

ПРЕСНОВОДНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ – СОВРЕМЕННЫЕ ВЫЗОВЫ

В разделе «Пресноводные экосистемы – современные вызовы» представлены некоторые материалы одноименной конференции, посвященной 90-летию Лимнологического института СО РАН, которая состоялась 11–14 сентября 2018 г. в Иркутске.

На конференции были рассмотрены вопросы изучения механизмов образования, биоразнообразия, эволюции озер мира, других водоемов и водотоков суши методами смежных наук – гидробиологии, гидрологии, гидрохимии, физики, геологии, географии, биологии, климатологии. Исследование природы водоемов, их функционирования, динамики и эволюции невозможно без установления количественных закономерностей, процессов и явлений во взаимосвязи с окружающей средой, с учетом влияния естественных процессов и антропогенного воздействия. На пленарных и секционных заседаниях, круглых столах представлены и обсуждены вопросы разработки методов физического, химического и биологического мониторинга водных объектов, оценки влияния хозяйственной деятельности на них, научного обоснования природоохранных мероприятий, даны рекомендации по рациональному использованию ресурсов озер и водохранилищ.

Последние пятьдесят лет характеризуются интенсивным воздействием локальных и глобальных антропогенных факторов на экосистемы пресноводных водоемов независимо от их размеров. При этом антропогенный фактор обычно накладывается на внутренние циклы водоемов.

Считаем, что некоторые доклады представляют интерес для наших читателей. Эти материалы будут опубликованы в 3-м и 4-м номерах журнала «География и природные ресурсы» за 2019 г.

УДК 551.576

DOI: 10.21782/GIPR0206-1619-2019-3(60-66)

В.Н. СИНЮКОВИЧ*, И.В. ЛАТЫШЕВА, В.Л. МАКУХИН*.****

*Лимнологический институт СО РАН,
664033, Иркутск, ул. Улан-Баторская, 3, Россия, sin@lin.irk.ru, aerosol@lin.irk.ru

**Иркутский государственный университет,
664003, Иркутск, ул. Карла Маркса, 1, Россия, ababab1967@mail.ru, aerosol@lin.irk.ru

ЦИРКУЛЯЦИОННЫЕ ФАКТОРЫ СОВРЕМЕННОГО МАЛОВОДЬЯ В БАССЕЙНЕ ОЗЕРА БАЙКАЛ

На основе анализа связей динамики поверхностного притока в оз. Байкал и стока главных рек байкальского бассейна с региональными и глобальными циркуляционными показателями выявлена роль некоторых метеорологических факторов в формировании текущего маловодья на байкальской водосборной территории. Снижение или рост стока байкальских рек в летние месяцы, когда формируется основной объем годового притока воды в озеро, определяется синоптической ситуацией на юге Восточной Сибири и севере Монголии, где происходит образование южных циклонов, обеспечивающих основной приток влаги в Байкальский регион. В качестве климатических и циркуляционных факторов использованы различные индексы, характеризующие особенности крупномасштабных форм атмосферной циркуляции в высоких и низких широтах Северного полушария (NAO, AO, SCAND и другие), а также аномалии среднемесячных значений приземного давления и геопотенциальных высот изобарической поверхности AT-500 в зоне 43–50° с. ш. и 90–115° в. д. Выявлено, что в бассейне оз. Байкал маловодье продолжается с 1996 г., но особенно остро проявляется в последние годы в связи со снижением уровня озера. На юге Сибири и севере Монголии с начала XXI в. отмечается усиление процессов антициклогенеза, сопровождающихся повышением температуры воздуха, приземного давления и геопотенциальных высот на уровне средней тропосферы (5 км). Более благоприятные условия формирования стока рек создаются при развитии высотного гребня над Уралом и сопряженной высотной ложбины над Сибирью, под передней частью которой на территории Монголии и юга Восточной Сибири у поверхности Земли развиваются процессы циклогенеза. Повышенные осадки и сток наблюдаются при развитии блокирующих антициклонов над Забайкальем и Дальним Востоком, обуславливающих длительное стационарное выходящих циклонов.

Ключевые слова: межгодовые вариации водного режима, приток, речной сток, маловодье, атмосферная циркуляция, циклогенез.

V.N. SINYUKOVICH*, I.V. LATYSHEVA**, V.L. MAKUKHIN*,**

*Limnological Institute, Siberian Branch, Russian Academy of Sciences,
664033, Irkutsk, ul. Ulan-Batorskaya, 3, Russia, sin@lin.irk.ru, aerosol@lin.irk.ru**Irkutsk State University,
664003, Irkutsk, ul. Karla Marksa, 1, Russia, ababab1967@mail.ru, aerosol@lin.irk.ru**CIRCULATION FACTORS FOR THE CURRENT LOW WATER LEVEL WITHIN
THE LAKE BAIKAL DRAINAGE BASIN**

We examined the relationships between the dynamics of surface inflow into Lake Baikal and the runoff of the main tributaries of the Baikal drainage basin and regional and global circulation parameters to determine the role of certain of the meteorological factors in the current low water level within the Baikal catchment area. A decrease or an increase in the runoff of Baikal's rivers in the summer months depends on the synoptic situation in the south of East Siberia and in the north of Mongolia where southern cyclones provide the main influx of moisture to the Baikal region. We used different indices as climatic and circulation factors which characterize the specific features in the forms of atmospheric circulation in high and low latitudes of the northern hemisphere (NAO, AO, SCAND, and others) as well as the anomalies of mean monthly values of surface pressure and geopotential altitudes of isobaric surface AT-500 in the zone of 43–50° N and 90–115° E. It was found that the low water level within the Lake Baikal drainage basin has persisted since 1996 but it has manifested itself particularly clearly due to the lake stage reduction. In the south of Siberia and in the north of Mongolia, since the early 21st century there has been an enhancement in anticyclogenesis processes accompanied by an increase in air temperature, surface pressure and geopotential altitudes at the level of the mid-troposphere (5 km). The more favorable conditions for river runoff formation are created during the development of the ridge of elevated and low pressure over Ural and the associated ridge of low pressure over Siberia, with cyclogenesis processes occurring in front of them over the territory of Mongolia and the south of East Siberia at the Earth's surface. Elevated precipitation and runoff are observed at the time of blocking anticyclones over Transbaikalia and the Far East, which are responsible for a long-lasting persistence of Mongolian cyclones.

Keywords: interannual variations of water regime, inflow, river runoff, low water level, atmospheric circulation, cyclogenesis.

ВВЕДЕНИЕ

Межгодовые вариации водного режима крупных озер и водохранилищ все чаще используются как индикаторы для оценки региональных гидрологических последствий изменений климата [1]. В свою очередь, происходящие изменения уровня, процессов испарения, тепло- и водообмена в водоемах могут влиять на состояние различных видов биоты, повышая уязвимость экосистем, вызывая необратимую трансформацию мест обитания и повышая риски быстрого исчезновения видов [2]. Исследования особенностей атмосферных процессов позволяют получить диагностическую картину формирования продолжительных засушливых периодов в регионе оз. Байкал. Увеличение продолжительности засух сопровождается снижением приточности и усыханием озер в других районах Земли — в Афганистане, Китае и Иране [3–5] и др.

Маловодье в бассейне оз. Байкал, продолжающееся с 1996 г., проявилось особенно остро в последние годы в связи со снижением уровня озера. Выход уровня в феврале 2015 г. на отметки ниже законодательно установленного минимума (456 м ТО) стал причиной введения в регионе режима повышенной готовности вследствие недостатка воды в некоторых районах Бурятии и снижения стока р. Ангары, поставившего под угрозу работу водозаборов, обеспечивающих водо- и теплоснабжение городов в нижнем бьефе Иркутской ГЭС (Ангарск, Усолье-Сибирское, Черемхово).

В последующие годы приток в Байкал также оставался пониженным, в особенности в 2015 и 2017 гг., и уровень озера ежегодно срабатывался ниже 456 м, обостря хозяйственные и социальные проблемы в регионе. В этих условиях исследование механизмов формирования маловодных (и многоводных) периодов в бассейне оз. Байкал с целью предвидения их наступления, более эффективного использования водных ресурсов озера и регулирования его уровня становится особенно актуальным. Известные на сегодня схемы решения этих проблем недостаточно эффективны. Так, ожидаемый по основным климатическим сценариям происходящего с 1970-х гг. потепления рост увлажненности на территории Байкальского региона [6–8] пока не подтверждается. Присущая внутривековым колебаниям притока воды в оз. Байкал цикличность с периодом ~20–30 лет также трансформируется, нарушается синхронность стока основных байкальских рек и др. [9]. Реки в бассейне Байкала не зарегулированы водохранилищами, их сток в незначительных масштабах используется в народном хозяйстве, поэтому перестройка стокоформирующих процессов в байкальском бассейне

связана, очевидно, в основном с нестабильностью климата. Для более детального исследования современных изменений приточности в озеро необходима комплексная оценка гидрометеорологического, климатического и циркуляционного режимов Байкальского региона с учетом отдельных показателей глобального и регионального изменений климата.

Цель настоящей статьи — исследование связей процессов поверхностного стока с байкальской водосборной территории с особенностями глобальных и региональных форм атмосферной циркуляции, в частности, с процессами подвижного циклогенеза.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исходными данными для характеристики стока поверхностных вод с территории бассейна оз. Байкал послужили месячные и годовые значения суммарного притока речных вод с байкальской водосборной территории, а также стока основных байкальских притоков — Селенги, Верхней Ангары и Баргузина — по сведениям Росгидромета за 1950–2016 гг.

Для характеристики климатических и циркуляционных факторов за те же годы использовались распространённые климатические индексы, отражающие особенности крупномасштабных форм атмосферной циркуляции в высоких и низких широтах Северного полушария, а также в различных районах Атлантики и Тихого океана: NAO (северо-атлантическое колебание), AO (арктическое колебание), EA (восточно-атлантический), WP (западно-тихоокеанский), EP/NP (восточно-тихоокеанский — северо-тихоокеанский), PNA (тихоокеанско-североамериканский), EA/WR (восточно-атлантический — западно-российский), SCAND (скандинавский), а также POL (полярно-евразийский), SOI (индекс южного колебания), индекс муссонной активности осадков в Центральной Индии и некоторые другие. Информация об интенсивности используемых климатических индексов заимствована из работ [10–12].

Для оценки вклада региональных форм атмосферной циркуляции в изменения притока в оз. Байкал рассчитывались аномалии среднемесячных значений приземного давления (ΔP , мб) и геопотенциальных высот изобарической поверхности АТ-500 гПа (ΔH , гп. м) в зоне $43\text{--}50^\circ$ с. ш. и $90\text{--}115^\circ$ в. д., где при сближении полярного и субтропического фронтов в условиях интенсивных арктических вторжений формируются южные (монгольские) циклоны.

Сравнительный анализ атмосферных процессов формирования высокого и низкого стока рек в бассейне оз. Байкал проведен по данным синоптических карт архива ФГБУ Иркутского УГМС и построенных по данным реанализов (NCEP/NCAR I, NCEP/DOE II и др.).

Анализ временных рядов осуществлялся стандартными статистическими методами.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Тенденция снижения притока в оз. Байкал отмечается с 1959 г., т. е. в течение двух последних внутривековых циклов [9]. В предшествующее глубокое маловодье в бассейне 1976–1981 гг. (рис. 1) приточность в озеро была на 18 % ниже среднемноголетней. В 1996–2016 гг. средний приток был на 11 % ниже среднего, но в 2014–2016 гг. — уже на 24 %. С 1996 г. наиболее значительное уменьшение стока испытывает главный приток Байкала — р. Селенга.

В соответствии с внутригодовым распределением притока, основной объем которого формируется в июне–августе, когда выпадает около 65 % годовой суммы осадков, подтверждается приоритет исследований условий циркуляции атмосферы именно в эти месяцы. Характер многолетней динамики суммарного притока и стока Селенги показывает, что начало наиболее существенного их снижения также приходится на 1996 г., а Верхней Ангары и Баргузина — на 2010 г.

Ранее уже отмечалось [13], что для маловодных периодов в регионе летом характерно снижение интенсивности процессов зонального переноса воздушных масс. Осадкообразование в это время здесь тесно связано с активизацией подвижного циклогенеза вдоль полярной ветви высотной фронтальной зоны на территории Монголии, в южных районах Иркутской области и Забайкалья [14]. Современное маловодье в бассейне р. Селенги, по мнению авторов [15], связано с общим ослаблением циркуляции в области конвергенции воздушных масс умеренных широт и восточно-азиатского муссона. Выпадению осадков в этом регионе также препятствуют блокинги, возникающие над Европой и к востоку от Байкала [16].

Фактические данные наблюдений за осадками в Байкальском регионе подтверждают их общее уменьшение после 1996 г., несмотря на определенную разнонаправленность их трендов по территории

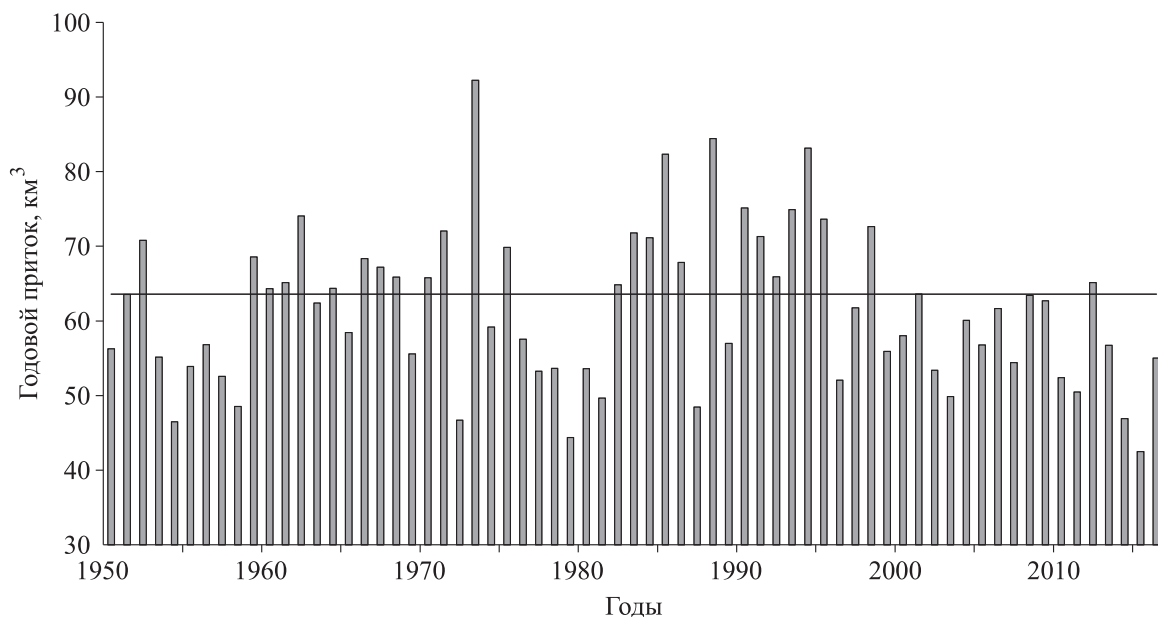


Рис. 1. Динамика годового притока воды в оз. Байкал в 1950–2016 гг. (горизонтальная линия — среднее многолетнее значение).

бассейна [9, 13]. Кроме того, с 1996 г. на юге Сибири отмечается заметное повышение летней температуры воздуха, что для сухих и умеренно влажных территорий, которых, например, в бассейне Селенги более 80 % [17], сопряжено с ростом потерь влаги на испарение, обуславливая дополнительное снижение речного стока. На рост испаряемости в бассейне Селенги указывают и другие исследователи [18], но для количественной оценки его повышения не хватает постановки специальных исследований в разных частях бассейна Байкала, в том числе и на территории Монголии.

Корреляционный анализ современных изменений годового притока воды в оз. Байкал и индексов глобальной и региональной форм циркуляции показывает, что в большинстве случаев статистическая связь между ними невысокая — соответствующие коэффициенты корреляции (r) по абсолютной величине в основном не превышают 0,2–0,3.

Для годовых значений сопоставляемых показателей наиболее высокая связь общей приточности в озеро и стока Селенги отмечается с колебаниями индекса EA/WR (r составляет 0,27 и 0,32 соответственно). Кроме того, для Селенги отмечается близкий уровень связи с POL ($r = 0,28$), в то время как для стока Баргузина заметна лишь слабая отрицательная связь со SCAND ($r = -0,20$).

Для летнего периода (июнь–август) связь суммарного притока в озеро, стока Селенги и Баргузина также наиболее тесная с EA/WR ($r = 0,29$ – $0,32$), а для Верхней Ангары со всеми циркуляционными индексами по абсолютным значениям $r \leq 0,15$.

Для отдельных летних месяцев наибольшие значения r (уровень значимости ≥ 95 %) отмечены для связи стока отдельных рек и общего притока в августе: с NAO (приток, сток Селенги, $r = 0,27$), PNA (сток Баргузина, $r = -0,29$), SCAND (суммарная приточность, сток Баргузина, $r = -0,32$) индексами и изменением давления (ΔP) в регионе образования монгольских циклонов ($r = -0,23$). В июле можно отметить только связь стока Селенги с EA/WR ($r = 0,25$).

Несмотря на статистическую достоверность рассмотренных выше коэффициентов корреляции (доверительная вероятность 95 %), они все же недостаточны для построения прогностических (диагностических) зависимостей. Близкий уровень связи между различными климатическими индексами и осадками по отдельным метеостанциям в бассейне Байкала отмечается и в работе [13]. В сравнении с ними более тесная связь отмечается при сопоставлении колебаний речного стока с изменениями давления у поверхности Земли (ΔP) и геопотенциала средней тропосферы (ΔH) на территории Монголии, юга Прибайкалья и Забайкалья, где происходит образование южных циклонов. По величине r она достигает $-0,43$ для стока Селенги и аномалий геопотенциала в июле. Помимо этого, в маловодные 1996–2016 гг. заметно ослабляется связь характеристик водности с атлантическими и тихоокеанскими индексами (в сравнении с 1950–1995 гг.) и усиливается — с индексом активности индийского

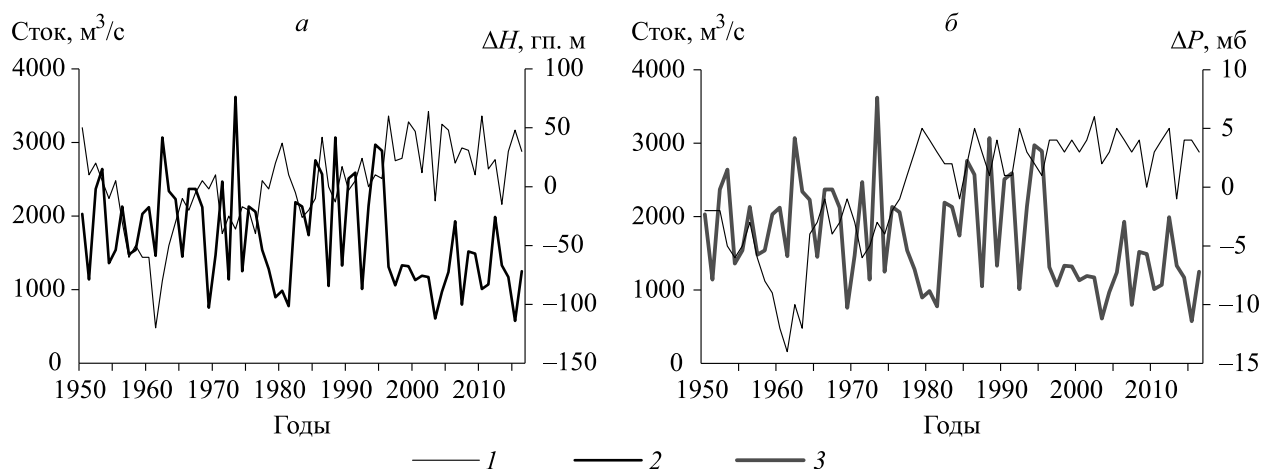


Рис. 2. Изменения стока р. Селенги и аномалий геопотенциала (а) и приземного давления (б) в июле 1950–2016 гг.

1 — сток Селенги. Аномалии: 2 — геопотенциала (ΔH), 3 — приземного давления (ΔP).

муссона. Эти факты указывают на определенное участие в формировании маловодий в бассейне оз. Байкал атмосферных процессов, характеризующихся ослаблением циклонической деятельности в области формирования южных (монгольских) циклонов. В целом, снижение притока воды в оз. Байкал и стока р. Селенги в летние месяцы 1996–2016 гг. соответствует тенденциям роста атмосферного давления у поверхности Земли и повышения геопотенциальных высот на уровне средней тропосферы в этом районе (рис. 2).

Подтверждением связи изменчивости атмосферного давления в районе образования южных (монгольских) циклонов и межгодовой изменчивости притока воды в оз. Байкал и стока основных рек служат также выявленные одни и те же преобладающие циклы их колебаний — короткопериодные вариации (2, 3 и 5 лет) и средней продолжительности (11, 16, 22 и 33 года).

Более наглядно проявление региональных форм атмосферной циркуляции в изменениях притока в оз. Байкал можно проследить на примере экстремально маловодных или многоводных периодов. Так, в августе 1973 г., когда месячный приток воды в озеро был максимальным за весь период наблюдений и составил $20,7 \text{ км}^3$, синоптическая ситуация отличалась не только частыми выходами южных циклонов, но и их длительным стационарированием при развитии блокирующих антициклонов над Забайкальем и Дальним Востоком. На развитие подвижного циклогенеза над Монголией в этот период отчетливо указывают (рис. 3, а, б) отрицательные аномалии и давления (4–6 мб), и геопотенциала (20–30 гп. м).

И, напротив, аномально низкий приток в озеро ($4,98 \text{ км}^3$) в августе 2015 г. наблюдался на фоне роста давления на территории юга Восточной Сибири, Монголии и Забайкалья (см. рис. 3, в, г), где положительные аномалии давления достигали 4–6 мб, а в поле геопотенциала 40–60 гп. м.

Для более продолжительных многоводных и маловодных периодов в байкальском бассейне также хорошо выражено преобладание разных по характеру циркуляционных механизмов. Так, в период повышенного притока в озеро (1982–1995 гг.) синоптическая ситуация отличалась развитием высотного гребня над Уралом и сопряженной высотной ложбины над Сибирью, под передней частью которой на территории Монголии и юга Восточной Сибири у поверхности Земли наблюдались процессы циклогенеза.

С 1996 г., в течение текущего маловодного периода, происходило ослабление высотного гребня над Уралом и повышение геопотенциальных высот в районе образования южных циклонов, с которыми связан основной приток влаги в Байкальский регион в летние месяцы.

Таким образом, формирование установившейся низкой приточности в оз. Байкал следует рассматривать как одно из проявлений современных тенденций изменения глобальных и региональных форм атмосферной циркуляции, сопровождающихся усилением процессов антициклогенеза в районе формирования монгольских циклонов, определяющих приток влаги в Байкальский регион.

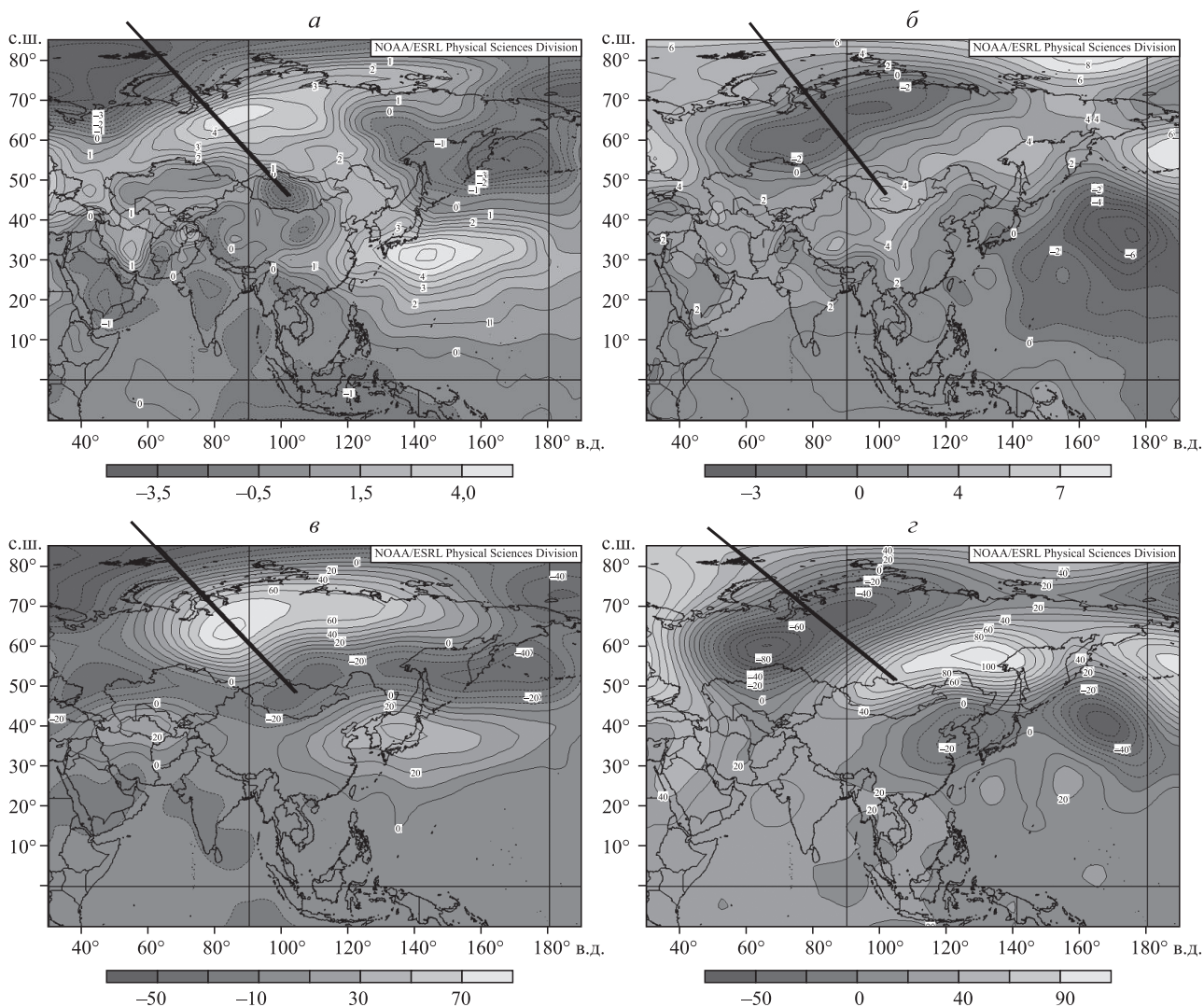


Рис. 3. Аномалии в поле приземного давления (ΔP , мб) и геопотенциала (ΔH , гп. м) в августе 1973 г. (а, в) и августе 2015 г. (б, г).

Прямая линия указывает на характерные изменения давления и геопотенциала в районе формирования монгольских циклонов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В изменениях поверхностного притока воды в оз. Байкал с 1996 г. сформировался продолжительный маловодный период с характерным соотношением роли мезо- и макромасштабных атмосферных процессов в уменьшение летних сумм атмосферных осадков в Байкальском регионе. Аномально низкая водность 2014–2017 гг. стала причиной выхода уровня озера на отметки ниже законодательно установленного минимума (456 м ТО) и обострения проблем водоснабжения в некоторых районах Республики Бурятия и в нижнем бьефе Иркутской ГЭС. Рост температуры и сухости воздуха в летние месяцы данного маловодья согласуется с сохраняющимися длительное время положительными аномалиями в поле геопотенциала в районе формирования южных циклонов — основных поставщиков влаги в Байкальский регион, а также с ослаблением адвекции холода на высотах, определяющей развитие подвижного циклогенеза над Байкалом.

В целом снижение поверхностного стока воды в оз. Байкал и водности р. Селенги — его главного притока — в летние месяцы 1996–2016 гг. совпадает с ростом атмосферного давления у поверхности Земли и повышением геопотенциальных высот на уровне средней тропосферы в районе образования южных (монгольских) циклонов. Кроме того, межгодовая изменчивость этих показателей

характеризуется близкими по продолжительности циклами. Все это свидетельствует об определенной перестройке волновых процессов на территории Евразии в летние месяцы, выражающейся в смещении блокирующих процессов на восток и формированием продолжительных периодов сохранения сухой и теплой воздушной массы над Монголией и Байкальским регионом.

Для более предметного суждения о соотношении циркуляционных условий и поверхностного стока в бассейне оз. Байкал целесообразно расширение набора региональных климатических индексов, а также постановка специальных исследований испарения, необходимых для количественной оценки его повышения в условиях потепления.

Работа выполнена в рамках госзадания (тема № 0345–2019–0008).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Yuan Y., Zeng G., Liang J., Huang L., Hua S., Li F., Zhu Y., Wu H., Liu J., He X. Variation of water level in Dongting Lake over a 50-Year period: implications for impacts of anthropogenic and climatic factors // Journ. of Hydrology. — 2015. — Vol. 525. — P. 450–456.
2. Brooks W.R., Newbold S.C. An updated biodiversity nonuse value function for use in climate change integrated assessment models // Ecological Economics. — 2014. — Vol. 105. — P. 342–349.
3. Rashki A., Kaskaoutis D.G., Kahn R.A. Development and prospect of wetland science in China // Advance in Earth Sciences. — 2013. — Vol. 15 (6). — P. 665–672.
4. Liu D.W., Abuduwaili J., Lei J.Q., Wu G.Y. Deposition rate and chemical composition of the aeolian dust from a bare saline playa, Ebinur Lake, Xinjiang, China // Water Air Soil Pollut. — 2011. — Vol. 218. — P. 175–184.
5. Rashki A., Arjmand M., Kaskaoutis D.G. Assessment of dust activity and dust-plume pathways over Jazmurian Basin, southeast Iran // Aeolian Research. — 2017. — Vol. 24. — P. 145–160.
6. Climate Change 2001. The Scientific Basis. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the IPCC. Summary for Policymakers and Technical Summary [Электронный ресурс]. — <http://www.acrim.com/%5C/Reference%20Files/CLIMATECHANGE%202001%20%20The%20Scientific%20Basis.pdf> (дата обращения 14.06.2018).
7. Израэль Ю.А., Груза Г.В. Изменения глобального климата. Роль антропогенных воздействий // Метеорология и гидрология. — 2001. — № 5. — С. 5–21.
8. Кабанов М.В., Лысков В.Н. Мониторинг и моделирование природно-климатических изменений в Сибири // Оптика атмосферы и океана. — 2006. — Т. 19, № 9. — С. 753–764.
9. Синюкович В.Н., Сизова Л.Н., Шимараев М.Н., Курбатова Н.Н. Особенности современных изменений притока воды в озеро Байкал // География и природ. ресурсы. — 2013. — № 4. — С. 57–63.
10. Thompson D.W.J., Lee S., Baldwin M.P. Atmospheric processes governing the Northern hemisphere Annular Mode // Climate Significance and Environmental Impact. — 2002. — Vol. 134. — P. 1–31.
11. Krichak S.O., Alpert P. Decadal trends in the East Atlantic — West Russia pattern and Mediterranean precipitation // Int. Journ. Climatol. — 2005. — Vol. 25. — P. 183–192.
12. Kidston J., Renwick J.A. Hemispheric-scale seasonality of the Southern Annular Mode and impacts on the climate of New Zealand // Journ. Climate. — 2009. — Vol. 22. — P. 4759–4770.
13. Шимараев М.Н., Старыгина Л.Н. Зональная циркуляция атмосферы, климат и гидрологические процессы на Байкале (1968–2007 гг.) // География и природ. ресурсы. — 2010. — № 3. — С. 62–68.
14. Лощенко К.А. Региональные особенности синоптических процессов на территории Иркутской области в 2000–2013 гг. // Изв. Ирк. ун-та. Сер. Науки о Земле. — 2015. — Т. 11. — С. 43–54.
15. Бережных Т.В., Марченко О.Ю., Абасов Н.В., Мордвинов В.И. Изменение летней циркуляции атмосферы над Восточной Азией и формирование длительных маловодных периодов в бассейне реки Селенги // География и природ. ресурсы. — 2012. — № 3. — С. 61–68.
16. Антохина О.Ю., Антохин П.Н., Девятова Е.В., Мордвинов В.И. Основные режимы выпадения осадков на юге Восточной Сибири и в Монголии в июле // Оптика атмосферы и океана. — 2018. — Т. 31, № 6. — С. 443–450.
17. Бирюкова Е.В. Ландшафтно-экологический анализ трансграничных геосистем Байкальского региона (Селенгинский район): Автореф. дис. ... канд. геогр. наук. — Иркутск: Изд-во Ин-та географии СО РАН, 2001. — 18 с.
18. Сутырина Е.Н. Изменчивость климатических факторов формирования стока рек водосборного бассейна оз. Байкал // Современные тенденции и перспективы развития гидрометеорологии в России. — Иркутск: Изд-во Ирк. ун-та, 2018. — С. 334–339.

Поступила в редакцию 04.10.2018

После доработки 21.11.2018

Принята к публикации 02.04.2019