

Гидрология

Лисина И.А., Василевская Л.Н., Василевский Д.Н., Подвербная Е.Н., Агеева С.В.

УДК 551.589+556.535

DOI: 10.17072/2079-7877-2020-3-98-112

АНАЛИЗ ГИДРОЛОГИЧЕСКОГО РЕЖИМА И СВЯЗЕЙ ЛЕТНЕ-ОСЕННЕГО СТОКА НИЖНЕГО АМУРА С ЦИРКУЛЯЦИОННЫМИ ИНДЕКСАМИ**Ирина Альбертовна Лисина**

SPIN-код: 5852-7194

e-mail: irlisina@mail.ru

*Дальневосточный федеральный университет, Владивосток***Любовь Николаевна Василевская**

SPIN-код: 7271-1037

e-mail: lubavass@mail.ru

*Дальневосточный федеральный университет, Владивосток***Денис Николаевич Василевский**

SPIN-код: 3324-0782

e-mail: dwassil@mail.ru

*Российский научно-исследовательский институт комплексного использования и охраны водных ресурсов, Владивосток***Екатерина Николаевна Подвербная**

e-mail: kat_k2007@mail.ru

*Дальневосточное управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды, Хабаровск***Светлана Владимировна Агеева**

SPIN-код: 9117-6477

e-mail: sv-ageeva@mail.ru

Дальневосточное управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды, Хабаровск

Долгосрочное прогнозирование паводочного стока в нижнем течении Амура является актуальной задачей современного гидрометеорологического обслуживания отраслей экономики. В статье проведен анализ зависимостей объемов стока в трех створах Нижнего Амура с количеством атмосферных осадков (на 10 репрезентативных метеорологических станциях за период 1950–2015 гг.) и индексами атмосферной циркуляции (9 климатических и 8 региональных) на уровне 95% значимости. Значительное внимание уделено поиску предикторов формирования паводочного (летне-осеннего) стока. Рассмотрены гидрологический режим и динамика стока в створах нижней части бассейна Амура (с 1897 до 2018 г.). На основе корреляционных матриц дан анализ влияния атмосферной циркуляции и осадков на речной сток. Оценка многолетней динамики объемов стока показала снижение как годовой водности, так и водности теплого периода года на фоне отрицательного тренда атмосферных осадков. Для региональных индексов (по сравнению с климатическими) получено наибольшее количество значимых асинхронных связей между объемом стока и состоянием атмосферной циркуляции с заблаговременностью от 1 до 5 месяцев. Результаты исследования будут использованы в дальнейшем при разработке уравнений для долгосрочного прогноза паводочного стока.

Ключевые слова: корреляционный анализ, индексы атмосферной циркуляции, объем речного стока, Нижний Амур.

THE LOWER AMUR RIVER HYDROLOGICAL REGIME AND RELATIONS BETWEEN THE SUMMER-AUTUMN RUNOFF AND CIRCULATION INDICES**Irina A. Lisina**

SPIN-код: 5852-7194

e-mail: irlisina@mail.ru

Far Eastern Federal University, Vladivostok

© Лисина И.А., Василевская Л.Н., Василевский Д.Н., Подвербная Е.Н., Агеева С.В., 2020



Гидрология

Лисина И.А., Василевская Л.Н., Василевский Д.Н., Подвербная Е.Н., Агеева С.В.

Lubov N. Vasilevskaya

SPIN-код: 7271-1037

e-mail: lubavass@mail.ru

*Far Eastern Federal University, Vladivostok***Denis N. Vasilevsky**

SPIN-код: 3324-0782

e-mail: dwassil@mail.ru

*Russian Research Institute for the Integrated Use and Protection of Water Resources, Vladivostok***Ekaterina N. Podverbnaya**

e-mail: kat_k2007@mail.ru

*Far East Department of Hydrometeorology and Environmental Monitoring, Khabarovsk***Svetlana V. Ageeva**

e-mail: sv-ageeva@mail.ru

Far East Department of Hydrometeorology and Environmental Monitoring, Khabarovsk

Long-term forecasting of flood flow in the lower reaches of the Amur is an urgent task of modern hydrometeorology serving the needs of economic sectors. The article analyzes the dependences between the runoff volumes in three sections of the Lower Amur and the amount of precipitation (at 10 representative weather stations for the period 1950–2015) as well as atmospheric circulation indices (9 climatic and 8 regional) at the 95% significance level. Considerable attention is paid to the search for predictors of the flood runoff formation (summer-autumn period). For this, the hydrological regime and flow dynamics in the sections of the lower part of the Amur basin (from 1897 to 2018) are considered. Based on the correlation matrices, the effect of atmospheric circulation and precipitation on the river runoff is analyzed. An assessment of the long-term dynamics of runoff volumes showed a decrease in both annual water content and water content in the warm period of the year against the background of a negative trend of precipitation. For regional indices (compared with climatic ones), the largest number of significant asynchronous relationships between the runoff volume and the state of atmospheric circulation was obtained with a lead time of 1 to 5 months. The results of the study will be further used to develop equations for long-term forecasting of flood flow.

Key words: correlation analysis, atmospheric circulation indices, river flow volume, Lower Amur.

Введение

Проблема разработки долгосрочных прогнозов стока в нижнем течении Амура, являясь одной из наиболее сложных в гидрологии, еще не получила удовлетворительного практического решения. Гидрометцентром России и НИЦ «Планета» для контроля за гидрологической обстановкой в бассейне Амура создана система мониторинга, краткосрочного прогнозирования и оповещения о наводнениях «ГИС Амур». Эта система основана на данных наблюдений метеостанций и гидрометрических постов, спутниковой информации, расчетах и прогнозах гидрологических ситуаций [4; 15].

При разработке синоптического метода долгосрочного прогноза основной задачей является определение атмосферных процессов, предвещающих формирование аномалий речного стока. В связи с этим целью настоящей работы является установление прогностических зависимостей стока с индексами, характеризующими эти атмосферные процессы. Для достижения поставленной цели исследовались особенности режима и динамики стока на гидрологических створах; производилась оценка связей между речным стоком, атмосферными осадками и состоянием атмосферной циркуляции над различными районами Северного полушария и регионами, обеспечивающими поступление влаги в бассейн Амура.

Гидрология

Лисина И.А., Василевская Л.Н., Василевский Д.Н., Подвербная Е.Н., Агеева С.В.

Исходные данные и методы исследования

Гидрологический режим нижнего Амура оценивался по материалам наблюдений за расходами воды на трех гидрометрических створах: Хабаровск (1897–2018 гг.), Комсомольск-на-Амуре (1933–2018 гг.) и Богородское (1963–2018 гг.). Данные о среднемесячных расходах воды пересчитаны в объемы стока. Стандартная статистическая обработка выполнена по каждой выборке, ее результаты представлены в табл. 1.

Приведенные в табл. 1 статистические параметры по стоку в трех рассматриваемых створах р. Амур свидетельствуют о большой разнице между максимальными и минимальными значениями его объемов при сравнительно низкой величине коэффициентов вариации (0,20–0,23). Экстремально маловодный 2008 г. является «замыкающим» годом маловодного периода цикла, а 2013 г. находится на ветви многоводного периода (это прослеживается по разностным интегральным кривым, приведенным в этой статье). Водность лет оценивалась относительно нормы (более 110% нормы – многоводные годы, менее 90% – маловодные [1]).

Для выявления корреляционных связей стока с атмосферными осадками привлекались наблюдения на метеорологических станциях, находящихся по исследованиям [2] в паводковых очагах, формирующих наводнения в нижнем течении Амура. Авторами было выделено пять таких очагов, в которых наблюдаются синхронные колебания средних сумм осадков за июль – август, а коэффициент корреляции между осадками на соседних станциях составляет около 0,7. Нами было выбрано 10 станций (рис. 1), относящихся к этим очагам. База месячных сумм осадков за 1950–2015 гг., с устраненными систематическими погрешностями осадкомерных приборов, взята с сайта ВНИИГМИ-МЦД [10].

Сток Амура является интегральной характеристикой природных процессов, происходящих над обширной территорией, включающей Азию и Тихий океан. К главному стокообразующему фактору относится атмосферная циркуляция, «управляющая» влагонесущими потоками. Поэтому метод долгосрочного прогноза объема паводка на Нижнем Амуре основан на использовании соотношений между величиной стока и набором показателей, отражающих состояние атмосферной циркуляции, способствующей увлажненности бассейна.

Таблица 1

Основные статистические параметры выборок объемов стока
Main statistical parameters of the runoff volume samples

Гидрологический створ	Период исследований	F (км ²)	W_m (км ³)	σ (км ³)	C_v	W_{max} (км ³)	Год W_{max}	W_{min} (км ³)	Год W_{min}
Хабаровск	1897–2018	1630000	263	59,64	0,23	446	2013	131	2008
Комсомольск-на-Амуре	1933–2018	1730000	303	60,67	0,20	464	2013	165	2008
Богородское	1963–2018	1790000	332	65,06	0,20	570	2013	198	2008

Примечание: F – площадь водосбора, W_m – среднегодовое количество стока, σ – стандартное отклонение, C_v – коэффициент вариации годового объема стока, W_{max} – объем максимального стока, W_{min} – объем минимального стока.

В качестве расчетных соотношений рассматриваются физико-статистические связи. Основой для установления статистических связей между циркуляцией и объемами стока Нижнего Амура явились временные ряды индексов атмосферной циркуляции, которые служат количественной оценкой ее интенсивности и отражают типы макропроцессов над определенной территорией.

Гидрология

Лисина И.А., Василевская Л.Н., Василевский Д.Н., Подвербная Е.Н., Агеева С.В.

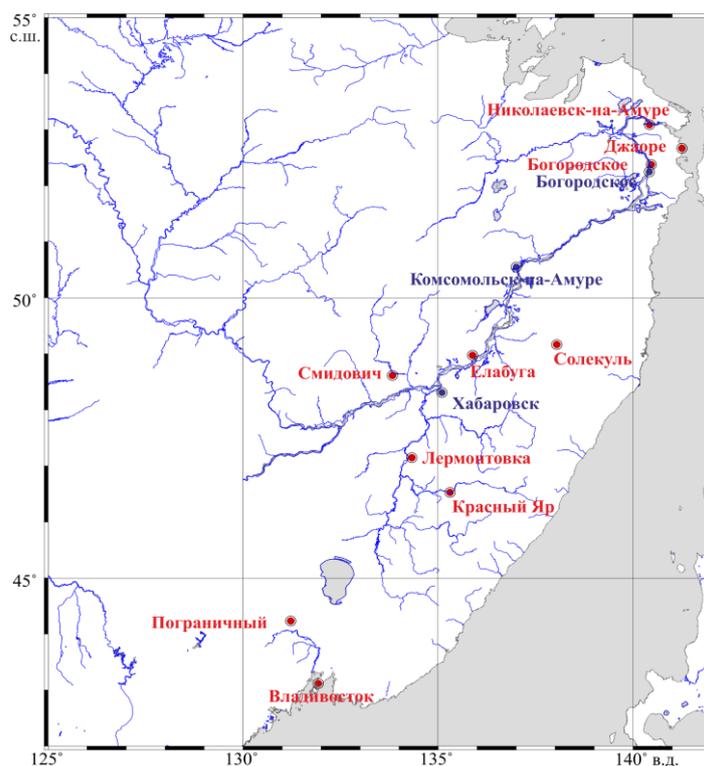


Рис. 1. Местоположение гидрологических створов (обозначены синим цветом) и метеорологических станций (обозначены красным цветом), использованных в работе
 Fig. 1. Location of hydrological stations (marked in blue) and meteorological stations (marked in red) used in the work

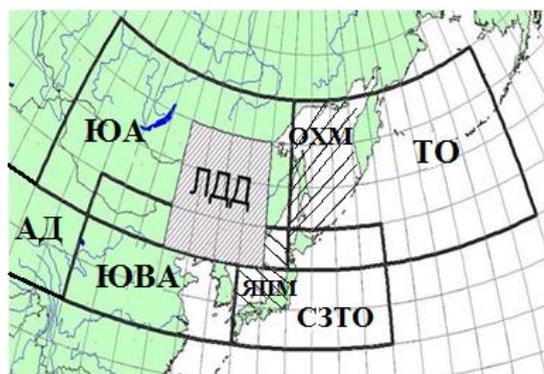


Рис. 2. Схема расположения районов для расчета индексов:

ЮА – регион Азии умеренных широт, ТО – Тихий океан, ОХМ – Охотское море, ЛДД – летняя дальневосточная депрессия, СЗТО – Северо-западная часть Тихого океана, ЯПМ – Японское море, АД – азиатская депрессия, ЮВА – регион юго-восточной Азии [16]

Fig. 2 Layout of districts for calculating indices:

ЮА – Asia's region of temperate latitudes, ТО - Pacific Ocean, ОХМ – Sea of Okhotsk, ЛДД – summer Far Eastern depression, СЗТО – Northwest Pacific Ocean, ЯПМ – Sea of Japan, АД – Asian depression, ЮВА – Southeast Asia region [16]

Для выбора информативных предикторов использовался ряд климатических индексов (AO, NAO, TNA, NP, SOI, PNA, PDO, WP), представленных на сайте Национального управления океанических и атмосферных исследований NOAA [9]. По этим общедоступным и известным индексам имеется достаточное количество публикаций [18–21]. Индекс зональной циркуляции в средней тропосфере Е.Н. Блиновой (ИЦБ) рассчитывается Гидрометцентром России.

Гидрология

Лисина И.А., Василевская Л.Н., Василевский Д.Н., Подвербная Е.Н., Агеева С.В.

Помимо этого привлекались региональные индексы, разработанные дальневосточными гидрометеорологами [17]. Эти индексы представляют собой среднее из нормированных в каждом узле сетки ($2,5 \times 2,5^\circ$) значений давления из архива реанализа среднемесячных полей NCEP/NCAR атмосферного давления на уровне моря над определенными районами Дальнего Востока. Схема районов для расчета индексов приведена на рис.2. Названия индексов отражают географическое расположение областей региональных центров действия атмосферы.

Для индекса ЮА – это регион Азии умеренных широт, для АД (азиатская депрессия) – южная часть Азии ($30-40^\circ$ с.ш., $85-100^\circ$ в.д.), для ЛДД (летняя дальневосточная депрессия) – бассейн Амура, для ЮВА – юго-восточная часть Азии ($30-45^\circ$ с.ш., $100-130^\circ$ в.д.), для ЯПМ и ОХМ – район Японского и Охотского морей, для ТО – северная часть Тихого океана ($40-60^\circ$ с.ш., 140° в.д.– 170° з.д.), для СЗТО – северо-западная часть Тихого океана.

Расчеты линейных трендов изменения объемов годового и сезонного стока производились с помощью обычного алгоритма линейной регрессии, основанного на методе наименьших квадратов. Статистическая устойчивость линейных трендов оценивалась по коэффициенту детерминации на уровне 95% значимости.

Значимость коэффициентов корреляции определялась по t-критерию Стьюдента на доверительном уровне 5%. Выбор значимых коэффициентов корреляции проводился как для синхронных, так и для асинхронных связей. Синхронные связи, в нашем случае, это зависимость речного стока текущего месяца от атмосферных осадков и индексов атмосферной циркуляции того же месяца. Асинхронные связи – зависимость водности Нижнего Амура от этих же параметров в предшествующие месяцы.

Результаты и их обсуждение

Многолетняя динамика изменения годовых объемов стока по створам Хабаровск и Комсомольск-на-Амуре указывает на тенденцию его снижения в течение рассматриваемых временных периодов. По створу Богородское наблюдается тенденция к увеличению стока, однако ряд наблюдений на этом створе наиболее короткий и имеет пропуски, поэтому результаты не могут считаться абсолютно достоверными. Причина снижения стока р. Амур, возможно, заключается в увеличении зарегулированности его крупных притоков (Зея, Бурей и Сунгари).

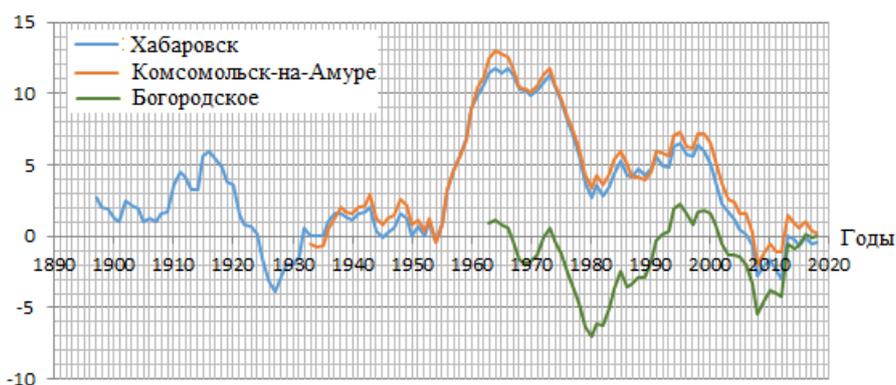


Рис. 3. Разностные интегральные кривые отклонения годовых величин объемов стока от среднемноголетнего значения

Fig. 3. Difference integral curves of the annual runoff volumes deviation from the mean long-term value

Разностные интегральные кривые отклонения модульных коэффициентов (K) годового стока от единицы позволяют определить цикл водности (1926–2008 гг.), который хорошо прослеживается (рис. 3) по самому продолжительному ряду наблюдений (створ Хабаровск). Длительность многоводной фазы составляет 39 лет ($K=1,4$), маловодной – 45 лет ($K=0,68$). По всей видимости, с 2009 г. на реке Амур началась многоводная фаза, что подтверждается данными

Гидрология

Лисина И.А., Василевская Л.Н., Василевский Д.Н., Подвербная Е.Н., Агеева С.В.

всех трех рассматриваемых створов и рядом публикаций [3]. Примечательно, что на многоводной ветви цикла в течение 20 лет (1933–1952 гг.) сток колебался около среднееголетнего своего значения, а на маловодной фазе в течение 16 лет (1984–2000 гг.) также наблюдался период относительно стабильного стока, что свидетельствует об устойчивости атмосферных процессов в бассейне Амура в эти периоды.

Таблица 2

Оценка водности рек относительно нормы
Assessment of the river water content relative to the norm

Гидрологический створ	Число лет		
	многоводных	средних	маловодных
Хабаровск	38	39	45
Комсомольск-на-Амуре	29	27	30
Богородское	16	22	18

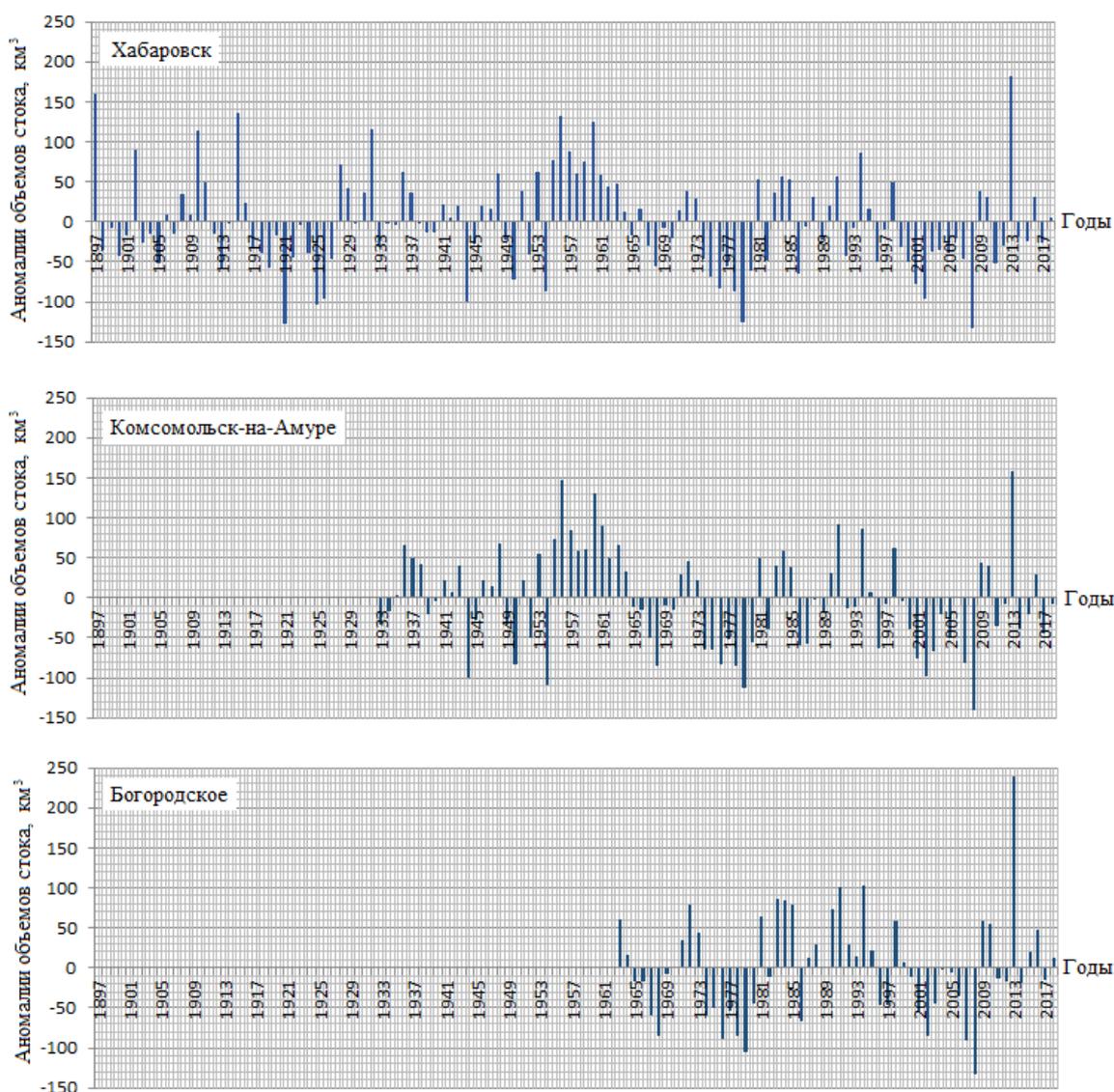


Рис. 4. Аномалии объемов стока за весь период гидрологических наблюдений
Fig. 4. Anomalies of runoff volumes for the entire period of hydrological observations

*Гидрология**Лисина И.А., Василевская Л.Н., Василевский Д.Н., Подвербная Е.Н., Агеева С.В.*

Изменение сезонного стока в многолетнем разрезе указывает на его рост в период низкого стока (ноябрь – апрель), т.е. в период ледовых явлений и ледостава (рис.5), что подтверждается статистически значимыми трендами. Исключение составляет Комсомольск-на-Амуре, по створу которого сток ноября устойчиво понижается. В теплую часть года (май – октябрь) наблюдается тенденция уменьшения объемов стока в течение исследуемого периода. Увеличение зимнего стока, опять же, свидетельствует о зарегулированности стока в бассейне Амура. Крупные водохранилища на реках Зея (1 водохранилище) и Буряя (2 водохранилища) были введены в эксплуатацию в 1980, 2009 и 2017 гг., соответственно.

Исследование многолетнего хода годового стока показывает незначительное увеличение объемов стока за период 1963–2018 гг. для приустьевых створов Богородское, что, скорее всего, обусловлено статистически устойчивым положительным трендом (12–26 мм/10 лет) в динамике годовых сумм осадков на близлежащих метеорологических станциях (Николаевск-на-Амуре, Джаоре и Богородское) за 1963–2015 гг. Тенденция изменения годовых сумм осадков за период 1950–2015 гг. на остальных метеорологических станциях рассматриваемой территории характеризуется отрицательным трендом, что отражается на снижении годовых объемов стока за этот же период на створах Хабаровск и Комсомольск-на-Амуре. Таким образом, прямая зависимость объемов стока от атмосферных осадков в бассейне Нижнего Амура очевидна и статистически подтверждается значимыми коэффициентами корреляции (0,36–0,57) между исследуемыми параметрами. Для оценки устойчивости связей произведен их детальный анализ по двум равнопериодным выборкам (1959–1985 и 1986–2015 гг.). Оказалось, что в целом теснота связи уменьшилась за последнюю половину периода (подобная картина характерна и для связей осадки – сток паводочного периода). К примеру, по связи осадки (Смидович) – сток (Хабаровск) коэффициент корреляции уменьшился с 0,67 до 0,42. Это указывает на значительное влияние на стокообразование антропогенного фактора (аккумулирующее влияние водохранилищ на реках Зея, Буряя, Сунгари).

Рассматривая каждую выборку на предмет оценки водности года, можно сказать, что количество многоводных, маловодных и средних по водности лет в ряду годовых величин практически одинаково (табл. 2). Но тем не менее преобладают маловодные годы.

За исключением 2013 г. (являющегося экстремально высоким в рассматриваемых рядах стока), десять самых многоводных лет относятся к XX столетию (рис.4). Наиболее значительные положительные аномалии стока характерны для периода 1953–1964 гг., отрицательные – для 1974–1980 гг. и 2001–2008 гг. С 1974 г. наблюдается преобладание отрицательных аномалий как по количеству, так и по величине. В приустьевом створе Богородское (имеющем самый непродолжительный период наблюдений) число маловодных и многоводных лет практически одинаково.

Многолетнее внутригодовое распределение стока Нижнего Амура обусловлено соответствующим распределением атмосферных осадков. Это подтверждается установленными корреляционными зависимостями рядов месячных сумм атмосферных осадков на 10 станциях с месячными рядами стока на трех гидрологических створах. Особое внимание в работе уделено связям за паводочный период (июнь – сентябрь). Тесные зависимости между стоком и осадками, выпавшими с весны текущего года до конца паводочного периода, выявлены лишь для пяти метеостанций (табл.3).

Наибольшее количество значимых связей характерно для соседних месяцев, т.е., к примеру, осадки июля определяют сток августа и т.п. Для станций Елабуга и Смидович подобный тип связей выявлен для периода осадков май – октябрь и, соответственно, отклика стока в июне – ноябре; для станции Красный Яр осадки апреля – октября определяют сток следующего месяца в период май – ноябрь; для станции Лермонтовка эти периоды соответствуют марту – октябрю и апрелю – ноябрю.

Гидрология

Лисина И.А., Василевская Л.Н., Василевский Д.Н., Подвербная Е.Н., Агеева С.В.

Для решения же прогностических задач необходима более значительная заблаговременность связей стока с осадками. Эти зависимости были выявлены за периоды от 2 до 5 месяцев (табл. 3). Из всех найденных связей наиболее информативными являются осадки июня, которые на всех пяти станциях в определенной степени сигнализируют о величине стока августа и сентября.

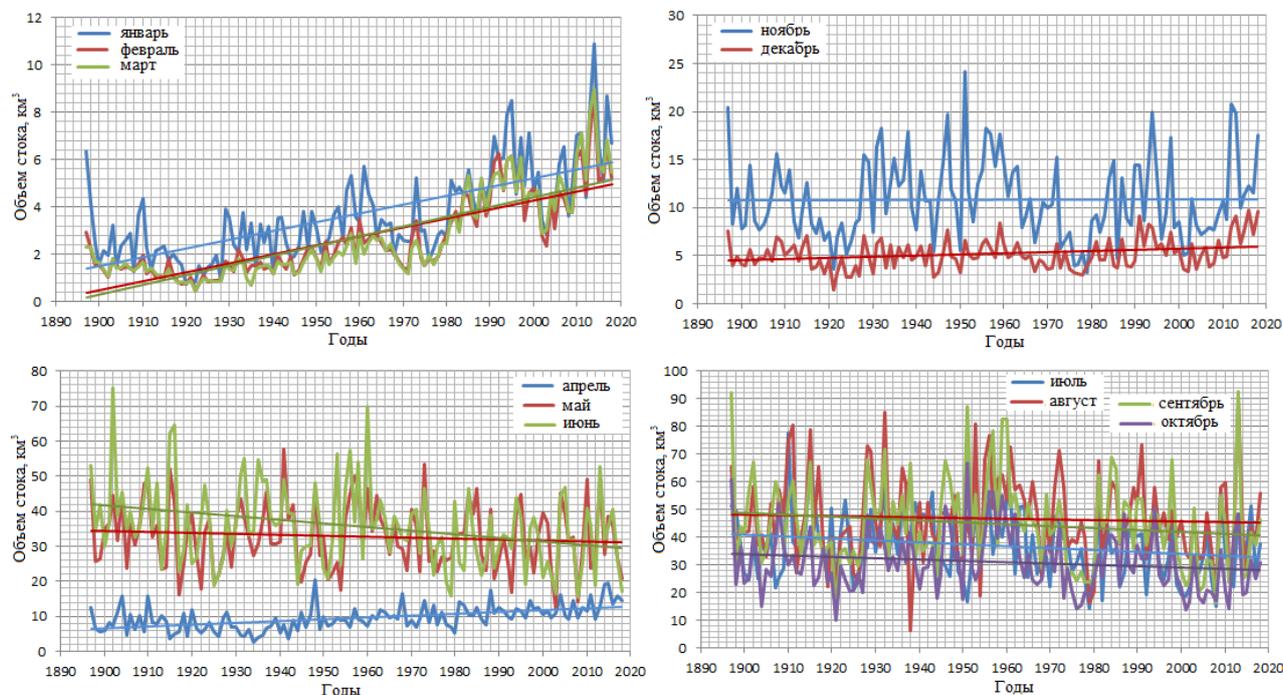


Рис. 5. Изменения объемов месячного стока в течение рассматриваемого периода (1897–2018 гг.) в створе Хабаровск
 Fig. 5. Changes in the volume of monthly runoff in the Khabarovsk section during the period under consideration (1897–2018)

Для объяснения причин отсутствия тесных связей стока с осадками на остальных станциях было оценено влияние муссонности климата на формирование летне-осеннего стока. Анализ индекса муссонности по П.В.Новороцкому [7] (отношение осадков самого влажного месяца к осадкам самого сухого) показал, что лишь на южных метеорологических станциях (Елабуга, Лермонтовка, Красный Яр, Пограничный и Владивосток) эти отношения близки к 10. На остальных станциях, расположенных в устьевой зоне Амура, величина индекса составляет от 2 до 4 единиц (табл.4).

Действительно, внутригодовое распределение атмосферных осадков на этих двух группах станций разительно отличается. На рис. 6 для примера приведен годовой ход осадков на двух станциях первой группы (Николаевск-на-Амуре и Богородское) и второй группы (Елабуга и Лермонтовка).

Общие условия осадкообразования в районе Приамурья были изучены дальневосточными гидрометеорологами [5; 6; 11–13]. Формированию избытка и дефицита осадков [5] присуще определенное расположение термических тропосферных очагов не только в районе исследования, но и на обширном пространстве, включая Атлантику, Евразию и Тихий океан. Исследуя взаимодействие атмосферы и океана в дальневосточном регионе, с привлечением форм атмосферной циркуляции О.К. Ильинского [8], В.Ф. Воронина [6], указывает на необходимость учета волнового характера развития атмосферной циркуляции в предшествующий летнему стоку период для предсказания его

Гидрология

Лисина И.А., Василевская Л.Н., Василевский Д.Н., Подвербная Е.Н., Агеева С.В.

аномалий. Основным показателем атмосферной циркуляции, определяющим увлажненность бассейна в летний период, по исследованиям [13], являются характеристики зимнего струйного течения над Восточной Азией.

Таблица 3

Значимые связи асинхронного характера между стоком и атмосферными осадками (1950–2015 гг.)
Significant asynchronous relationships between runoff and precipitation (1950–2015)

Метеостанция	Гидрологический створ					
	Хабаровск		Комсомольск-на-Амуре		Богородское	
	Осадки, месяц	Сток, месяц	Осадки, месяц	Сток, месяц	Осадки, месяц	Сток, месяц
Солекуль	–	–	II	VI	II	VI
	III	VI, VII, VIII, IX	III	VI, VII, VIII, IX	–	–
	IV	VIII, IX	IV	VI, VII, VIII, IX	IV	VII
Елабуга	II	VIII	–	–	–	–
	V	VI	V	VI	V	VI
	VI	VII, VIII	VI	VII, VIII, IX	VI	VII, VIII, IX
	VII	VIII	VII	VIII	VII	VIII
	–	–	VIII	IX	VIII	IX
Смидович	–	–	II	VIII	–	–
	–	–	–	–	III	VII
	V	VI	V	VI	V	VI
	VI	VII, IX	VI	VII, IX	VI	VII, VIII
	VII	VIII	VII	VIII, IX	VII	VIII, IX
	VIII	IX	VIII	IX	VIII	IX
Лермонтовка	–	–	–	–	IV	VI
	V	VI	V	VI	V	VI
	VI	VII, VIII, IX	VI	VII, VIII, IX	VI	VIII
	VII	VIII	VII	VIII	VII	VIII
	VIII	IX	VIII	IX	VIII	IX
Красный Яр	–	–	–	–	IV	VI
	V	VI	V	VI	V	VI
	VI	VII, VIII, IX	VI	VII, VIII, IX	VI	VII, VIII, IX
	–	–	VII	VIII	VII	VIII
	VIII	IX	VIII	IX	VIII	IX

Таблица 4

Индекс муссонности (I_m), рассчитанный по П.В. Новороцкому [7]
Monsoon index (I_m) calculated according to P.V. Novorotsky [7]

Метеостанция	I_m	Месяц с максимальным количеством осадков	Месяц с минимальным количеством осадков
Николаевск-на-Амуре	2,1	Сентябрь	Февраль
Джаоре	4,2	Август	– //–
Богородское	3,6	– //–	– //–
Смидович	2,7	– //–	Январь
Солекуль	7,6	– //–	– //–
Елабуга	8,8	– //–	Февраль
Красный яр	8,2	– //–	– //–
Лермонтовка	10,7	– //–	– //–
Пограничный	15,3	– //–	Январь
Владивосток	10,0	– //–	– //–

Гидрология

Лисина И.А., Василевская Л.Н., Василевский Д.Н., Подвербная Е.Н., Агеева С.В.

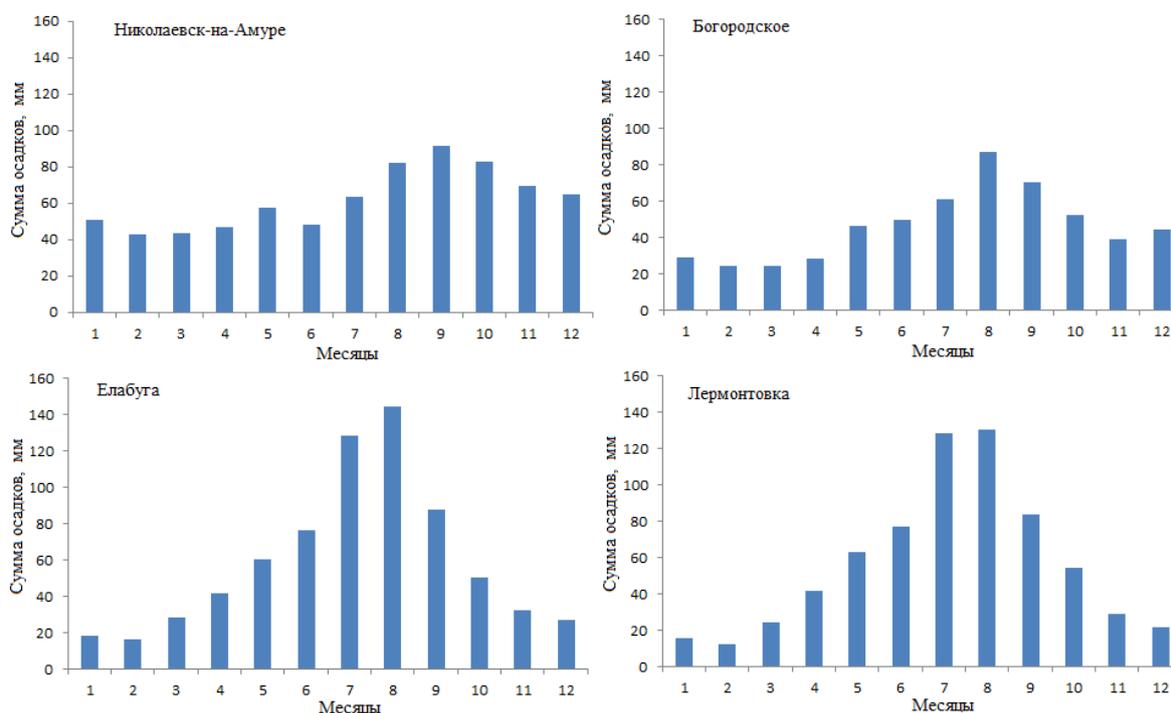


Рис. 6. Внутригодовое распределение сумм атмосферных осадков
 Fig. 6. Intra-annual distribution of the total amount of atmospheric precipitation

Таблица 5

Значимые связи асинхронного характера между стоком в створе Хабаровск и индексами атмосферной циркуляции (1950–2018 гг.)
 Significant asynchronous relationships between the runoff in the Khabarovsk section and the atmospheric circulation indices (1950–2018)

Месяц	Индексы атмосферной циркуляции в предшествующие стоку месяцы	
	1 месяц	2 месяца и более
Июнь	TNA _v , ЛДД _v , АД _v , ЮВА _v , ЮА _v	АО _I , SOI _I , АО _{II} , NAO _{II} , TNA _{II} , TNA _{III} , ЛДД _{III} , TNA _{IV}
Июль	ЛДД _{VI} , ЮВА _{VI} , ЯПМ _{VI} , ЮА _{VI}	ЮА _I , ЛДД _{III} , ЯПМ _{III} , СЗТО _{III} , ТО _{III} , ЮА _{III} , АД _{IV} , ЮВА _{IV} , АД _V , СЗТО _V , ЮА _V
Август	NP _{VII} , ЛДД _{VII} , АД _{VII} , ЮВА _{VII} , ЯПМ _{VII} , ЮА _{VII}	ЮА _I , ЮВА _I , ЛДД _I , PDO _{III} , OXM _{III} , СЗТО _{III} , ТО _{III} , ЛДД _{III} , ЯПМ _{III} , АД _{III} , ИЦБ _{IV} , АД _{IV} , АД _V , ЮА _V , АО _V , NAO _V , ЛДД _{VI} , ЮВА _{VI} , ЯПМ _{VI} , ЮА _{VI}
Сентябрь	ЛДД _{VIII} , АД _{VIII} , ЮВА _{VIII} , ЮА _{VIII} , ЯПМ _{VIII}	ЮВА _I , ЮА _I , ЛДД _I , ЮА _{II} , OXM _{II} , ТО _{II} , АД _{II} , ЛДД _{II} , ЛДД _{III} , АО _{III} , NAO _{III} , ЮА _{III} , ЯПМ _{III} , СЗТО _{III} , АД _{IV} , СЗТО _{IV} , ЮА _V , АД _V , ЮА _{VI} , PNA _{VI} , ЛДД _{VI} , ИЦБ _{VI} , ЮВА _{VI} , NP _{VII} , ЛДД _{VII} , ЮА _{VII} , ТО _{VII} , АД _{VII} , ЮВА _{VII}
Октябрь	АО _{IX} , WP _{IX} , ЛДД _{IX} , АД _{IX} , ЯПМ _{IX} , OXM _{IX} , ЮА _{IX}	ЮВА _I , ЮА _I , ЛДД _I , АД _{II} , ЛДД _{III} , АО _{III} , ЯПМ _{III} , СЗТО _{III} , ЮА _{III} , АД _{III} , АД _{IV} , WP _V , ЮА _V , ЛДД _V , OXM _V , АД _V , АД _{VI} , ЛДД _{VI} , ЮА _{VI} , ЮВА _{VI} , NP _{VII} , ЛДД _{VII} , ЮВА _{VII} , ЮА _{VII} , ТО _{VII} , АД _{VII} , АД _{VIII} , ЮВА _{VIII} , ЮА _{VIII} , ЛДД _{VIII}

Примечание: статистически достоверными при $p \geq 0,95$, по t-критерию Стьюдента, являются значения коэффициента корреляции $|r| \geq 0,23$; жирным шрифтом выделены связи с коэффициентами корреляции $|r| \geq 0,30$.

Под руководством начальника отдела гидрологических прогнозов ДВ УГМС Е.П. Тетерятниковой [11] в 1980-е гг. был внедрен в оперативную практику метод долгосрочного прогноза гидрологического режима р. Амура с использованием аномалий метеорологических полей и ВФЗ.

Гидрология

Лисина И.А., Василевская Л.Н., Василевский Д.Н., Подвербная Е.Н., Агеева С.В.

Таблица 6

Значимые связи асинхронного характера между стоком в створе Комсомольск-на-Амуре и индексами атмосферной циркуляции (1950–2018 гг.)
Significant asynchronous relationships between the runoff in the Komsomolsk-on-Amur section and the atmospheric circulation indices (1950–2018)

Месяц	Индексы атмосферной циркуляции в предшествующие стоку месяцы	
	1 месяц	2 месяца и более
Июнь	TNA v, ЛДД v, АД v, ЮВА v, ЮА v, ЯПМ v	SOI I, TNA II, AO II, AO III, TNA III, ЛДД III, TNA IV
Июль	ЛДД VI, ЮВА VI, ЯПМ VI, ЮА VI	ОХМ I, ЮА I, WP v, ЛДД I, ЛДД III, СЗТО III, ТО III, ЯПМ III, ЮА III, АД IV, ЮВА IV, АД v
Август	NP VII, ЛДД VII, АД VII, ЮВА VII, ЯПМ VII, ЮА VII	ЮВА I, ЮА I, ЛДД I, PDO III, ЛДД III, ЯПМ III, ОХМ III, ТО III, АД IV, ОХМ IV, АД v, ЮА v, AO v, ЮВА VI, ЛДД VI, ЯПМ VI, ЮА VI
Сентябрь	ЛДД VIII, АД VIII, ЮВА VIII, ЮА VIII, ЯПМ VIII,	ЮВА I, ЮА I, ЛДД I, ОХМ II, АД II, ЯПМ III, ЛДД III, ОХМ III, ЮА III, СЗТО III, СЗТО IV, АД IV, ЮА v, ЛДД VI, ЮВА VI, PNA VI, ЮА VI, АД VII, ЮВА VII, ТО VII, ЮА VII, ИЦБ VII, NP VII, ЛДД VII
Октябрь	WP IX, ЛДД IX, АД IX, ЯПМ IX, ОХМ IX, ЮА IX	ЮВА I, ЮА I, ЛДД I, ОХМ II, ОХМ II, АД II, АД III, ЛДД III, ЯПМ III, СЗТО III, ИЦБ III, ЮА III, АД IV, АД v, ЛДД v, ЮА v, ЮВА v, ЛДД VI, ЮВА VI, ЮА VI, PNA VI, АД VI, АД VII, ТО VII, NP VII, ЛДД VII, ЮВА VII, ЮА VII, ЛДД VIII, АД VIII, ЮВА VIII, ЮА VIII

Таблица 7

Значимые связи асинхронного характера между стоком в створе Богородское и индексами атмосферной циркуляции (1950–2018 гг.)
Significant asynchronous relationships between the runoff at the Bogorodskoye section and the atmospheric circulation indices (1950–2018)

Месяц	Индексы атмосферной циркуляции в предшествующие стоку месяцы	
	1 месяц	2 месяца и более
Июнь	TNA v	SOI I, PNA III, TNA III, ЮА III, TNA IV
Июль	ЛДД VI, ЮВА VI, ОХМ VI	ЮВА III, ЛДД III, СЗТО III, WP v, СЗТО v
Август	NP VII, ЛДД VII, АД VII, ЮВА VII, ЮА VII	ОХМ I, ЯПМ I, ЛДД I, ЯПМ III, ЛДД III, АД IV, АД v, AO v, NAO v, ЛДД VI, ЮВА VI
Сентябрь	NAO VIII, ЛДД VIII	АД II, ЯПМ III, СЗТО III, ЛДД III, ЮА III, NP VII, ТО VII
Октябрь	ОХМ IX	SOI I, SOI II, SOI III, ЛДД III, ЯПМ III, ЮА III, SOI IV, СЗТО v, PNA VI, NAO VIII, ТО VIII

В настоящей статье продолжены исследования связей стока с индексами атмосферной циркуляции, разработанными в последние десятилетия. Для корреляционного анализа привлекались 9 климатических и 8 региональных индексов. Выявлено определенное число значимых связей асинхронного характера летне-осеннего стока (июнь – октябрь) Нижнего Амура с этими индексами: 125 – по посту Хабаровск; 118 – по посту Комсомольск-на-Амуре; 51 – по посту Богородское (табл.5–7). Из общего числа тесных связей на климатические индексы приходится 18, 15 и 33 %, соответственно.

Определенную роль в формировании летне-осеннего стока играют следующие климатические индексы: AO, NAO, PNA, PDO, WP, NP.

Арктическая осцилляция (АО) является важнейшим крупномасштабным атмосферным процессом, определяющим межгодовую изменчивость погодных и климатических условий в высоких и средних широтах Северного полушария [14]. Фаза АО в январе – марте текущего года через 3–5 месяцев влияет на аномалию июньского стока в створах Хабаровск и Комсомольск-на-Амуре; а фаза АО в мае влияет на аномалию августовского стока во всех трех створах.

*Гидрология**Лисина И.А., Василевская Л.Н., Василевский Д.Н., Подвербная Е.Н., Агеева С.В.*

Североатлантическая осцилляция (NAO) играет роль в формировании стока в створе Хабаровска: в феврале и мае она вносит вклад в формирование стока в июне и августе, соответственно.

Тихоокеанский-североамериканский индекс (PNA – состояние высотного поля над северной частью Тихого океана) влияет: в марте на сток июня в створе Богородское; в июне на сток сентября – октября в створах Хабаровск, Комсомольск-на-Амуре и Богородское.

Тихоокеанское декадное колебание (PDO) – показатель термического состояния поверхности северной части Тихого океана в марте определяет аномалию стока в августе в створах Хабаровск и Комсомольск-на-Амуре. Поскольку характер корреляционной связи обратный, то отрицательная фаза индекса PDO в марте – предсказатель повышенного речного стока в августе.

Положительная фаза Западно-Тихоокеанского индекса (WP) в мае обуславливает повышенный июльский сток в створах Комсомольск-на-Амуре и Богородское. Положительная фаза Северо-Тихоокеанского индекса (NP) в июле также вносит значительный вклад ($r = 0,40$) в увеличение стока в сентябре – октябре в трех створах.

Значительная роль в стокообразовании принадлежит региональным процессам, которые определяют интенсивность летнего муссона в бассейне Нижнего Амура. Именно региональные индексы отражают состояние приземного барического поля над Дальним Востоком.

Из них 38–43% связей для рассматриваемых створов приходится на ЮА и ЛДД (в совокупности) и около 30% – на АД и ЮВА. Так, если сибирский антициклон (район индекса ЮА) в январе и марте аномально развит (положительная аномалия давления), то июльский сток в бассейне Нижнего Амура будет выше нормы. Аномально пониженный фон давления в районе индекса ЮВ и индекса ЛДД, начиная с мая по сентябрь, обуславливает повышенный сток в створе Хабаровск и Комсомольск-на-Амуре в июне – октябре ($r = -0,38$ – $0,45$). Повышенный сток в створе Богородское в августе – сентябре связан обратной связью с аномалией давления в зоне умеренной Азии в области летней дальневосточной депрессии в июне – августе ($r = -0,36$).

Аналогичные по величине и знаку связи стока Нижнего Амура выявлены с индексами АД и ЮВА, т.е. с фоном давления в зоне Юго-Восточной Азии и в области азиатской депрессии. Найденные зависимости однозначно указывают на определяющую роль аномалии давления в широтной зоне Азии от 30 до 50°с.ш. и от 90 до 140° в.д., включая акваторию Желтого моря. Чем ниже давление относительно среднегодовой величины над этими районами, начиная с мая месяца, тем вероятнее аномально высокие значения стока в июле – сентябре. В целом сдвиг между исследуемыми параметрами для стока в июле составляет 3, 4, 6 месяцев; в августе – 3, 5, 7; в сентябре – 3, 4, 6, 7, 8 месяцев.

Значимые корреляционные связи речного стока с фоном атмосферного давления над океанической поверхностью (индексы ОХМ, ЯПМ, ТО, СЗТО) определены за 4 месяца для стока в июле, за 5 месяцев для стока в августе, за 5–7 месяцев для стока в сентябре.

Выводы

Анализ выборок объемов стока воды по трем створам Нижнего Амура позволил сделать вывод, что количество многоводных, маловодных и средних по водности лет в ряду годовых величин составляет практически одинаковый процент, но с небольшим преобладанием маловодных лет. С 1974 г. наблюдается преобладание отрицательных аномалий стока как по количеству, так и по величине. Наиболее значительные отрицательные аномалии стока характерны для периода 1974–1980 гг. и 2001–2008 гг., а положительные – для 1953–1964 гг.

Гидрология

Лисина И.А., Василевская Л.Н., Василевский Д.Н., Подвербная Е.Н., Агеева С.В.

Тенденция снижения годовых и летне-осенних объемов стока и повышения их зимних значений «поддерживается» отрицательным трендом изменения годовых сумм осадков (за период 1950–2015 гг.).

Проведенный корреляционный анализ позволил определить статистически значимые связи между объемом стока и режимом осадков в нижней части бассейна Амура. Большая часть тесных связей «сток – осадки» получена со сдвигом в 1 месяц. Но наиболее значимыми для увеличения заблаговременности гидрологического прогноза являются осадки июня, которые на всех рассматриваемых станциях имеют тесную корреляционную связь со стоком августа и сентября.

Подавляющее большинство значимых асинхронных связей (67–85%) между объемом стока за июнь – октябрь и состоянием атмосферной циркуляции получено с региональными индексами.

Выявленные в данном исследовании корреляционные связи дают возможность выбрать наиболее значимые предикторы для построения схемы долгосрочного прогноза летне-осенних объемов стока воды в нижнем течении Амура с заблаговременностью от 1 до 5 месяцев.

Библиографический список

1. Бабкин В.И. Речной сток и циклоническая деятельность в бассейнах Оби, Енисея и Лены. М.: Научный мир, 2017. 548 с.
2. Болгов М.В., Трубецкова М. Д., Филиппова И. А., Харламов М. А. Особенности выпадения экстремальных осадков в бассейне реки Амур летом 2013 г. // География и природные ресурсы. 2017. № 2. С. 37–45.
3. Бортин Н.Н., Милаев В.М. Исследование многолетней динамики и схема сверхдолгосрочного прогноза наводнений на реке Амур // Водное хозяйство России. 2014. №4. С.45–59.
4. Борщ С.В., Бураков Д.А., Симонов Ю.А. Методика оперативного расчета и прогноза суточного притока воды в водохранилище Зейской ГЭС // Труды ГУ ГМЦ РФ. 2016. Вып.359. С. 106–127.
5. Воробьева Т.И. Особенности термобарических полей тропосферы при формировании избытка, дефицита и нормы осадков в весенне-летний период на территории Приморского и Хабаровского краев // Труды ДВНИГМИ. 1979. Вып. 85. С.28–34.
6. Воронина В.Ф. Взаимосвязь крупномасштабных атмосферных и океанических процессов с формированием паводочного стока в бассейне Амура // Труды ДВНИГМИ. 1979. Вып. 76. С.7–14.
7. Новороцкий П.В. Распространение муссона над южной частью российского Дальнего Востока // Метеорология и гидрология. 1999. №11. С. 40–46.
8. Руководство по краткосрочным прогнозам погоды Ч. III. Вып. 4 Синоптические процессы и прогноз погоды в восточных районах СССР. Л.: Гидрометеиздат, 1965. 214 с.
9. Сайт NOAA URL: <https://www.esrl.noaa.gov/psd/data/climateindices/list> (дата обращения: 14.03.2020).
10. Сайт ФГБУ ВНИИГМИ-Мировой центр данных URL: <http://meteo.ru/data/163-basic-parameters> (дата обращения: 14.03.2020).
11. Тетерятникова Е.П. Проблемы долгосрочных гидрологических прогнозов в бассейне р. Амура на основе учета аэросиноптических материалов. Л.: Гидрометеиздат, 1985. 104 с.
12. Тростников М. В. Влажные и засушливые летние сезоны в Приамурье и солнечная активность // Вопросы географии Дальнего Востока. Хабаровск, 1967. Вып. 8. С. 3–22.
13. Трусевский И.В., Ленишин В.Т., Гаголка Н.К. К прогнозу общих условий осадкообразования в Приамурье на летний сезон с трехмесячной заблаговременностью // Труды ДВНИГМИ. 1980. Вып.82. С.28–34.
14. Угрюмов А.И. Долгосрочные метеорологические прогнозы: учеб. пособие. СПб.: Изд-во РГГМУ, 2006. 84 с.
15. Фролов А.В., Асмус В.В., Борщ С.В., Вильфанд Р.М., Жабина И.И., Затягалова В.В., Кровотынцева В.А., Кудрявцева О.И., Леонтьева Е.А., Симонов Ю.А., Степанов Ю.А. ГИС Амур: система мониторинга, прогнозирования и раннего оповещения о наводнениях // Метеорология и гидрология. 2016. №3. С. 5–21.

Гидрология

Лисина И.А., Василевская Л.Н., Василевский Д.Н., Подвербная Е.Н., Агеева С.В.

16. Шатилина Т. А. Анжина Г.И. Изменчивость интенсивности дальневосточного муссона в 1948-2010 гг. // Известия ТИНРО. 2011. Т. 167. С.146–159.
17. Шатилина Т.А. Изменчивость параметров азиатской и дальневосточной депрессий во второй половине 20-го столетия // Известия ТИНРО. 2008. Т.144. С. 247–258.
18. Barnston, A.G. and Livezey, R.E. Classifications, seasonality and persistence of low-frequency atmospheric circulation patterns // Monthly Weather Review. 1987. Vol.115. P. 1083–1126.
19. Bond, N.A. and D.E. Harrison. The Pacific Decadal Oscillation, air-sea interaction and central north Pacific winter atmospheric regimes // Geophys. Res. Lett. 2000. 27(5). P. 731–734.
20. Mantua N. J. and Hare S. R. The Pacific Decadal Oscillation / N. J. Mantua //J. Oceanogr. 2002. №58. P.35–44.
21. Miller A.J., Schneider N. Interdecadal climate regime dynamics in the North Pacific Ocean: theories, observations and ecosystem impacts // Progress in Oceanography. 2000. V. 47. N 2-4. P. 355–379.

References

1. Babkin V.I. Rechnoy stok i tsiklonicheskaya deyatelnost' v basseynakh Obi, Yeniseya i Leny. M.: Nauchnyy mir, 2017. 548 s.
2. Bolgov M.V., Trubetskova M. D., Filippova I. A., Kharlamov M. A. Osobennosti vypadeniya ekstremal'nykh osadkov v bassejne reki Amur letom 2013 g. // Geografiya i prirodnyye resursy. 2017. № 2. S. 37–45.
3. Bortin N.N., Milayev V.M. Issledovaniye mnogoletney dinamiki i skhema sverkhdolgosrochnogo prognoza navodneniy na reke Amur // Vodnoye khozyaystvo Rossii. 2014. №4. S.45–59.
4. Borshch S.V., Burakov D.A., Simonov YU.A. Metodika operativnogo rascheta i prognoza sutochnogo pritoka vody v vodokhranilishche Zeyskoy GES // Trudy GU GMTS RF. 2016. Vyp.359. S. 106–127.
5. Vorob'yeva T.I. Osobennosti termobaricheskikh poley troposfery pri formirovaniy izbytko, defitsita i normy osadkov v vesenne-letniy period na territorii Primorskogo i Khabarovskogo krayev // Trudy DVNIGMI. 1979. Vyp. 85. S.28–34.
6. Voronina V.F. Vzaimosvyaz' krupnomasshtabnykh atmosferynykh i okeanicheskikh protsessov s formirovaniyem pavodochnogo stoka v bassejne Amura // Trudy DVNIGMI. 1979. Vyp. 76. S.7–14.
7. Novorotskiy P.V. Rasprostraneniye mussona nad yuzhnoy chast'yu rossiyskogo Dal'nego Vostoka // Meteorologiya i gidrologiya. 1999. №11. S. 40–46.
8. Rukovodstvo po kratkosrochnym prognozam pogody CH. III. Vyp. 4 Sinopticheskiye protsessy i prognoz pogody v vostochnykh rayonakh SSSR. L.: Gidrometeoizdat, 1965.214 s.
9. Sayt NOAA: <https://www.esrl.noaa.gov/psd/data/climateindices/list/>
10. Sayt FGBU VNIIGMI-Mirovoy tsentr dannykh: <http://meteo.ru/data/163-basic-parameters>
11. Teteryatnikova E.P. Problemy dolgosrochnykh gidrologicheskikh prognozov v bassejne r.Amura na osnove ucheta aerosinopticheskikh materialov. – L.: Gidrometeoizdat, 1985. 104 s.
12. Trostnikov M. V. Vlazhnyye i zasushlivyye letniye sezony v Priamur'ye i solnechnaya aktivnost'. V kn.: Voprosy geografii Dal'nego Vostoka. Khabarovsk. 1967. Vyp. 8. S. 3–22.
13. Trusevskiy I.V., Lenshin V.T., Gagolka N.K. K prognozu obshchikh usloviy osadkoobrazovaniya v Priamur'ye na letniy sezon s trekhmesyachnoy zablago vremennost'yu // Trudy DVNIGMI. 1980. Vyp.82. S. 28–34.
14. Ugryumov A.I. Dolgosrochnyye meteorologicheskiye prognozy. Uchebnoye posobiye. SPb.: izd. RGGMU, 2006. 84 s.
15. Frolov A.V., Asmus V.V., Borshch S.V., Vil'fand R.M., Zhabina I.I., Zatyagalova V.V., Krovotyntsev V.A., Kudryavtseva O.I., Leont'yeva Ye.A., Simonov YU.A., Stepanov YU.A. GIS Amur: sistema monitoringa, prognozirovaniya i rannego opoveshcheniya o navodneniyakh // Meteorologiya i gidrologiya. 2016. №3. S. 5–21.
16. Shatilina, T. A. Anzhina G.I. Izmenchivost' intensivnosti dal'nevostochnogo mussona v 1948-2010 gg. // Izvestiya TINRO. 2011. Т. 167. S.146–159.
17. Shatilina, T.A. Izmenchivost' parametrov aziatskoy i dal'nevostochnoy depressiy vo vtoroy polovine 20-go stoletiya / T.A. Shatilina, G.I. Anzhina // Izvestiya TINRO. 2008. Т.144. S. 247–258.
18. Barnston, A.G. and Livezey, R.E. Classifications, seasonality and persistence of low-frequency atmospheric circulation patterns // Monthly Weather Review. 1987. Vol.115. P. 1083–1126.

Гидрология

Лисина И.А., Василевская Л.Н., Василевский Д.Н., Подвербная Е.Н., Агеева С.В.

19. *Bond, N.A. and D.E. Harrison.* The Pacific Decadal Oscillation, air-sea interaction and central north Pacific winter atmospheric regimes // *Geophys. Res. Lett.* 2000. 27(5). P. 731–734.

20. *Mantua N. J. and Hare S. R.* The Pacific Decadal Oscillation / *N. J. Mantua //J. Oceanogr.* 2002. №58. P.35–44.

21. *Miller A.J., Schneider N.* Interdecadal climate regime dynamics in the North Pacific Ocean: theories, observations and ecosystem impacts // *Progress in Oceanography.* 2000. V. 47. N 2-4. P. 355–379.

Поступила в редакцию: 30.03.2020

Сведения об авторах**Лисина Ирина Альбертовна**

кандидат географических наук, доцент кафедры океанологии и гидрометеорологии, Дальневосточный федеральный университет; 690950, Владивосток, ул. Суханова, 8

e-mail: irlisina@mail.ru

Василевская Любовь Николаевна

кандидат географических наук, доцент кафедры океанологии и гидрометеорологии Дальневосточный федеральный университет; 690950, Владивосток, ул. Суханова, 8

e-mail: lubavass@mail.ru

Василевский Денис Николаевич

ведущий инженер, Дальневосточный филиал Российского научно-исследовательского института комплексного использования и охраны водных ресурсов; 690014, Владивосток, пр. Красного Знамени, 66

e-mail: dwassil@mail.ru

Подвербная Екатерина Николаевна

гидролог, Дальневосточное управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды; 680000, Хабаровск, ул. Ленина, 18

e-mail: kat_k2007@mail.ru

Агеева Светлана Владимировна

начальник Гидрометцентра Дальневосточное управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды; 680000, Хабаровск, ул. Ленина, 18

e-mail: sv-ageeva@mail.ru

About the authors**Irina A. Lisina**

Candidate of Geographical Sciences, Associate Professor, Department of Oceanology and Hydrometeorology, Far Eastern Federal University; 8, Sukhanova st., Vladivostok, 690950, Russia

Lubov N. Vasilevskaya

Candidate of Geographical Sciences, Associate Professor, Department of Oceanology and Hydrometeorology, Far Eastern Federal University; 8, Sukhanova st., Vladivostok, 690950, Russia

Denis N. Vasilevsky

Engineer, Far Eastern Branch of the Russian Research Institute for Integrated Use and Protection of Water Resources; 66, prospekt Krasnogo Znameni, Vladivostok, 690014, Russia

Ekaterina N. Podverbnaaya

Hydrologist, Far Eastern Agency for Hydrometeorology and Environmental Monitoring;

18, Lenina st., Khabarovsk, 680000, Russia

Ageeva Svetlana Vladimirovna

head of the Hydrometeorological Center of the Far East Department of Hydrometeorology and Environmental Monitoring;

18, Lenin st., Khabarovsk, 680000, Russia

Просьба ссылаться на эту статью в русскоязычных источниках следующим образом:

Лисина И.А., Василевская Л.Н., Василевский Д.Н., Подвербная Е.Н., Агеева С.В. Анализ гидрологического режима и связей летне-осеннего стока нижнего Амура с циркуляционными индексами // *Географический вестник = Geographical bulletin.* 2020. №3(54). С. 98–112. Doi 10.17072/2079-7877-2020-3-98-112.

Please cite this article in English as:

Lisina I.A., Vasilevskaya L.N., Vasilevsky D.N., Podverbnaaya E.N., Ageeva S.V. The lower Amur river hydrological regime and relations between the summer-autumn runoff and circulation indices // *Geographical bulletin.* 2020. №3(54). P. 98–112. doi 10.17072/2079-7877-2020-3-98-112.