

**ОСОБЕННОСТИ
КЛИМАТИЧЕСКИХ РЕЖИМОВ
В СЕВЕРНОЙ ЧАСТИ
АЗИАТСКО-ТИХООКЕАНСКОГО
РЕГИОНА**

***В.И. Пономарев, Е.В. Дмитриева,
С.П. Шкорба***

Тихоокеанский океанологический
институт им. В.И. Ильичева ДВО РАН
г. Владивосток, Балтийская, 43
E-mail.ru: pvi711@yandex.ru

Показано изменение климатического режима в начале 21 века в Азиатско-Тихоокеанском регионе. Положительные аномалии приземного атмосферного давления с максимумом зимой в субтропических районах Тихого океана и с максимумом летом в Монголии и Сибири. В районе озера Байкал отмечается дефицит летних осадков, достигший максимума летом 2015 г.

Введение. При анализе данных инструментальных наблюдений за последние 100 – 160 лет, а также колец деревьев за 200 – 250 лет выделяется колебание климата квазиполувекового масштаба с периодом 50 – 70 лет [1 – 3]. Такие колебания обнаружены в северной части Тихого океана, на севере Американского континента [2, 3] и в Арктике [1], где фазы этого колебания, многолетние периоды потепления или похолодания примерно совпадают. В современной интерпретации квазиполувековых колебаний климата, чередующихся аномалий с масштабами от 25 до 35 лет часто используется понятие климатического режима. В работе [4] выделены климатические режимы аналогичного временного масштаба в Северной Атлантике. Эти режимы определяются при построении фазовых траекторий в декартовой системе координат, по одной оси которой откладывается разность приземного атмосферного давления в центрах действия атмосферы – Исландском минимуме давления и Азорском максимуме, а по другой оси – температура поверхности океана в районе этих же центров действия атмосферы. В северной части Тихого океана выделить климатические режимы

в терминах аналогичных по смыслу фазовых траекторий не удастся. Таким образом, наряду с трендами потепления в приземном слое атмосферы и верхнем слое океана за период инструментальных метеорологических и океанографических наблюдений (за последние 150, 100 и 50 – 60 лет) существенный вклад в региональные аномалии погоды и климата вносят многолетние и межгодовые колебания атмосферной и океанической циркуляции, потоков тепла между океаном и атмосферой и остальных характеристик этой взаимодействующей системы. Амплитуда региональных климатических колебаний, как правило, значительно превышает величину приращения линейного тренда конкретных параметров системы океан – ледяной покров – атмосфера. Наиболее важными физическими параметрами системы являются приземная температура воздуха, атмосферное давление, скорость ветра, облачность, осадки, речной сток, температура, соленость, тепловой и солевой балансы поверхности океана, скорость течения, характеристики ледяного покрова, переносы тепла в океане и атмосфере.

В большинстве из этих параметров можно выделить межгодовые и многолетние колебания с масштабами около 2–3 лет, 4–7 лет, 8–16 лет, 18–26 лет, 27–35 лет, которые могут иметь различные амплитуды и противоположные фазы в различных районах Земного шара, как например, интердекадные колебания в районе водосбора озера Байкал и субарктических районах Дальнего Востока, а также в Охотском и Японском морях и северо-восточной части Тихого океана, прилегающей к заливу Аляска [5]. Аномалии температуры воздуха, поверхности воды в Охотском, Японском морях и северо-западной части Тихого океана, обусловленные сопутствующим сигналом Эль Ниньо (колебания с периодом 3–7 лет), отрицательны в зимний и летний сезоны и имеют противоположный знак в этих морях по отношению к аномалиям температуры в районе залива Аляска [6]. На Дальнем Востоке России в период сильных и продолжительных Эль Ниньо усиливается зимний муссон Северо-Восточной Азии и ослабевает летний [7]. Ослабление летнего дальне-

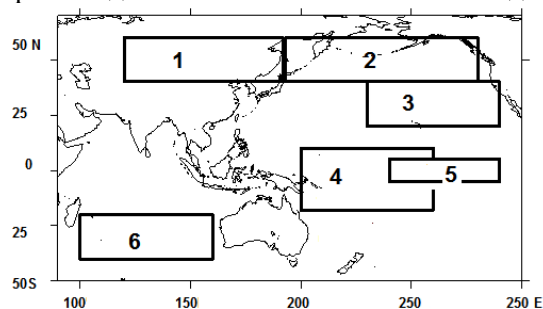
восточного муссона (ветер юго-восточного румба), несущего влажный воздух и осадки, приводит к уменьшению уровня Артемовского водохранилища под Владивостоком [7].

Из множества параметров, характеризующих разномасштабные региональные климатические изменения в умеренных широтах Азиатско-Тихоокеанского региона (АТР), в данной работе рассматриваются приземная температура воздуха, атмосферное давление, осадки, речной сток, тепловой баланс поверхности АТР. Использовались данные метеорологического реанализа NCEP NCAR с 1948 по 2015 гг. Для выделения многолетних климатических режимов в АТР рассматриваются особенности многолетнего изменения контрастов не только температуры поверхности океана и приземного атмосферного давления, но также результирующего потока тепла (Q) на поверхности океана и суши. Рассчитываются временные ряды разностей между значениями Q в Азии умеренных широт, районах Тихого, Индийского океанов разных широтных зон (рис.1). Контраст между материком и океаном обуславливает интенсивность Азиатско-Тихоокеанской муссонной системы и меридиональный обмен теплом, соответствующий определенным типам циркуляции атмосферы в АТР. Контраст между осредненными вдоль круга широты значениями приземного давления, температуры воздуха в зональных поясах высоких и умеренных широт определяет интенсивность зональной циркуляции атмосферы и циркумполярного вихря.

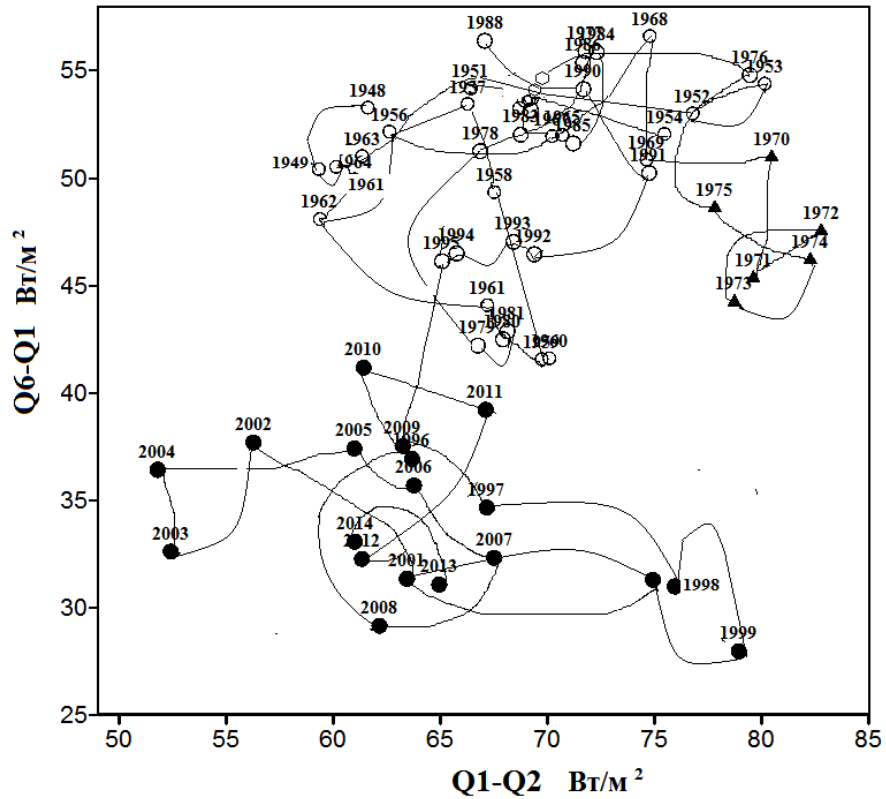
В результате за период наблюдений с 1948 по 2014 гг. в АТР по контрастам Q и приземного атмосферного давления

выделены три климатических режима 50-х – 60 лет, начала 70-х – середины 90-х лет и с конца 90-х – начала 2000-х по настоящее время. На рис. 2 показаны изменения климатического режима с начала 21 века в АТР в терминах разностей результирующих потолков тепла Q между районами Сибири, Индийского океана и в субарктической зоны Тихого океана в зимний гидрологический сезон (январь – март). С конца 90-х – начала 2000-х наблюдаются уменьшение абсолютных величин разностей между Q в этих районах за счет уменьшения теплоотдачи океана в атмосферу в субарктике Тихого океана и Сибири, а также уменьшения потока тепла от поверхности в нижележащие слои Индийского океана. На рис. 3 представлен результат классификации 18 временных рядов (1948 – 2015 гг.) разностей потока тепла Q , а также приземного атмосферного давления (SLP) в зимний гидрологический сезон между их значениями в выделенных на рис. 1 крупномасштабных областях. Классификация производилась методом кластерного анализа по трем признакам – первым трем главным компонентам разложения на ЭОФ множества отмеченных разностей.

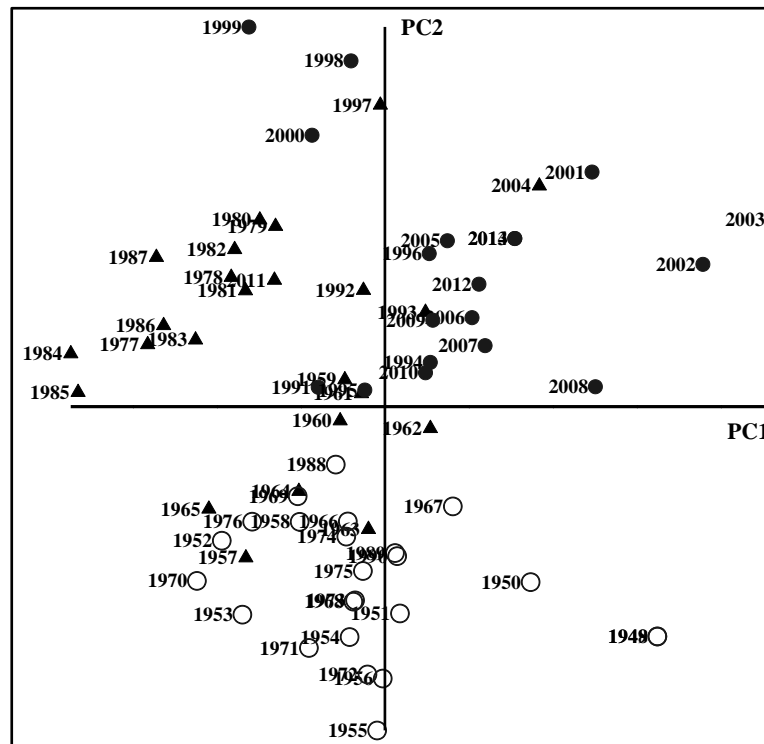
Современный климатический режим конца 20-го – начала 21-го веков в континентальных районах центральной и восточной Сибири, в Монголии, включающих бассейны водосбора Братского и Иркутского водохранилищ, озера Байкал, реки Селенга на территориях России и Монголии, существенно отличается от предшествующего. Он характеризуется, ростом приземного давления, летним потеплением и уменьшением летних осадков (рис. 4, б, рис. 5, б).



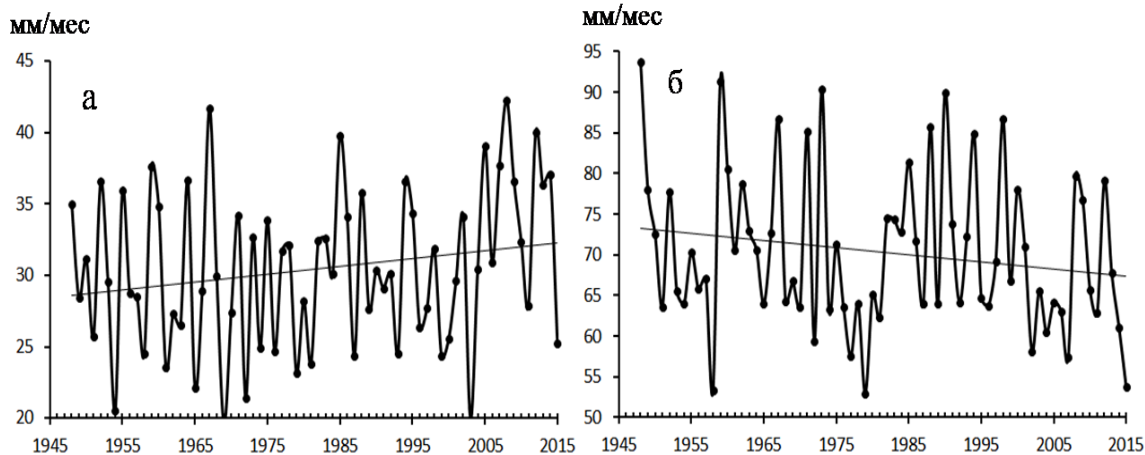
Р и с. 1. Схема расположения районов осреднения: 1 – зона умеренных широт Азии; 2 – субарктическая зона ТО; 3 – восточная субтропическая зона ТО; 4 – западная экваториальная зона ТО; 5 – район Эль Ниньо (NINO 3-4); 6 – южная зона Индийского океана



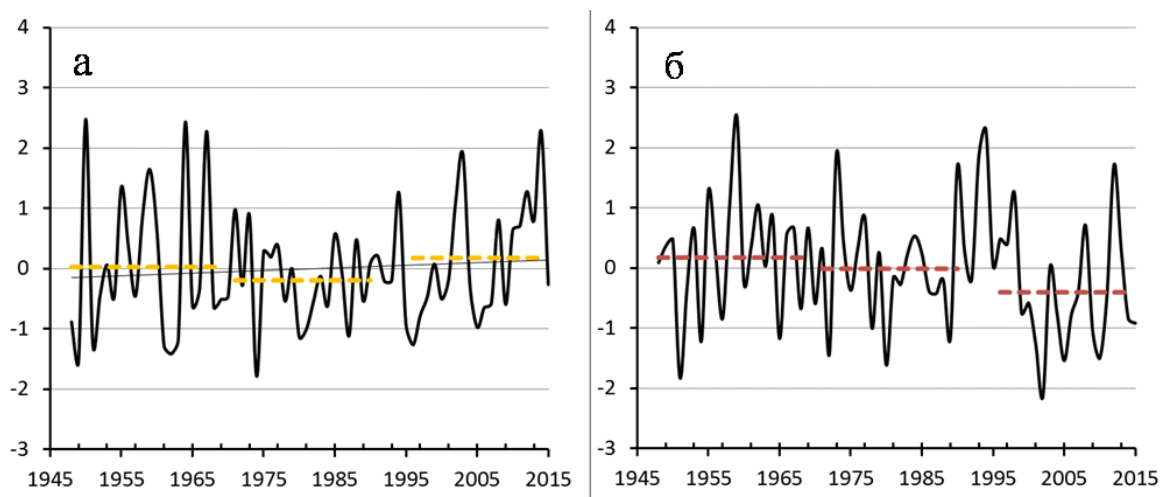
Р и с. 2. Фазовые траектории разностей результирующего потока тепла (Q , Вт/м²), между Q6 – в южной зоне Индийского океана и Q1 – в умеренных широтах Азии (ось Y), между Q1 и Q2 – в субарктической зоне Тихого океана (ось X) для зимнего гидрологического сезона. Районы 1 – 6 показаны на рис. 1



Р и с. 3. Диаграмма первых двух главных компонент разложения на ЭОФ временных рядов зимних разностей SLP, Q между их значениями в различных районах (рис. 1) и кластеры множества разностей, выделенные различными символами



Р и с. 4. Временные ряды (с 1948 по 2015 гг.) сезонных осадков (мм/мес.) гидрологической весной (а), календарным летом (б) в бассейнах водосбора оз. Байкал, Иркутского и Братского водохранилищ Ангарского каскада ГЭС ($46^{\circ} - 57^{\circ}$ с.ш., $97^{\circ} - 114^{\circ}$ в.д.)



Р и с. 5. Временные ряды (с 1948 по 2015 гг.) нормализованных аномалий сезонных сумм осадков гидрологической весной (а) и календарным летом (б) в Монголии ($40^{\circ} - 50^{\circ}$ с.ш., $100^{\circ} - 110^{\circ}$ в.д.), включающей значительную часть бассейна водосбора реки Селенга

Закономерности изменения ледово-термических процессов, гидрологических циклов и изменения уровня озера Байкал исследовались в работах [8 – 11]. Выделены полноводные и маловодные многолетние периоды в бассейне водосбора озера Байкал и реки Селенга [8], в том числе современный маловодный период до 2012 г. Определены региональные причины и физические механизмы экстремального наводнения на реке Амур [12, 13] и реках Приморья [14]. Наряду с региональными аномалиями важно определить их дальние связи с предшествующими и сопутствующими крупномасштабными аномалиями в сис-

теме океан – атмосфера в различных широтных зонах АТР, чему посвящена данная работа.

В среднем многолетнем годовом ходе наименьшие сезонные суммы осадков в бассейне озера Байкал, в Сибири и на Дальнем Востоке наблюдаются зимой, а наибольшие летом в июле – августе. На Байкале и в Сибири осадки, как правило, достигают максимума в июле в период высокой повторяемости циклонов, а на Дальнем Востоке – в августе в период прохождения тайфунов. Значительный дефицит осадков в теплый период года, особенно в июле, августе в бассейнах водосбора озера Байкал, Иркутского,

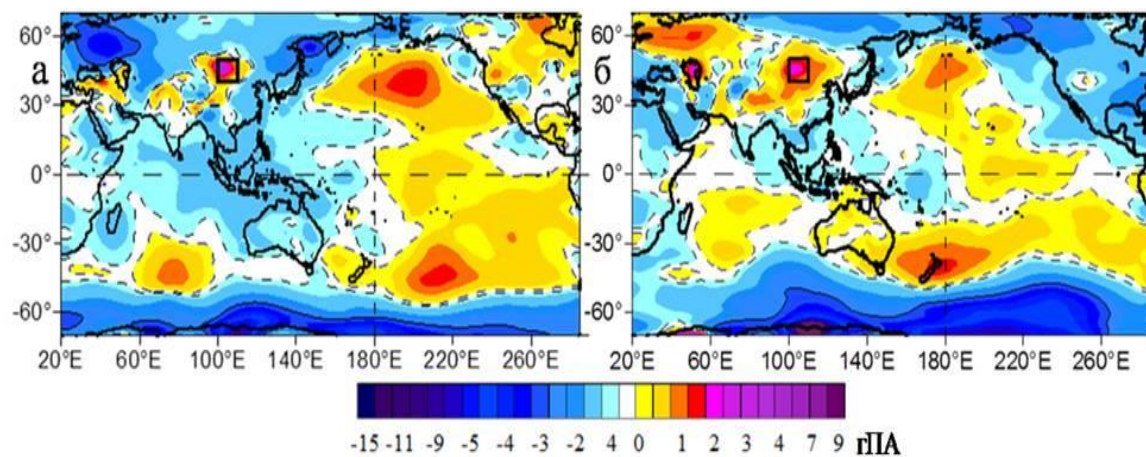
Братского водохранилищ (рис. 4), в Монголии (рис. 5), как и в других районах умеренных широт Азии, обуславливает продолжительные маловодья и засухи. На рис. 4, б и рис. 5, б показано уменьшение летних осадков в среднем за последние 18 лет (с 1997 по 2015 гг.) в районах, включающих бассейны водосбора Иркутского, Братского водохранилищ, оз. Байкал, р. Селенга ($46^{\circ} - 57^{\circ}$ с.ш., $97^{\circ} - 114^{\circ}$ в.д.), а также в Монголии и приграничных районах Китая ($40^{\circ} - 50^{\circ}$ с.ш., $100^{\circ} - 110^{\circ}$ в.д.). Отрицательные аномалии осадков наряду с антропогенными факторами приводили к уменьшению стока реки Селенга в последние 18 лет. Сток р. Селенга составляет 50% от общего стока в Байкал и во многом определяет режим уровня озера. Поэтому дефицит осадков в бассейнах водосбора озера Байкал, реки Селенга и уменьшение расхода этой реки во многом объясняет затянувшееся маловодье в бассейне озера Байкал [8].

На рис. 4 и рис. 5 видна также значительная межгодовая изменчивость осадков в этом районе, характерная для всего периода наблюдений. За последние 30 лет в бассейнах водосбора озера Байкал, Иркутского, Братского водохранилищ (рис. 4) экстремальное уменьшение осадков летом наблюдалось в 2015 г., а гидрологической весной (апрель – июнь)

– в 2003 и 2015 гг., т.е. в годы продолжительных Эль Ниньо, начинавшихся гидрологической весной. В эти же годы наряду с 2005 и 2011 и 2014 гг. отмечаются отрицательные аномалии летних и весенних осадков на территории Монголии и приграничных районов Китая (рис. 5), где суммы осадков существенно меньше, чем в бассейне водосбора оз. Байкал.

Наряду с экстремальным дефицитом осадков летом 2015 г. и отрицательной аномалией осадков в весенний сезон в Байкальском регионе, в Бурятии наблюдались сильные пожары и положительная аномалия приземной температуры воздуха, что привело к значительному увеличению испарения в бассейне водосбора реки Селенга и озера Байкал. Не исключено и антропогенное влияние хозяйственной деятельности в бассейне водосбора этой реки на территории Монголии и Бурятии, вызванное добычей полезных ископаемых и вырубкой лесов, играющих защитную для бассейна водосбора роль при дефиците осадков.

На рис. 6 показаны области увеличения (красный и желтый цвет) и уменьшения (голубой и синий цвет) приземного атмосферного давления в зимний и летний сезоны в многолетний период с 1996 по 2014 гг. по сравнению с периодом 1971 – 1991 гг.



Р и с. 6. Разность между средними полями приземного атмосферного давления (гПА) в современный (1996 – 2014 гг.) и предшествующий (1971 – 1991 гг.) климатические режимы для гидрологического (январь – март) зимнего (а) и календарного летнего (б) сезонов

В зимний (рис. 6, *a*), и летний (рис. 6, *б*) сезоны северного полушария рост атмосферного давления, наиболее выраженный зимой, происходит в центральных внетропических районах Тихого океана и в южной части Индийского океана. Увеличение давления зимой происходит в Монголии и приграничных районах Китая ($40^{\circ} - 50^{\circ}$ с.ш., $100^{\circ} - 110^{\circ}$ в.д., выделено рамкой), в том числе в бассейне водосбора реки Селенга. Летом положительная аномалия приземного давления охватывает Северную Европу и континентальную часть Азии средних и умеренных широт, в том числе бассейны водосбора озера Байкал и водохранилищ Ангарского каскада ГЭС.

Уменьшение давления, связанное с усилением циклонической активности, характерно для пограничной зоны океан – суша, в том числе в Восточной Арктике, на Дальнем востоке, в Юго-Восточной Азии и у берегов Антарктиды.

В результате смены климатического режима в конце 20-го – начале 21 веков в западной субарктике и субтропиках Тихого океана в последние 16 лет увеличилась повторяемость сильных штормов и экстремальных осадков, обуславливающих катастрофические наводнения на Дальнем Востоке и севере Китая.

Климатический тренд предшествующих десятилетий прошлого века в умеренных широтах АТР, сопутствующий глобальному потеплению, указывал на увеличение зимней температуры воздуха и увеличение годовых сумм атмосферных осадков в умеренных широтах Азии. Увеличение летней приземной температуры воздуха и уменьшение осадков в последние два десятилетия также указывает на смену климатического режима в конце 20-го – начале 21 века.

При смене климатического режима изменяются амплитуды межгодовых колебаний регионального климата в умеренных широтах АТР и Северной Евразии. Изменяются дальние связи

между дипольными структурами центров действия атмосферы в Северной Атлантике, Тихом и Индийском океанах, а также на континентах, например, в зоне действия Сибирского (Монгольского) антициклона. Для дальнейших исследований необходимо развитие глобальной и региональной системы наблюдений на суше и в океане, в частности метеорологических, гидрологических и океанографических наблюдений. Научные знания об изменениях климата позволяет ставить вопросы об учете этих изменений при проектировании крупных ГЭС [9] на Амуре и на Селенге на территории Монголии [9, 15].

Заключение. На основе анализа временных рядов данных гидрометеорологических наблюдений показана смена климатического режима на рубеже 20 и 21 веков в Азиатско-Тихоокеанском регионе и Индийском океане. Характерными особенностями современного климатического режима являются уменьшение приземного атмосферного давления в Юго-Восточной Азии, Южном океане, восточных Арктических морях, окраинных районах Индийского и Тихого океанов. Увеличилось количество сильных тайфунов в юго-западной тихоокеанской окраинной зоне, а также сильных циклонов и штормов в северо-западной части Тихого океана.

Положительные аномалии приземного атмосферного давления, максимальные зимой, наблюдаются в центральных внетропических районах Тихого океана и на юге Индийского океана. Увеличение приземного давления, сопровождающиеся дефицитом осадков и потеплением в летний сезон, хорошо выражено в бассейне водосбора озера Байкал. Для прогноза дефицита осадков и лесных пожаров [16], подобных пожарам 2015г., необходима надежная совокупность предикторов, некоторыми из которых могут служить, крупномасштабные аномалии в холодный период года в Тихом, Индийском океанах и Арктике.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ 15-05-03805 и проекта Дальний Восток 15-1-1-047о.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *О характере и причинах изменений климата Земли* / З.М. Гудкович, В.П. Карклин, В.М. Смоляницкий [и др.] // Проблемы Арктики и Антарктики. – 2009. – Том 1. 81. – N1. – С.15–23.
2. *50–70 year climatic oscillation over the North Pacific and North America* / S.A. Minobe // Geoph. Res. Lett. – 1997. – V. 24. – P. 683–686.
3. *Resonance in bidecadal and pentadecadal climate correlations over the North Pacific: role in climatic regimes shifts* / S. Minobe // Geoph. Res. Letters. – 1999. – V. 26. – P. 855–858.
4. *О фазовой изменчивости некоторых характеристик современного климата в регионе Северной Атлантики* / В.И. Бышев, В.Г. Нейман, Ю.А. Романов [и др.] // ДАН. – 2011. – Т. 438. – № 6. – С. 817–822.
5. *Long wave of interdecadal oscillation in moderate latitudes of the Asian Pacific* / S.P. Shkorba, V.I. Ponomarev, E.V. Dmitrieva [and cet.] // Presentations 2nd PICES/ ICES/IOC Int. Symp. "Effects of Climate Change on the World's Oceans". May 14–18, 2012. Yeosu, Korea. <http://pices.int/publications/presentations>. Climate - Change/S1/Day2-1215.
6. *The ENSO signal in the Northwest Pacific* / V.I. Ponomarev, O.O. Trusenkova, S.T. Trousenkov [and cet.] // PICES Scientific Report N 10. Sidney, Canada, 1999. – P. 9–31.
7. *Роль глобальной атмосферной осцилляции в формировании климатических аномалий Дальневосточного региона России* / В.И. Бышев, В.Г. Нейман, Ю.А. Романов [и др.] // ДАН. – 2014. – Т. 458. – № 1. – С. 92–96.
8. *Изменение летней циркуляции атмосферы над восточной Азией и формирование длительных мало-водных периодов в бассейне реки Селенга* / Т.В. Бережных, О.Ю. Марченко, Н.В. Абасов [и др.] // География и природные ресурсы. – 2012. – № 3. – С. 61–68.
9. *Современные проблемы и будущее гидроэнергетики Сибири* / В.А. Савельев. – Новосибирск: Наука. Сибирская издательская фирма РАН. – 2000. – 200 с.
10. *Циркуляция атмосферы, климат и ледово-термические процессы на Байкале в последние 60 лет* / Л.Н. Сизова, Л.Н. Куимова, М.Н. Шимараев // География и природные ресурсы, 2013. – № 2. – С. 74–82.
11. *Реконструкция естественного уровня режима озера Байкал после строительства Иркутской ГЭС* / В.Н. Синюкович // Метеорология и гидрология, НИЦ «Планета». – 2005. – № 7. – С. 70–76.
12. *Атмосферная циркуляция над Дальним Востоком в 2013 г. при экстремальном наводнении в бассейне Амура* / Л.И. Мезенцева, О.В. Соколов, Н.И. Друзь // Известия ТИНРО. – 2015. – Т. 180. – С. 261–272.
13. *Анализ водного режима Амура за период до катастрофического наводнения в 2013 г.* / Г.В. Соколова // Метеорология и гидрология, 2015. – № 7. – С. 66–69.
14. *Условия формирования экстремально высокой водности рек Приморья в осенне-зимний период 2012 года* / Б.И. Гарцман, Л.И. Мезенцева, Т.С. Меновщикова [и др.] // Метеорология и гидрология, 2014. – № 4. – С. 77–92.
15. *Эколого-правовые аспекты климатической адаптации плотинных ГЭС* / С.Г. Шапхаев. – Saarbrücken: Lambert Academic Publishing, 2015. – 86 с.
16. *Прогноз поведения лесных пожаров* / А.В. Волокитина, М.А. Софронов, М.А. Корец [и др.]. – Красноярск: Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, 2010. – 211с.