text{ш}} + P_{\text{т}}} \quad (2)$$

С использованием формулы (2) были рассчитаны средние многолетние значения МПСА* в Култукке и Байкальске, показывающие, что наиболее благоприятные условия для очищения атмосферного воздуха от примесей (МПСА* >>1) на южном побережье оз. Байкал отмечаются в период с сентября по декабрь на фоне повышенных температурных градиентов между озером и сушей (рис. 5).

Вероятность ухудшения экологических условий при низких значениях МПСА* значительно выше в феврале-марте в условиях высокой повторяемости штилей и летом при слабых ветрах и частых туманах над побережьем.

При одинаковых среднегодовых значениях МПСА* (7) в зимний период наиболее благоприятные условия для очищения атмосферы от примесей складываются в Култукке, где средняя скорость ветра выше, а летом в Байкальске, где более эффективно очищение атмосферы от примесей интенсивными осадками.

Следует отметить, что в последние годы на фоне глобального и регионального изменения климата на южном побережье оз. Байкал происходит некоторое увеличение величин МПСА*, особенно в холодный период года, что может способствовать улучшению экологической обстановки в регионе.

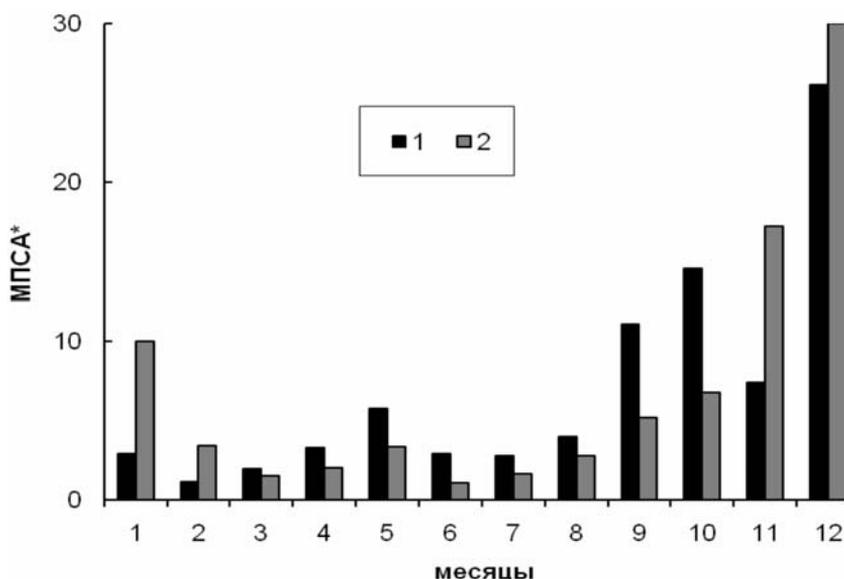


Рис. 5. Внутригодовая изменчивость средних значений МПСА* в Култукке (2) и Байкальске (1) (1970–2008 гг.)

Формирование стока рек территории

Реки, стекающие с северных склонов хребта Хамар-Дабан, имеют горный характер и характеризуются небольшими водосборными площадями – менее 200 км² за исключением трех рек (табл. 4). Их водный режим формируется в зависимости от орографического строения территории, одной из особенностей которой является общее понижение Хамар-Дабана с запада на восток. Западный участок (до р. Переемной) имеет характер широкого приподнятого плато высотой около 1500 м, с отдельными вершинами и группами гольцов до 2300 м. Восточное плечо хребта имеет округлый гребень, с отдельными куполообразными вершинами до 1000–1500 м высоты. Глубина вреза речных долин на западном участке достигает 600–1000 м, на восточном – 300–500 м [1].

В нижней части склона простирается прибайкальская береговая полоса, сформированная низкими байкальскими террасами и конусами выноса рек. Между долинами Мишихи и Хара-Мурин она имеет ширину 3–8 км и переходит в предгорную возвышенность, сформированную толщей третичных и четвертичных отложений и прослеживающуюся на 2–3 км до подножия гор. От р. Хара-Мурин до р. Утулик прибрежная полоса значительно уже (1–2 км) и сложена озерными и пролювиальными отложениями.

Некоторые осредненные показатели стока рек, освещенных режимными наблюдениями (см. табл. 4), свидетельствуют о зависимости приведенных характеристик от размеров водосборных площадей и их высотного положения. Нарушение этих зависимостей в случае с реками Похабиха и Слюдянка объясняется несоответствием поверхностного и подземного водоразделов между ними, из-за чего Похабиха перехватывает до 35 % стока р. Слюдянки и характеризуется необычайно высокой долей грунтового питания, достигающего 70 % [1].

Распределение внутригодового стока отличается крайней неравномерностью – за три летних месяца стекает до 50 % и более годового объема стока. В самые маловодные зимние месяцы величина стока рек составляет менее 1 % годовой водности (рис. 6).

Таблица 4

Гидроморфологические характеристики рек

Река – Пункт	Площадь бассейна, км ²	Длина реки, км	Средняя высота, м	Средний сток	
				км ³ /год	л/(с·км ²)
Снежная – Выдрино	3000	168	1470	1,49	15,8
Хара-Мурин – Мурино	1130	82	1492	0,76	21,7
Харлахта – Байкальск	15	8	970	0,01	26,6
Утулик – Утулик	959	83	1390	0,54	17,7
Безымянная – Мангутай	204	25	1260	0,18	27,8
Похабиха – Слюдянка	63	18	1070	0,05	23,2
Слюдянка – Слюдянка	56	18	1240	0,03	14,7
Мантуриха – Мантуриха	558	50	940	0,25	8,0

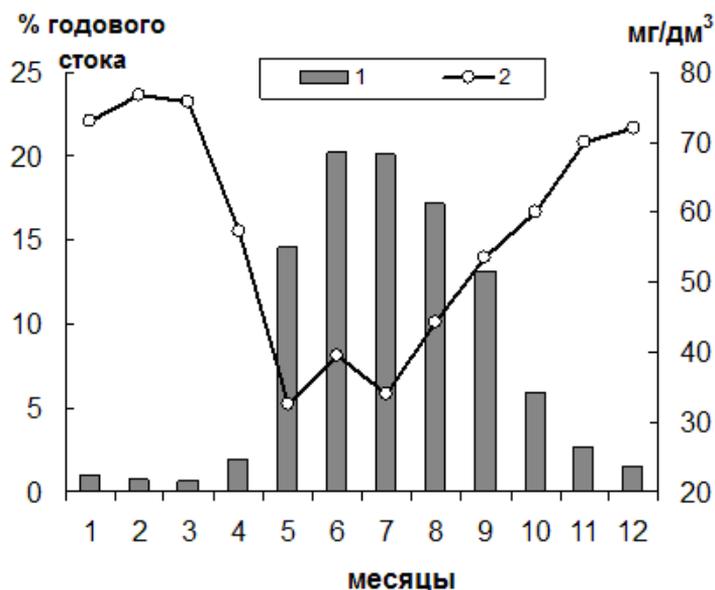


Рис. 6. Внутригодовые изменения стока (1) и минерализации (2) воды р. Снежная

Для рек территории характерны преобладание снегового питания и позднее весеннее половодье. За июнь–август проходит до 40–43 % годового стока, зимний сток не превышает 7 %. Исключение составляет р. Похабиха, сток которой зимой достигает 33 % [1].

Средний модуль стока с Хамар-Дабанского склона, обращенного к Байкалу, достигает 20–25 л/(с·км²), тогда как в среднем по бассейну озера он составляет около 4 л/(с·км²) [11]. Небольшая длина и значительные уклоны рек территории связаны с тем, что ось хребта проходит в 30–35 км от Байкала.

Крутые склоны речных долин (в горной части от 20–25 до 40–45°) определяют небольшое время склонового добегаания вод и незначительные потери на фильтрацию. Интенсивное таяние снега в высокогорье нередко сопровождается обильными дождями, что вызывает увеличение водности рек. За три летних месяца проходит около 60 % годового стока.

Для водотоков территории характерны высокие дождевые паводки и сели, образующиеся не только при обложных дождях, но и кратковременных ливнях большой интенсивности, которые одновременно охватывают водосборы небольших рек и обуславливают исключительно высокие модули стока. Паводки здесь формируются в короткое время и проходят с резкими подъемами и спадами воды.

На более крупных реках формированию дождевых паводков и селевых потоков способствует то, что значительная часть их водосборной площади лежит в высокогорной и гольцовой зоне, где протаивание сезонной и многолетней мерзлоты происходит с некоторым запаздыванием, препятствуя фильтрации дождевых и талых вод. В этих условиях на склонах гор

наблюдается поверхностная аккумуляция, сопровождаемая образованием стихийных водохранилищ, при прорыве которых зачастую формируются сели. На р. Слюдянке в 1934 г. в похожей ситуации сформировался расход воды до $787 \text{ м}^3/\text{с}$ (по измерениям Лентранспроекта), тогда как в паводок 1971 г., на который приходится максимум дождевого стока большинства рек района, расход воды здесь составлял только $145 \text{ м}^3/\text{с}$.

Динамика стока рек территории отражает, главным образом, происходящие изменения климата, так как их водосборы представляют горную местность с крутыми, каменистыми склонами, малопригодную для хозяйственного использования. Незначительные техногенные преобразования ландшафтов отмечаются лишь на предгорной части территории, что практически не отразилось на условиях формирования стока. Временной анализ рядов годового стока не выявил синхронных долговременных тенденций снижения или повышения водности изученных рек. Так, для стока р. Снежной отмечается отрицательный тренд с интенсивностью снижения около $0,12 \text{ м}^3/\text{с}$ за один год (статистическая достоверность ниже 10 % уровня значимости), тогда как для р. Хара-Мурин он заметен гораздо слабее ($0,06 \text{ м}^3/\text{с}$ за один год, уровень значимости ниже 10 %), а для Утулика вовсе не выражен. На первых двух водотоках, как отмечалось нами ранее [11], на этом фоне была заметна тенденция некоторого увеличения водности зимних месяцев, имеющая для р. Хара-Мурин уже далеко не случайный характер, так как значимость тренда стока этой реки в январе–марте, превышает 1 %-ный уровень значимости. Данная тенденция, скорее всего, является следствием общего смягчения климатических условий в зимний период и, в частности, более раннего начала весеннего снеготаяния.

В то же время, для р. Снежная тенденция повышения стока в зимний период была прервана серией маловодных зим 2002–2005 гг., что, вероятно, не может быть объяснено только природными факторами и требует отдельного рассмотрения.

Вместе с количественными изменениями стока рек отмечается и некоторая трансформация качества речных вод территории. Суровые климатические условия высокогорья Хамар-Дабан, а также распространение массивно-кристаллических пород, каменистых россыпей и щебенистых, хорошо промытых почв, определяют крайне низкую скорость химического выветривания и низкую минерализацию вод рек Хамар-Дабана.

В зависимости от условий водности сумма ионов в воде изучаемых рек в течение года изменяется от 14 до 105 дм^3 [12]. Максимальные концентрации главных ионов и минерализация воды приурочены к зимнему периоду, а в апреле–мае, во время снеготаяния, минерализация минимальна (см. рис. 5).

Результаты исследования химического состава воды в конце XX – начале XXI вв. [12] свидетельствуют о сохранении высокого качества речных вод исследуемой территории, однако в сравнении с серединой XX в. становится заметным изменение относительного состава ионов: повышается доля сульфатов и снижается – гидрокарбонатов и кальция.

Рост концентрации сульфатов, скорее всего, обусловлен промышленными выбросами Черемхово-Ангаро-Иркутского комплекса, проникающими сюда с воздушными массами по долине р. Ангары [1, 12].

Заключение

Выполненные исследования гидрометеорологических условий на южном побережье оз. Байкал позволяют констатировать, что на фоне глобального потепления климат и экологическое состояние атмосферы в рассматриваемом регионе стали более комфортными и благоприятными для проживания и рекреационной деятельности.

Комплексная оценка крупно- и мезомасштабных атмосферных процессов, определяющих современные тенденции изменения регионального климата, выполненная впервые на современных данных, показала, что они происходят на фоне ослабления летнего и зимнего континентального центров действия атмосферы и наиболее ярко проявляются в зимний период. Зимы на изучаемой территории в целом стали мягче, а атмосферные условия – более благоприятными для рассеивания примесей.

В то же время за счет повышения летних максимумов температур в последние годы на южном побережье оз. Байкал незначительно возросла континентальность климата и увеличилась повторяемость опасных явлений погоды. Вероятно, причина участвовавших в последнее десятилетие природно-климатических аномалий кроется в неустойчивости атмосферной циркуляции, которая усиливается с каждым годом, а также в нарушении процессов саморегуляции в самой атмосфере.

В соответствии с направленностью климатических изменений водность рек территории в последние десять лет характеризуется близкими к средним или несколько пониженными значениями. За счет смягчения зим повышается сток в холодное время года.

Качество речных вод не претерпевает заметных изменений, за исключением незначительной трансформации относительного состава ионов, выражающегося преимущественно в росте содержания сульфатов и снижения – гидрокарбонатов и кальция.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (грант № 09-05-00222).

Список литературы

1. *Афанасьев А. Н.* Водные ресурсы и водный баланс бассейна оз. Байкал / А. Н. Афанасьев. – Новосибирск : Наука, 1976. – 238 с.
2. *Байкал. Атлас.* – М. : ФСГКР, 1993. – 160 с.
3. *Башалханова Л. Б.* Оценка рекреационных ресурсов климата бассейна оз. Байкал / Л. Б. Башалханова и [др.] // Материалы к территориальной комплексной схеме охраны природы (ТерКСОП). – Иркутск, 1987. – 101 с.
4. Государственный доклад о состоянии озера Байкал и мерах по его охране в 2007 г. – М., 2009. – 443 с.

5. О неопределенности некоторых сценарных климатических прогнозов температуры воздуха и осадков на территории России / Г. В. Груза и [др.] // Метеорология и гидрология. – 2006. – № 10. – С. 5–23.
6. *Зверев С. А.* Синоптическая метеорология / С. А. Зверев. – Л. : Гидрометеоздат, 1968. – С. 274–284.
7. *Латышева И. В.* Аэросиноптические условия выхода южных циклонов на южные районы Предбайкалья и их влияние на деятельность авиации / И. В. Латышева, Е. П. Белоусова, А. С. Иванова // Метеоспектр. – 2006. – № 1. – С. 111–115.
8. Наставление гидрометеорологическим станциям и постам. – Вып. 3, ч I. – Л. : Гидрометеоздат, 1985. – 300 с.
9. Опасные явления погоды на территории Сибири и Урала. Ч. II. – Л. : Гидрометеоздат, 1986. – С. 10–14.
10. *Селегей Г. Е.* Метеорологический потенциал очищения атмосферы Сибирского экономического района // Тр. Зап.-СибНИГМИ, 1989. – Вып. 86. – С. 84–89.
11. *Синюкович В. Н.* О характере современных климатических изменений на южном побережье оз. Байкал / В. Н. Синюкович, И. В. Латышева // Оптика атмосферы и океана. – 2006. – Т. 19, № 09. – С. 805–809.
12. Формирование химического состава воды притоков Южного Байкала в современных условиях / Л. М. Сорокикова и [др.] // География и природные ресурсы. – 2002. – № 4. – С. 52–57.
13. *Татарников В. К.* К вопросу о развитии местной обменной циркуляции на юге Байкала // Вопр. метеорологии Восточной Сибири. – Иркутск : Изд-во Иркут. гос. ун-та, 1983. – С. 64–73.
14. *Хромов С. П.* Метеорология и климатология / С. П. Хромов, М. А. Петросянц. – М. : Изд-во МГУ, 2001. – С. 334–394.
15. *Хуторянская Д. Ф.* Региональные особенности синоптических процессов над Восточной Сибирью : учеб. пособие / Д. Ф. Хуторянская. – Иркутск : Изд-во Иркут. гос. ун-та, 2002. – Ч. 2. – 161 с.
16. Субъективный и объективный анализы атмосферных фронтов. I. Объективные характеристики атмосферных фронтов, проведенных синоптиками / Н. П. Шакина и [др.] // Метеорология и гидрология. – 1998. – № 7. – С. 19–30.
17. Климат и гидрологические процессы в бассейне оз. Байкал в XX столетии / М. Н. Шимараев и [др.] // Метеорология и гидрология. – 2002. – № 3. – С. 71–78.
18. *Thompson D. W.* The Arctic Oscillation signature in the wintertime geopotential height and temperature fields / D. W. Thompson, J. M. Wallace // Geophys. Res. Lett., 25. – 1998. – P. 1297–1300.

Recent Peculiarities of Hydrological and Meteorological Regime of the Lake Baikal Southern Coast

I. V. Latysheva, V. N. Sinyukovich, E. V. Chumakova

Annotation. This paper presents main characteristics of hydrometeorological regime of the Lake Baikal southern coast and tendencies of their changes due to global and regional climate variations.

Key words: climate, circulation of atmosphere, air temperature, precipitation, river flow.

Латышева Инна Валентиновна
кандидат географических наук
Иркутский государственный университет
664033, Иркутск, К. Маркса, 1
географический факультет, доцент
тел.: (3952) 42-67-20

Синюкович Валерий Николаевич
кандидат географических наук
Лимнологический институт СО РАН
лаборатория гидрологии и гидрофизики
664033, Иркутск, а/я 278
старший научный сотрудник
тел.: (3952) 42-57-68

Чумакова Елена Владимировна
Байкальский ЦГМС
665932, Байкальск, промплощадка
техник-метеоролог
тел.: (39542) 3-64-47