

УДК 551.583; 551.513

М. В. КАБАНОВИнститут мониторинга климатических и экологических систем СО РАН, г. Томск,
Национальный исследовательский Томский государственный университет**РЕГИОНАЛЬНЫЕ КЛИМАТОРЕГУЛИРУЮЩИЕ ФАКТОРЫ
В ЗАПАДНОЙ СИБИРИ**

Анализируются эмпирические данные, касающиеся роли таких региональных климаторегулирующих факторов в Западной Сибири, как орографический и арктический, факторы Сибирского максимума (антициклона) и болотных систем. Влияние орографического фактора, обусловленного наличием Уральских гор с запада и Среднесибирского плоскогорья с востока, а также прилегающими реками Обь и Енисей с их поймами, приводит к воздействию на воздушные потоки в нижней тропосфере, вследствие чего в зимние месяцы широтная зональность изотерм приближается к меридиональной. Влияние арктического фактора в Западной Сибири связано преимущественно с Карским морем, ледовое покрытие которого обусловлено режимом атмосферной циркуляции и океанических течений в Северном Ледовитом океане. Влияние Сибирского максимума с центром в Горном Алтае, включая Монгольский Алтай, вызвано блокированием зонального переноса в Западной Сибири и даже за ее пределами. В частности, не исключается, что наблюдаемые в последние годы в Карском море тренды к потеплению связаны не только с изменениями океанической циркуляции, но и с влиянием Сибирского максимума, изменяющего меридиональный температурный градиент и режим атмосферной циркуляции в нижней тропосфере. Роль болотных систем зависит от особенностей изменения температурного режима на их территории за счет теплофизических свойств торфяных залежей и гидрологического режима, что определяет уменьшение амплитуды колебаний среднемесячных температур на 7 % по сравнению с таковой для прилегающих территорий. Особая роль фактора болотных систем состоит также в регулировании углеродного баланса вследствие стока и эмиссии таких парниковых газов, как углекислый газ и метан. Результаты анализа позволяют обосновать необходимость учета этих факторов при мониторинге и моделировании глобальных и региональных климатических или экосистемных изменений.

Ключевые слова: изменение климата, индексы циркуляции, гидрологический режим, экосистемные процессы, интегрированные региональные исследования.

An analysis is made of empirical data concerning the role of regional climate-regulating factors in Western Siberia, such as the orographic and Arctic factors, and the factors of the Siberian High (Anticyclone) and of bog systems. The influence of the orographic factor, governed by the Ural Mountains on the west and the Central Siberian Plateau on the east as well as by the adjacent Ob' and Yenisei rivers with their floodplains, involves the effects on the air flows in the lower troposphere, as a result of which the latitudinal zonality of isotherms in the winter months approaches meridional zonality. The influence of the Arctic factor in Western Siberia is associated largely with the Kara Sea, the ice cover of which is determined by the regime of atmospheric circulations and ocean currents in the Arctic Ocean. The influence of the Siberian High centered on Gornyi Altai, including Mongolian Altai, is caused by the blocking of the zonal transport over Western Siberia and even beyond. In particular, it is not inconceivable that the trends toward warming as observed in the Kara Sea in recent years are associated not only with changes in the oceanic circulation but also with the influence of the Siberian High that changes the meridional temperature gradient and the atmospheric circulation regime in the lower troposphere. The role of bog systems depends on the characteristics of variation in the temperature regime across their territory due to the thermophysical properties of peat deposits, and to the hydrological regime, which is responsible for a decrease in the range of fluctuations in mean monthly temperatures by 7 % when compared with adjacent territories. A special role of the factor of bog systems also involves the carbon budget regulation as a result of the sinks and emissions of greenhouse gases, such as carbon dioxide and methane. Results of analysis provide a possibility of substantiating the need to take into account these factors when monitoring and modeling global and regional climatic or ecosystem changes.

Keywords: climate change, circulation indices, hydrological regime, ecosystem processes, integrated regional research.

ВВЕДЕНИЕ

Региональные особенности различных географических зон Земли обуславливают сложные пространственно-временные закономерности изменений окружающей среды и климата [1], в том числе в Сибирском регионе [2, 3]. Несмотря на большой объем накопленных метеорологических и экологических данных, охватывающих несколько тридцатилетних климатических периодов, фундаментальные эмпирические обобщения этих закономерностей и, соответственно, эмпирически обоснованные методы прогноза ожидаемых изменений окружающей среды и климата до сих пор отсутствуют.

Трудности выявления пространственно-временных закономерностей, их моделирования и прогнозирования в этом направлении вызваны тем, что климатические и связанные с ними экосистемные процессы являются беспрецедентно сложными как по большому числу их характеристик, так и по многообразию с разной скоростью протекающих физических, химических и биологических процессов, определяющих вектор наблюдаемых изменений окружающей среды и климата. Для установления региональных особенностей климатических и экологических процессов необходим синхронный и территориально совмещенный мониторинг этих процессов в каждом регионе планеты [4], к чему в мировой практике пока только приступают в порядке научного эксперимента.

Исследование закономерностей природно-климатических изменений существенно осложняется также в связи с одновременным воздействием многих глобальных и региональных (в том числе антропогенных) факторов, долевое участие которых постоянно изменяется и пока не установлено. Математическое моделирование ожидаемых изменений основывается на гипотезе о глобальном потеплении за счет усиления парникового эффекта, вызванного возрастающим содержанием углекислого газа в атмосфере. Однако вопросы о потеплении или похолодании в отдельных регионах планеты и о роли углекислого газа в парниковом эффекте (при заметной роли водяного пара и облачности) [5, 6] остаются пока дискуссионными. Для однозначного ответа на эти и другие вопросы недостаточно фактических данных по результатам традиционного мониторинга состояния климатических и экологических систем. Дополнительно необходимо не только интегрированное наблюдение за процессами, формирующими эти состояния, но и сопряженный контроль тех воздействующих факторов, которые определяют вектор этих процессов. Для Сибири такой интегрированный мониторинг особенно актуален в связи с недостаточно развитой сетью станций традиционного мониторинга, а также с ускоряющимся промышленным освоением территории.

Вместе с тем последние эмпирические обобщения результатов традиционного наблюдения за состоянием климатических и экологических систем позволяют выделить климатические зоны и региональные факторы, на которые следует обратить особое внимание при интегрированном мониторинге и разработке региональных моделей климатических и экологических процессов. Ниже обсуждается ряд таких эмпирических обобщений, которые позволяют сделать выводы о роли региональных воздействующих факторов в Западной Сибири.

ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ

Географическое положение Западной Сибири на северных широтах (выше 50° с. ш.), где климаторегулирующий радиационный баланс пониженный, а в зимние месяцы даже отрицательный, и на восточных долготах ($63-90^\circ$ в. д.), почти равноудаленных от климаторегулирующих Атлантического и Тихого океанов, определяет повышенную роль региональных факторов в наблюдаемых изменениях окружающей среды и климата территории.

Орографический фактор. Отличительная орографическая особенность Западной Сибири состоит в том, что с запада она граничит с Уральскими горами, а с востока — со Среднесибирским плоскогорьем. Западно-Сибирская равнина, занимающая основную территорию Западной Сибири, оказы-

вается своеобразным открытым «коридором» в нижней тропосфере для воздушных потоков с севера (с Карского моря) и юга (со степей Казахстана).

На рис. 1 показаны среднемесячные изотермы для января по данным Климатического атласа СССР [7]. Как следует из [7–9], в начале XX в. широтная зональность по температуре, по крайней мере в зимние месяцы (при отрицательном радиационном балансе), на территории Западной Сибири приближалась, скорее, к меридиональной вдоль Уральских гор. Такой ход зимних изотерм сохранился и во второй половине XX в., несмотря на вы-

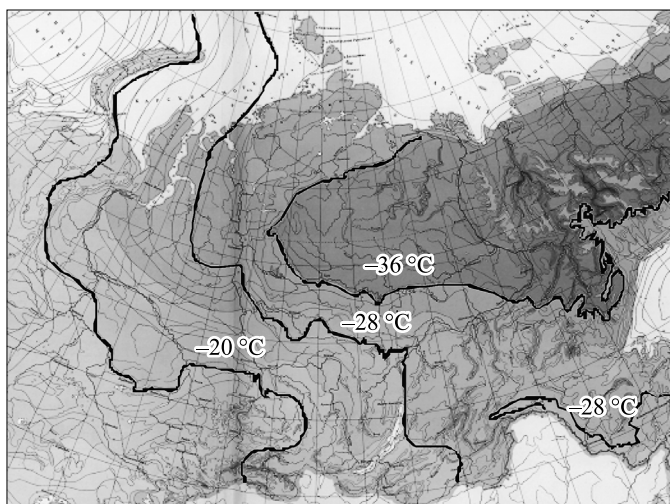
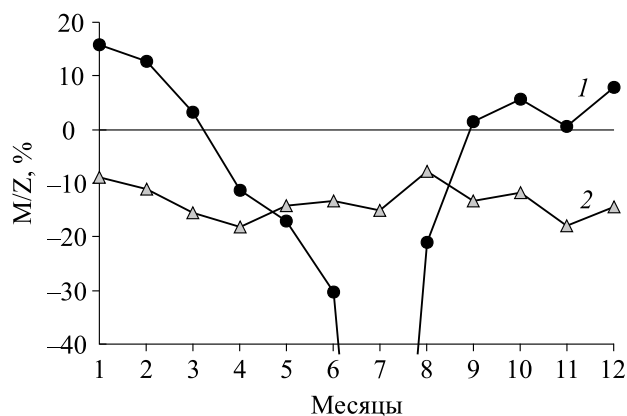


Рис. 1. Климатические изотермы января, по [7].

Рис. 2. Отношения среднемесячных меридиональных (М) и зональных (Z) индексов циркуляции в период 1957–2002 гг. на высотах с атмосферным давлением 850 (1) и 200 гПа (2).

Положительные значения — при северном ветре, отрицательные — при южном ветре.



сокие темпы глобального и регионального потепления [1, 10].

Роль постоянно действующего орографического фактора усиливается расположением Западно-Сибирской равнины в междуречье таких крупных рек, как Обь (с запада) и Енисей (с востока).

Межсезонные и межгодовые изменения гидрологического режима этих рек и их обширных пойм обуславливают вариации в широких пределах климатических и экосистемных характеристик, в том числе отношений зональных и меридиональных индексов атмосферной циркуляции.

Результаты анализа данных [11] по годовому ходу индексов циркуляции представлены на рис. 2. По оси ординат отложены отношения среднемесячных меридиональных индексов циркуляции к среднемесячным зональным индексам на разных высотах. Положительные отношения здесь соответствуют направлению ветра с севера, а отрицательные — с юга. Как видно из рис. 2, меридиональный перенос в Западной Сибири характеризуется заметно меньшим индексом циркуляции по сравнению с зональным. На высоте с атмосферным давлением 850 гПа только в зимние месяцы доля меридионального индекса составляет 15 % при направлении ветра с севера, а на высоте с 200 гПа круглый год остается на уровне 14 % при направлении ветра с юга. Важно отметить, что в нижней тропосфере максимальные значения меридиональных индексов циркуляции М (850) остаются практически постоянными для зимы и лета (не более 40), а среднеквадратические отклонения превышают их среднеарифметические значения для всех месяцев. Последнее указывает на неоднозначную роль меридиональной циркуляции в разные годы, причину которой следует искать в межгодовых колебаниях числа циклонов и антициклонов над территорией.

Арктический фактор. Роль этого географического фактора, связанного с равноудаленностью территории от климатоформирующих Атлантического и Тихого океанов, подтверждается результатами вейвлет- и корреляционного анализа среднегодовых значений приземной температуры и индексов NAO (North Atlantic Oscillation) и SOI (South Oscillation Index), характеризующих режим зональной циркуляции [12]. Для осредненных по территории Западной Сибири приземных среднегодовых температур и среднегодовых индексов NAO и SOI выделяются две области периодичностей по статистически значимым коэффициентам корреляции — с периодичностью 10–12 лет и около 40 лет. Однако во всех случаях коэффициенты корреляции не превышают 0,35, что означает относительно слабую роль тех отдаленных регионов планеты, геопотенциал которых характеризуется этими индексами. Более тесная связь температурного режима Западной Сибири прослеживается с индексом SCAND, который определяет геопотенциал более близкого Скандинавского региона. Отрицательный коэффициент корреляции средней по территории приземной температуры и индекса SCAND составляет около 0,6 для всех месяцев года [13].

Значимая роль «коридора» Западной Сибири с его большим меридиональным температурным градиентом (МТГ) подтверждается и результатами исследований в работе [14]. При анализе данных ERA-Interim за последние 20 лет авторами выявлено в январе похолодание в средних широтах Евразии, включая Западную Сибирь, и потепление в северных морях. Коэффициент корреляции между МТГ и зональным ветром для двух выделенных сегментов (в Карском море и на юге Западной Сибири) в январе составил более 0,77. При этом авторы отмечают потепление в северном сегменте (в Карском море) с трендом среднеянварской температуры более 5 °С/10 лет в последнее десятилетие, что согласуется с наземными метеонаблюдениями на о. Вайгач [15], и одновременное похолодание в средних широтах в Евразии (включая Западную Сибирь) с трендом около –3 °С/10 лет, что объясняется ослаблением зонального ветра на континенте при уменьшении концентрации морского льда. К этому следует добавить, что наблюдаемые тренды ледяного покрова в Карском море обусловлены как возможными изменениями океанических течений (в Северном Ледовитом океане), так и опреснением прибрежных вод стоками Оби и Енисея, гидрологический режим которых формируется в континентальных районах. К числу наиболее значимых на территории Западной Сибири факторов, которые

регулируют не только гидрологический режим этих двух рек, но и в целом климатические изменения в регионе, принадлежат и такие климатические центры действия, как Сибирский максимум и Большое Васюганское болото.

ФАКТОР СИБИРСКОГО МАКСИМУМА (АНТИЦИКЛОНА)

Сибирский максимум относится к числу тех мезомасштабных систем барических образований, которые оказывают существенное влияние на общую циркуляцию атмосферы и в современной теории климата [16] называются центрами действия атмосферы (реже климатическими центрами действия). Для Северного полушария обычно рассматриваются и изучаются Азорский и Сибирский максимумы (образования с повышенным атмосферным давлением), а также Исландский, Гогольский и Алеутский минимумы (образования с пониженным атмосферным давлением) [17]. Для Западной Сибири наиболее значимым является Сибирский максимум, центральная часть которого расположена на территории Горного Алтая, включая Монгольский Алтай. Горные хребты со снежниками и ледниками находятся здесь выше снеговой линии (нижней границы хилоносферы) и в сочетании с горными долинами на разных высотах и алтайскими степями создают подходящие условия для формирования барического образования с повышенным атмосферным давлением. Воздействие этого образования (антициклона) на атмосферную циркуляцию состоит в блокировании зональной циркуляции, и нередко на длительное время (десять дней).

По эмпирическим обобщениям ВНИИГМИ–МЦД [17], Сибирский максимум относится к числу самых активных антициклонов в Северном полушарии как по области его влияния (диапазону географических координат), так и по диапазону колебаний барического давления в центре антициклона. Средние многолетние значения параметров Сибирского максимума по двум временным периодам, обсуждаемым в [17], приведены в таблице. Как следует из представленных данных, диапазон изменений положения центра антициклона в разные месяцы по долготе во втором периоде уменьшился примерно в полтора раза, а диапазон изменений среднегодовой интенсивности увеличился на 11 гПа.

Другой важный результат эмпирического обобщения в [17] связан с выявленными колебаниями трендов по отклонениям среднегодовых параметров Сибирского максимума от среднего многолетнего (трендов аномалий). Оказалось, что при фактически нулевом тренде аномалий по широте колебания трендов по долготе и давлению происходили одновременно и в разных направлениях. Ключевыми для изменения знака трендов по этим двум параметрам стали 1943 и 1998 гг. При этом за последние 10 лет (к 2008 г.) среднегодовое положение центра антициклона сместилось к западу на 3° в. д., а давление в центре уменьшилось на 3,5 гПа [17]. Такие изменения представляются достаточными, чтобы повлиять на режим атмосферной циркуляции в Западной Сибири.

Приведенные выше эмпирические факты изменений параметров Сибирского максимума за 115 лет в ограниченных пределах (см. таблицу) указывают на то, что роль этого регионального фактора оста-

Средние многолетние значения параметров Сибирского максимума

Месяц	1861–1967 гг.			1968–2010 гг.		
	Л	Ф	<i>P/A</i>	Л	Ф	<i>P/A</i>
Январь	–103	51	1035/19	–95	50	1046/28
Февраль	–103	52	1034/19	–95	50	1042/28
Март	–96	50	1028/18	–90	50	1033/28
Апрель	–84	51	1022/16	–83	51	1023/18
Май	–69	52	1018/12	–82	51	1017/12
Июнь	–81	54	1011/10	–81	53	1013/12
Июль	–	–	–	–	–	–
Август	–	–	–	–90	50	1014
Сентябрь	–93	52	1018/14	–92	52	1020/9
Октябрь	–95	48	1024/13	–92	50	1028/14
Ноябрь	–97	48	1030/13	–94	49	1036/15
Декабрь	–99	50	1034/20	–96	50	1043/26

Примечание. Л и Ф — долгота и широта, град.; *P* и *A* — среднее давление и амплитуда межгодовых изменений давления, гПа. Отрицательные значения показывают смещение центра по широте к югу, а по долготе к востоку. Прочерк — нет данных.

ется существенной и в настоящее время. В частности, его влиянием можно объяснить обсуждаемое в [14] потепление в Карском море и похолодание на континенте (в средних широтах Западной Сибири) в последнее десятилетие. Действительно, небольшое смещение центра антициклона к западу усиливает его способность блокировать циклоны, приносящие с запада теплый и влажный воздух, что приводит к похолоданию в широтах антициклона в зимние месяцы. В то же время небольшое снижение давления в центре антициклона сужает сферу его влияния и ослабляет способность блокировать западные циклоны в северных широтах, в том числе и циклоны с отклоненной от средних широт траекторией. Таким образом, не исключено, что наблюдаемое потепление в Карском море обусловлено не только изменениями океанической циркуляции,

приводящей к вариациям ледяного покрова арктических морей, но и влиянием Сибирского максимума, изменяющего режим атмосферной циркуляции и меридиональный температурный градиент.

В настоящее время полученных эмпирических фактов недостаточно для количественных оценок роли Сибирского максимума. Открытым остается вопрос и о тех причинах межгодовых изменений параметров этого климатического центра действия, без знания которых невозможен обоснованный прогноз их дальнейших изменений. Для решения этих задач необходим новый методологический подход при интегрированных региональных исследованиях, основу которых должен составить интегрированный мониторинг [4].

ФАКТОР БОЛОТНЫХ СИСТЕМ

Болотные системы Западной Сибири относятся к числу тех природных образований, которые занимают значительную территорию региона (более 30 %, по [18, 19]) и играют многофункциональную регулируемую роль в климатических, гидрологических и экосистемных процессах. При этом непосредственное влияние на температурный режим региона оказывают как торфяные залежи с их особыми теплофизическими характеристиками, так и болотные озера, а опосредованное влияние связано с положительным балансом парниковых газов (сток превышает эмиссию).

В международном перечне болотных систем России [20] особое место занимает Большое Васюганское болото (БВБ), крупнейшее в мире по занимаемой площади (более 50 тыс. км²), водозапасу в болотных озерах (более 400 км³) и накопленным за 10 тыс. лет торфяным залежам (несколько миллиардов тонн). Расположенное в Обь-Иртышском междуречье, БВБ также является водораздельной территорией для притоков этих рек, в свою очередь влияющих на опреснение вод Карского моря и тем самым на режим ледового покрова и климат в регионе. Повышенный научный интерес к исследованию БВБ объясняется также тем, что перспективное промышленное освоение этой территории (разработка торфозалежей, нефтегазовых и уникальных железорудных месторождений) требует своевременных оценок его возможных последствий с точки зрения климатических, гидрологических и экологических процессов.

Результаты междисциплинарных полевых исследований, выполненных в последнее десятилетие на территории БВБ и прилегающих болотных систем, опубликованы в монографии [21], продолжающей обобщение итогов более ранних исследований [22]. Приведем ряд количественных оценок из этих обобщений, которые свидетельствуют о важной роли БВБ как регионального климаторегулирующего фактора.

Региональные особенности изменений температурного режима на территории БВБ видны из анализа данных наземных и спутниковых наблюдений за климатический период 1975–2005 гг. [2]. Так, при наблюдавшемся в это время на всем пространстве Западной Сибири потеплении с трендом среднегодовой температуры в 0,26 °C/10 лет среднемесячные температуры воздуха изменялись в разные месяцы с трендом от –0,40 до 0,85 °C/10 лет, а на территории БВБ — с трендом от 0 до 1,2 °C/10 лет. Наибольшие отличия среднемесячных температур на территории БВБ от аналогичных показателей на сопредельных площадях, расположенных на той же широте, отмечены в июле (охлаждающий эффект) и феврале (отепляющий эффект). По данным спутникового спектрорадиометра MODIS (2004 г.), эти отличия могут достигать 3 °C до высоты 3 км. Такой сглаживающий температурные колебания эффект, незначительный по сравнению с межсезонными колебаниями (до 80°) и даже с суточными (до 20°), тем не менее относится к числу климатически значимых в отношении межгодовых изменений температуры (единицы градусов). В целом по результатам анализа многолетних данных наземных наблюдений амплитуда колебаний среднемесячных температур на территории БВБ на 7 % ниже таковой на прилегающих территориях [21].

Выявленные особенности температурного режима и его изменений на территории БВБ связаны с гидрологическими процессами, регулируемые болотной системой. Наблюдаемыми характеристиками этих процессов являются как переменный уровень болотных вод (за счет снеготаяния, атмосферных осадков и испарения), так и стоки воды по водосборным речкам и ручьям. Результаты многолетних инструментальных наблюдений на одном из северо-восточных участков БВБ показали [21], что межсезонные колебания уровня болотных вод опережают колебания уровня воды прилегающей водосборной р. Ключ на 4–6 дней и характеризуются амплитудой 39 см для высокого яма, 24 см — для низкого яма и 21 см — для осоково-сфагновой топи. При этом за 10 лет (1998–2009) межгодовые колебания болотных вод для топи претерпели четыре колебания со спадающей амплитудой от 15 до 5 см при увеличении среднего уровня на 15 см.

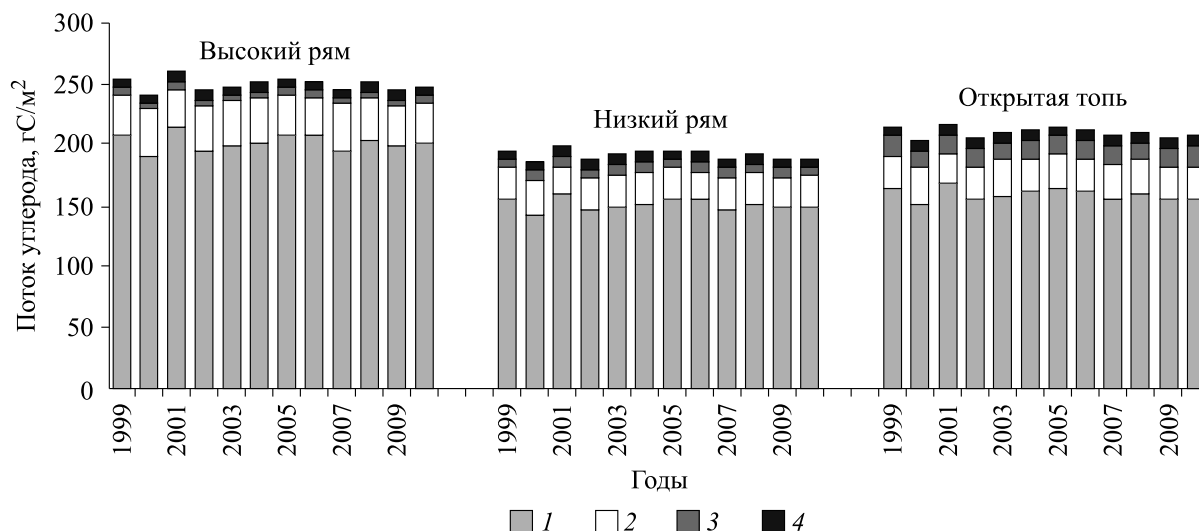


Рис. 3. Годовой поток углерода с поверхности болотных экосистем в течение 1999–2010 гг., по [23].

1 — эмиссия CO_2 в бесснежный период; 2 — зимняя эмиссия CO_2 ; 3 — годовая эмиссия CH_4 ; 4 — вынос углерода с болотными водами.

Обработка более длительных рядов инструментальных наблюдений (за последние 50 лет) показала, что для трендов стока рек, берущих начало на территории БВБ, определяющим является годовое количество осадков, а величина трендов имела как положительные значения (до $4,4 \text{ м}^3/\text{с}$ за 10 лет) в северной зоне, так и отрицательные ($-0,3 \text{ м}^3/\text{с}$ за 10 лет) в южной. Полученные результаты свидетельствуют о том, что в настоящее время динамика гидрологического режима на территории БВБ имеет заметную направленность, при которой в северной зоне болотной системы продолжают процессы заболачивания, а в южной зоне — процессы аридизации.

Экосистемные процессы, зависящие от температурных и гидрологических режимов на территории БВБ, в свою очередь влияют на эти режимы через сток и эмиссию основных парниковых газов (CO_2 и CH_4), формируя положительный углеродный баланс (сток превышает эмиссию). На рис. 3 представлены данные по годовому потоку углерода ($\text{гС}/\text{м}^2$) для высокого рьяма, низкого рьяма и открытой топи. Эти данные, полученные для северо-восточных отрогов БВБ, выявляют определяющую роль углекислого газа в эмиссионных потоках углерода на всех участках болота. Поэтому в межгодовых вариациях баланса углерода основную роль играют процессы стока CO_2 , для которых вариабельность фотосинтеза чистой первичной продукцией (NPP) в 8–15 раз превосходит эмиссионные потоки и в большей мере зависит от типа болотных экосистем, различающихся режимом водно-минерального питания, элементами рельефа и видовым разнообразием растительности. Важно также отметить, что прогнозные оценки по вкладу торфоболотной экосистемы в цикл углерода на территории БВБ указывают [23] на сохранение положительного баланса углерода при всех сценариях МГЭИК по вероятному изменению климата в XXI в.

Таким образом, климаторегулирующая роль БВБ проявляется не только в сглаживании температурных колебаний на территории, но и в регулировании гидрологического режима и содержания парниковых газов в атмосфере. Большое Васюганское болото и другие болотные системы Западной Сибири отличаются значительными территориальными масштабами, поэтому влияние этих природных образований на климатические характеристики в регионе сравнимо с наблюдаемыми межгодовыми вариациями среднегодовых значений этих характеристик и выходит за рамки региональной значимости.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Рассмотренные выше эмпирические обобщения указывают на весомую роль региональных климаторегулирующих факторов в наблюдаемых климатических и экологических изменениях в Западной Сибири и на прилегающих территориях. Однако для получения количественных оценок по доле роли региональных факторов эмпирических обобщений недостаточно, так как они основаны на статистическом анализе лишь отдельных метеорологических или экологических параметров, без учета

их взаимосвязи. Тем не менее подобные обобщения являются необходимой методологической основой для проведения дальнейших интегрированных региональных исследований, включающих мониторинг, моделирование и прогнозирование природно-климатических изменений и их последствий.

При количественной оценке долевой роли региональных факторов необходимо также учитывать их зависимость от глобальных изменений климата под воздействием многих пока недостаточно изученных климатообразующих факторов земного и внеземного происхождения. Глобальные изменения в силу обратных связей влияют не только на условия и текущий режим погодных процессов и явлений, включая отклонения от принятой ранее климатической нормы, но и на долевую роль региональных климаторегулирующих факторов. Обоснованный учет такого влияния при мониторинге и моделировании региональных природно-климатических изменений представляется неизбежным и требует нового подхода к описанию глобальных природно-климатических изменений с учетом региональных климаторегулирующих факторов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Оценочный доклад об изменениях климата и их последствий на территории Российской Федерации.** Т. 1: Изменения климата. — М.: Росгидромет, 2008. — 227 с.
2. **Ипполитов И. И., Кабанов М. В., Логинов С. В., Харюткина Е. В.** Структура и динамика метеорологических полей на азиатской территории России в период интенсивного глобального потепления 1975–2005 гг. // Журн. Сиб. федер. ун-та. Сер. Биология. — 2008. — № 1 (4). — С. 323–344.
3. **Кабанов М. В.** Сезонные закономерности наблюдаемого потепления в Сибири // Оптика атмосферы и океана. — 2009. — Т. 22, № 1. — С. 7–10.
4. **Ипполитов И. И., Кабанов М. В., Смирнов С. В.** Концепция сетевого мониторинга природно-климатических процессов в Сибири // Оптика атмосферы и океана. — 2011. — Т. 24, № 1. — С. 7–14.
5. **Кондратьев К. Я.** Глобальный климат // Итоги науки и техники. Сер. Метеорология и климатология. — 1987. — Т. 17. — С. 313 с.
6. **Зуев В. Е., Титов Г. А.** Оптика атмосферы и климат. — Томск: Изд-во Ин-та оптики атмосферы СО РАН, 1996. — 271 с.
7. **Климатический атлас СССР** / Гл. ред. Ф. Ф. Давитая. — М.: ГУГК СМ СССР, 1960. — Т. 1. — 181 с.
8. **Гвоздецкий Н. А., Михайлов Н. И.** Физическая география СССР. — М.: Мысль, 1978. — 512 с.
9. **Trofimova I. E., Valybina A. S.** Classification of climates and climatic regionalization of the West-Siberian Plain // Geography and Natural Resources. — 2014. — Vol. 35, N 2. — P. 114–122.
10. **Ипполитов И. И., Кабанов М. В., Логинов С. В.** Пространственные и временные масштабы наблюдаемого потепления в Сибири // Докл. РАН. — 2007. — Т. 412, № 6. — С. 814–817.
11. **Горбатенко В. П., Ипполитов И. И., Поднебесных Н. В.** Циркуляция атмосферы над Западной Сибирью в 1976–2004 гг. // Метеорология и гидрология. — 2007. — № 5. — С. 28–36.
12. **Ипполитов И. И., Кабанов М. В., Логинов С. В.** Связь периодичностей в рядах приземных температур и индексов атмосферной циркуляции // География и природ. ресурсы. — 2004. — Спец. вып. — С. 267–271.
13. **Горбатенко В. П., Ипполитов И. И., Кабанов М. В., Логинов С. В., Поднебесных Н. В., Харюткина Е. В.** Влияние атмосферной циркуляции на температурный режим Сибири // Оптика атмосферы и океана. — 2011. — Т. 24, № 1. — С. 15–21.
14. **Outten S. D., Esau I.** A link between Arctic sea ice and recent cooling trends over Eurasia // Climatic Change. — 2012. — N 110. — P. 1069–1075.
15. **Груза Г. В., Ранькова Э. Я.** Наблюдаемые и ожидаемые изменения климата России: температура воздуха. — Обнинск: ВНИИГМИ–МЦД, 2012. — 194 с.
16. **Переведенцев Ю. П.** Теория климата: Учеб. пособие. — Казань: Изд-во Казан. ун-та, 2009. — 504 с.
17. **Мониторинг** общей циркуляции атмосферы. Северное полушарие: Справ. пособие. — Обнинск: ВНИИГМИ–МЦД, 2012. — 123 с.
18. **Болотные системы Западной Сибири и их природоохранное значение** / Под ред. В. Б. Куваева. — Тула: Гриф и К°, 2001. — 584 с.
19. **Болота Западной Сибири, их строение и гидрологический режим.** — Л.: Гидрометеиздат, 1976. — 447 с.
20. **Водно-болотные угодья России.** Т. 1: Ценные болота. — М.: Wetlands International Publication, 1999. — 88 с.
21. **Исследование** природно-климатических процессов на территории Большого Васюганского болота / Отв. ред. М. В. Кабанов. — Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2012. — 243 с.
22. **Большое Васюганское болото. Современное состояние и процессы развития** / Под ред. М. В. Кабанова. — Томск: Изд-во Ин-та оптики атмосферы СО РАН, 2002. — 229 с.
23. **Головацкая Е. А., Дюкарев Е. А., Ипполитов И. И., Кабанов М. В.** Влияние ландшафтных и гидрометеорологических условий на эмиссию CO₂ в торфоболотных экосистемах // Докл. РАН. — 2008. — Т. 418, № 4. — С. 539–542.

Поступила в редакцию 22 августа 2014 г.