

УДК 656.6.052

ПРОДОЛЖИТЕЛЬНЫЕ АРКТИЧЕСКИЕ ВТОРЖЕНИЯ В АТЛАНТИЧЕСКОМ СЕКТОРЕ И АТМОСФЕРНЫЕ ОСАДКИ В КРЫМУ

Холопцев А. В., Катунина Е. В., Тимошенко Т. Ю.

*Севастопольское отделение Государственного океанографического института имени
Н. Н. Зубова (СО ГОИН), Севастополь, Россия
E-mail: kholoptsev@mail.ru, katun_elena@mail.ru*

Выявлены условия, при которых межгодовые изменения суммарной длительности в том или ином месяце продолжительных арктических вторжений в Атлантическом секторе значимо влияют на вариации месячных сумм атмосферных осадков в различных районах Крымского полуострова и прилегающих акваторий Черного и Азовского морей.

Ключевые слова: продолжительные арктические вторжения, атмосферные осадки, Крымский полуостров, североатлантическое колебание, циклоны, связи.

ВВЕДЕНИЕ

Атмосферные осадки являются главными источниками пресной воды, формирующей водные ресурсы во многих регионах нашей планеты. Поэтому развитие представлений о процессах, которые значимо влияют на изменения их интенсивности, является актуальной проблемой физической географии, метеорологии и гидрологии.

Наибольший интерес в решении данной проблемы представляется в рассмотрении факторов, действующих круглогодично и проявляющихся в регионах северного умеренного и северного субтропического климатических поясов, так как данные пояса относятся к числу наиболее густонаселенных и экономически развитых. Для Крыма эта проблема также значима, так как здесь наблюдается ограниченность водных ресурсов, что ощутимо сдерживает развитие сельского и лесного хозяйства.

Одним из таких факторов являются блокинги [1], главной характеристикой которых является их суммарная длительность (СД) в том или ином месяце. Важную разновидность процессов, приводящих к возникновению блокингов, представляют собой вторжения холодного и сухого арктического воздуха, при которых возникают меридиональные барические гребни, соединяющие арктический и какой-либо субтропический антициклон. При этом приостанавливается движение на восток воздушных масс, сформировавшихся над океанами.

Как и любые другие блокирующие процессы, арктические вторжения способны приводить к установлению в соответствующих секторах Северного полушария погоды, характерной для антициклонов. Вторжения, которые происходят в европейском и сибирском секторах, во многих регионах России, в том числе в Крыму, зимой вызывают похолодание, а в весенне-летние месяцы усиливают засушливость. Продолжительные блокирующие процессы могут служить причиной возникновения засух [2, 3, 4].

Наиболее ощутимо влияют на метеоусловия в регионах, куда поступает участвующий в них воздух, арктические вторжения, при которых возникают меридиональные барические гребни, существующие не менее 3 суток [5]. Вследствие этого изменения СД подобных продолжительных арктических вторжений (далее ПАВ) целесообразно рассматривать как своеобразный «сигнал», способный ощутимо влиять на погоду во многих регионах России.

Если ПАВ возникает в Атлантическом и Тихоокеанском секторе, существенно возрастает поток арктического воздуха, который поступает в области Исландского или Алеутского минимума, что приводит к повышению в них атмосферного давления. В результате изменения СД таких ПАВ могут в той или иной мере изменяться траектории атлантических или тихоокеанских циклонов, а также распределение атмосферных осадков по всему пути их следования. Это позволяет предположить, что **при некоторых условиях изменения СД ПАВ, которые происходят в Атлантическом секторе, способны значимо влиять на вариации интенсивности атмосферных осадков в различных районах Крыма и прилегающих к его побережьям морских акваторий.**

Подтверждение адекватности данной гипотезы позволило бы использовать выявленные связи при моделировании и прогнозировании изменчивости сумм атмосферных осадков, выпадающих в таких районах. Поэтому ее проверка представляет немалый теоретический и практический интерес. Ранее такая проверка не проводилась, а условия, при которых вариации СД ПАВ в Атлантическом секторе значимо влияют на интенсивность атмосферных осадков в тех или иных районах Крыма, изучены недостаточно.

Учитывая это, **объектом исследования** в данной работе выбраны межгодовые изменения месячных сумм атмосферных осадков, выпадающих в различных районах Крымского полуострова и морских акваториях, омывающих его побережья.

Предметом исследования являлись особенности связи рассматриваемых процессов с вариациями СД ПАВ, которые происходят в Атлантическом секторе.

Целями работы являлась проверка адекватности выдвинутой гипотезы, а также выявление условий, при которых межгодовые изменения СД таких ПАВ значимы и устойчивы, статистически связаны с вариациями месячных сумм атмосферных осадков в различных районах Крыма.

1. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для достижения указанной цели использованы временные ряды результатов реанализа [6], соответствующие периоду 1961–2013 гг., а именно месячные суммы атмосферных осадков, которые выпадали в различных районах Крыма и на прилегающих морских акваториях.

Рассматривались районы Крыма, ограниченные квадратами координатной сетки с размерами $0,5^\circ \times 0,5^\circ$. В каждом из них по методу Монте-Карло выбиралось по 100 точек, в которые интерполировались значения месячных сумм атмосферных осадков, соответствующих узлам этой сетки. Среднее значение полученных таким

образом результатов для всех точек, относящихся к определенному квадрату, рассматривалось как оценка средней интенсивности выпадающих атмосферных осадков (АО) в соответствующем месяце.

Для проверки адекватности полученных таким образом временных рядов месячных сумм АО использованы фактические результаты наблюдений метеостанций Крыма, которые функционировали в период с 1961 по 2013 гг. [7]. Расположение рассматриваемых районов и упомянутых метеостанций показано на рисунке 1.

Как видно из рисунка 1, метеостанции располагаются во многих районах Крымского полуострова, что позволяет для этих районов произвести оценку адекватности соответствующих им временных рядов.

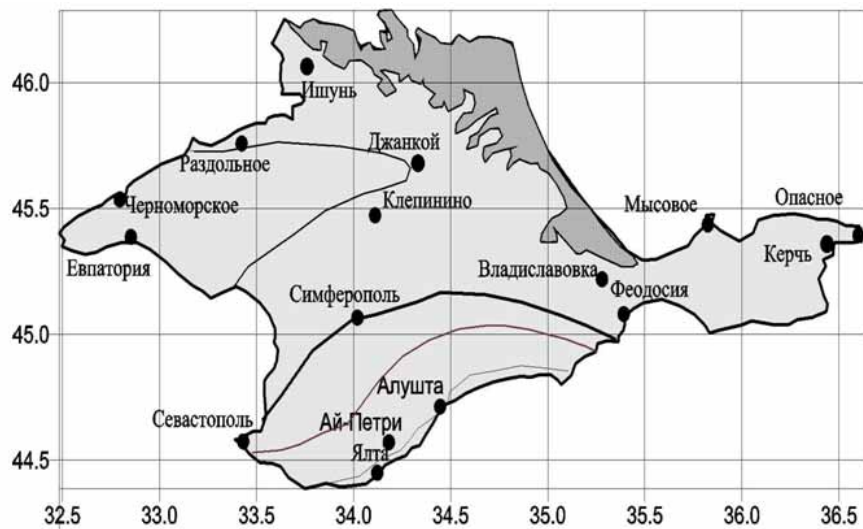


Рис. 1. Расположение изучаемых районов, а также учитываемых метеостанций Крыма.

Так как подобные ряды предполагалось использовать для изучения статистических связей, в качестве критерия адекватности использовано значение коэффициента их корреляции с временными рядами месячных сумм атмосферных осадков, полученных на метеостанциях, расположенных в его границах. В рассматриваемых временных рядах скомпенсированы тренды, что позволило для приближенной оценки значимости связи между ними применить критерий Стьюдента [16]. Решение об адекватности результатов реанализа принималось, если соответствующее значение коэффициента корреляции превосходило уровень 95 % порога достоверной корреляции, которое оценено с учетом числа степеней свободы сопоставляемых временных рядов.

В качестве примера в таблице 1 приведены значения коэффициента корреляции временных рядов месячных сумм атмосферных осадков за 1981–2013 гг., полученные для некоторых метеостанций Крыма, а также рассчитанные по результатам реанализа для соответствующих его районов размерами 0,5°x0,5°. Соответствующее значение 95 % порога составило 0,35.

Как следует из таблицы 1, за единственным исключением – Алушта (июль), все значения коэффициентов корреляции рассматриваемых временных рядов значительно превосходят выбранный уровень статистической значимости. Это позволяет при изучении статистических связей между изучаемыми процессами рассматривать результаты реанализа месячных сумм атмосферных осадков в соответствующих районах Крыма как адекватные. Аналогичный вывод сделан и для прочих районов Крыма, где располагаются учитываемые метеостанции. Таким образом, адекватность рассматриваемого фактического материала об атмосферных осадках подтверждена. Как фактический материал о характеристиках арктических вторжений использован Календарь последовательной смены элементарных циркуляционных механизмов (ЭЦМ) по Дзердзеевскому [9].

Таблица 1.

Значения коэффициента корреляции временных рядов месячных сумм атмосферных осадков, полученных на некоторых метеостанциях Крыма, а также рассчитанных по результатам реанализа

	янв	фев	мар	апр	май	июн	июл	авг	сен	окт	ноя	дек
Ялта	0,89	0,91	0,91	0,94	0,82	0,67	0,70	0,75	0,89	0,90	0,85	0,91
Черноморское	0,87	0,92	0,93	0,90	0,94	0,80	0,94	0,80	0,94	0,94	0,97	0,78
Феодосия	0,96	0,96	0,93	0,92	0,93	0,89	0,80	0,89	0,97	0,90	0,92	0,89
Севастополь	0,84	0,81	0,84	0,95	0,81	0,87	0,87	0,77	0,91	0,85	0,63	0,73
Евпатория	0,92	0,94	0,95	0,90	0,85	0,68	0,79	0,80	0,76	0,78	0,93	0,90
Ай-Петри	0,91	0,87	0,82	0,87	0,81	0,64	0,65	0,83	0,82	0,90	0,85	0,91
Алушта	0,83	0,47	0,70	0,85	0,63	0,47	0,33	0,48	0,67	0,61	0,70	0,76
Керчь	0,87	0,75	0,72	0,61	0,73	0,54	0,40	0,67	0,69	0,69	0,84	0,87
Клепинино	0,88	0,85	0,85	0,83	0,83	0,64	0,79	0,84	0,83	0,88	0,92	0,93
Симферополь	0,92	0,93	0,95	0,94	0,93	0,91	0,90	0,94	0,94	0,88	0,95	0,94

Как известно, ЭЦМ различаются между собой синоптическим положением над Арктикой, а также расположением барических гребней, связывающих Арктический

антициклон с тем или иным субтропическим [10], причиной возникновения которых являются ПАВ.

Дзержевским Б. Л. установлено [11], что в Атлантическом секторе Северного полушария подобные барические гребни существуют в периоды действия ЭЦМ: 3, 8а, 8бл, 8гз, 8гл, 9а, 12а, 12бз, 12бл.

При определении длительности периода существования некоторого барического гребня за его начало принималась дата выявления любого ЭЦМ из данного перечня. Если этот ЭЦМ сменял другой ЭЦМ из того же перечня, при определении продолжительности того же гребня, значения длительностей периодов их существования суммировались. За завершение периода его существования принималась дата, в которую последний ЭЦМ из того же перечня сменялся на ЭЦМ, который в него входит.

Длительность периода существования меридионального барического гребня, который возник в результате ПАВ, составляет лишь часть продолжительности этого процесса. ПАВ начинается с возникновения воздушного течения, направленного от Арктического антициклона в сторону субтропического антициклона, но достигающего его периферии отнюдь не мгновенно. Учитывая скорость этого течения, составляющую несколько сотен километров в сутки, на преодоление расстояния между перифериями этих антициклонов уходит в среднем двое суток. Завершается ПАВ, как правило, в результате разрушения барического гребня вхождением циклона. На это также уходит не менее суток. Поэтому связанный с ПАВ барический гребень существует 3 суток, если само ПАВ длится 6–7 суток (что сопоставимо с продолжительностью естественного синоптического периода, которая по Б. П. Мультиановскому [12] составляет от 5 до 8 суток [13]). Указанное значение длительности ПАВ сопоставимо также с продолжительностью одной фазы цикла лунно-солнечного приливного колебания в атмосфере, равной 6,8 суток [14]. Это совпадение не случайно, поскольку большая часть перестроек синоптических процессов Северного полушария (в том числе возникновение и ликвидация ПАВ) осуществляется вблизи экстремумов (минимумов или максимумов) приливных колебаний угловой скорости вращения Земли [15].

Подобная методика позволила установить, что в Атлантическом секторе за период с 01.01.1950 по 31.12.2015 произошло 1001 ПАВ. Гистограмма их распределения по продолжительности приведена на рисунке 2.

Из рисунка 2 видно, что наибольшее количество выявленных меридиональных барических гребней в Атлантическом секторе имело длительность 3 или 4 суток. Из этого следует, что среди существующих здесь ПАВ преобладают процессы, длительность которых близка к продолжительности одной фазы лунно-солнечных приливных колебаний в атмосфере [14], а также одного естественного синоптического периода [12].

Годовой ход СД ПАВ в Атлантическом секторе, осредненных за периоды 1950–2015 гг. и 1998–2015 гг., представлен на рисунке 3.

Рисунок 3 свидетельствует об активизации ПАВ в Атлантическом секторе. Из него следует также, что наибольшее значение их СД приходится на апрель и май, а

наименьшее – на зимние месяцы. Для выявления условий, при которых статистические связи между рассматриваемыми процессами являются значимыми, применен метод корреляционного анализа [8] и критерий Стьюдента [16].

Связь признавалась значимой, если соответствующее значение коэффициента корреляции изучаемых временных рядов превосходило уровень 95 % порога достоверной корреляции, рассчитанной с учетом числа степеней их свободы. Границы районов, где сила изучаемых связей превосходила этот уровень, отображены на контурной карте с использованием метода триангуляции Делоне [17]. Связи между изучаемыми процессами исследованы для случаев, когда начала их временных рядов совпадали по времени либо различались на 1–3 месяца.

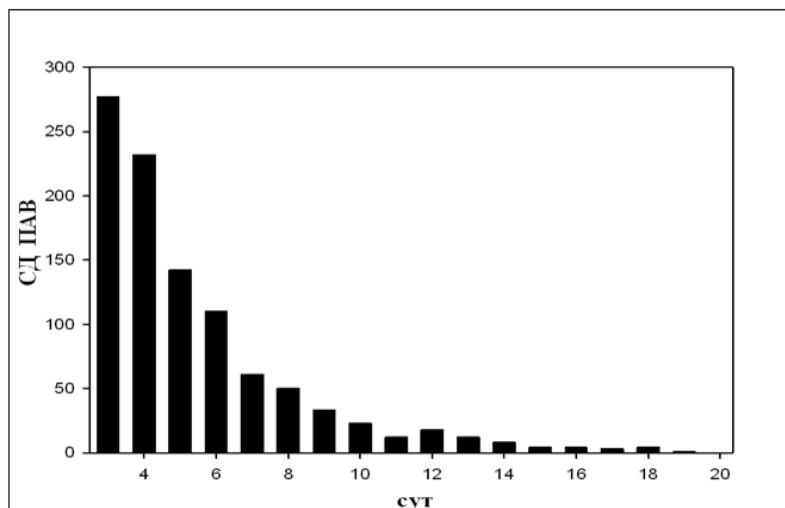


Рис. 2. Гистограмма распределения меридиональных барических гребней в Атлантическом секторе по их длительности.

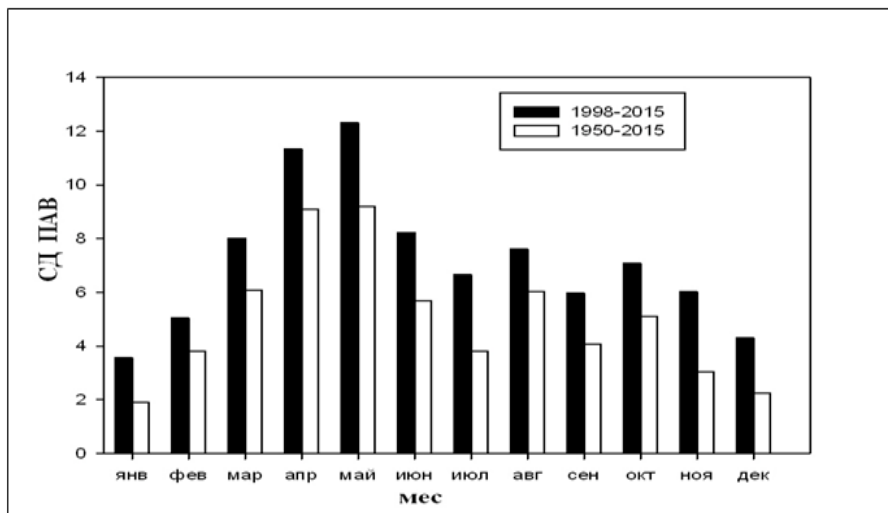


Рис. 3. Годовой ход СД ПАВ, осредненных за периоды 1950–2015 гг. и 1998–2015 гг.

Для оценки статистической устойчивости выявленных связей подобные исследования выполнены в «скользящем окне» длиной 33 года. Установлено, что влияние арктических вторжений в Атлантическом секторе на осадки в Крыму является значимым круглогодично. Изменения СД ПАВ, соответствующие любым зимним месяцам, значимо положительно коррелированы с вариациями месячных сумм атмосферных осадков в Крыму, которые запаздывают по отношению к ним по времени на 0–1 месяц. Как пример, на рисунке 4 приведено расположение районов, где вывод о значимости связи между рассматриваемыми процессами в феврале характеризуется достоверностью не ниже 0,95.

Из рисунка 4 видно, что корреляция межгодовых изменений месячных сумм атмосферных осадков с вариациями СД ПАВ в феврале является значимой и положительной для любых районов Восточного Крыма и прилегающих акваторий Черного и Азовского морей. Аналогичные особенности свойственны связям между рассматриваемыми процессами в декабре и январе. Установлено также, что корреляция межгодовых изменений месячных сумм атмосферных осадков весной, летом и осенью с вариациями СД ПАВ значима и отрицательна при сдвигах между этими процессами 1–2 месяца. Как пример, на рисунке 5 приведено расположение изучаемых районов, где межгодовые изменения месячных сумм атмосферных осадков в сентябре коррелированы с вариациями СД ПАВ в Атлантическом секторе значимо и отрицательно.

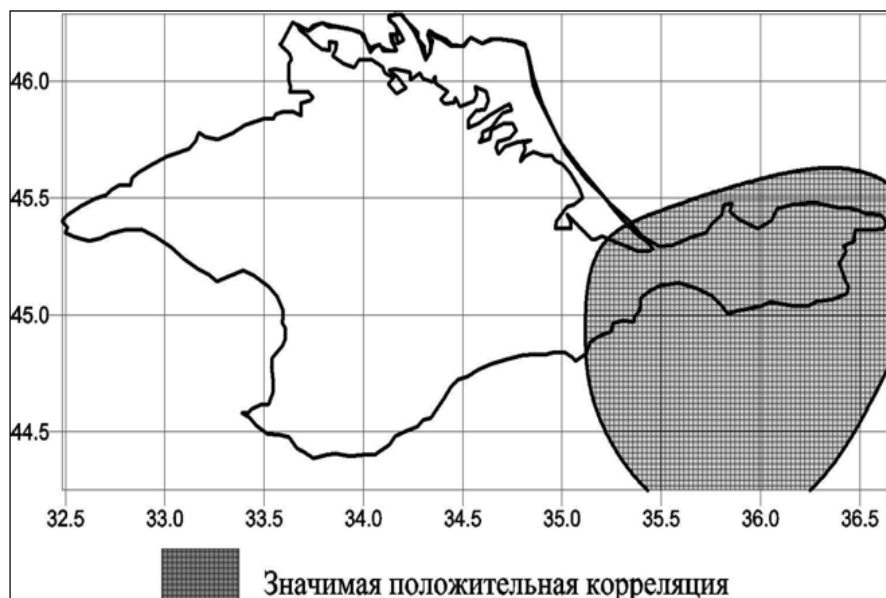


Рис. 4. Расположение районов, где межгодовые изменения месячных сумм атмосферных осадков в феврале значимо положительно коррелированы с вариациями СД ПАВ в феврале.

Из рисунка 5 следует, что межгодовые изменения месячных сумм атмосферных осадков в сентябре значимо связаны с вариациями СД ПАВ в августе во многих районах Степного, а также Юго-Восточного Крыма. Аналогичные связи выявлены и для прочих весенних, летних и осенних месяцев. При этом наиболее сильными они являются для атмосферных осадков в апреле, июне, августе и сентябре. Различие знака корреляции изучаемых процессов в зимние и прочие месяцы объясняется тем, что зимой осадки в Крым приносят преимущественно средиземноморские циклоны, а в прочие сезоны – атлантические.

Об устойчивости выявленных связей свидетельствует их значимость и монотонное возрастание силы по мере увеличения года начала «скользящего окна», для которого оценены их значения. Как пример, подтверждающий это, на рисунке 6 представлены зависимости от года начала скользящего окна длиной 33 года отношения (K) модуля коэффициента корреляции межгодовых изменений месячных сумм атмосферных осадков для двух районов Крыма в августе, а также СД ПАВ в Атлантическом секторе в июле.

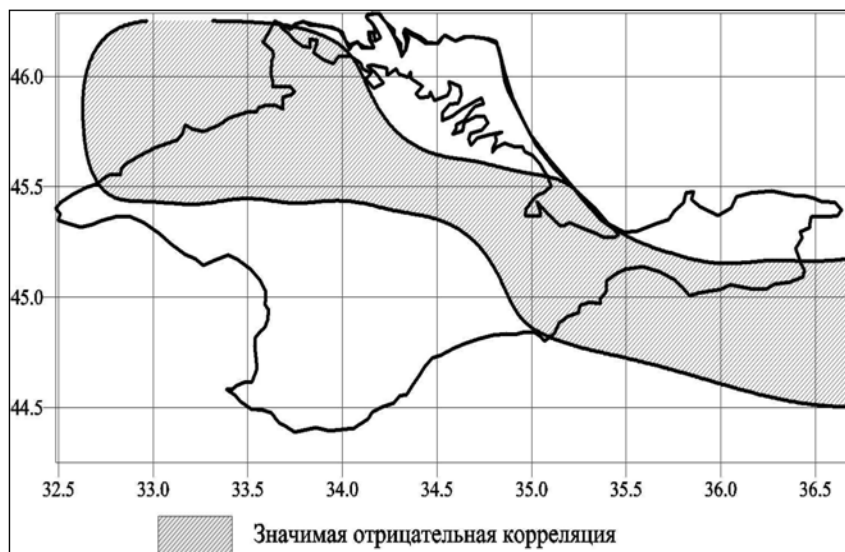


Рис 5. Расположение районов, где межгодовые изменения месячных сумм атмосферных осадков в сентябре значимо отрицательно коррелированы с вариациями СД ПАВ в августе.

Из рисунка 6 следует, что в период после 1968 года связь межгодовых изменений сумм осадков для двух районов Крыма в августе, а также СД ПАВ в Атлантическом секторе в июле являлась значимой и устойчиво усиливалась. Об этом свидетельствуют соответствующие этому периоду значения K , превышающие уровень 1. Очевидно, что вероятность снижения значения K до уровня меньше 1 в следующих скользящих окнах мала. Поэтому с высокой вероятностью выявленные связи сохранят свою значимость и в будущем, а значит, имеет смысл учитывать их и в задачах прогнозирования.

Таким образом, полученные результаты подтверждают адекватность выдвинутой гипотезы и свидетельствуют о значимости и статистической устойчивости влияния на вариации интенсивности атмосферных осадков в Крыму изменений продолжительности арктических вторжений, которые происходят в Атлантическом секторе.

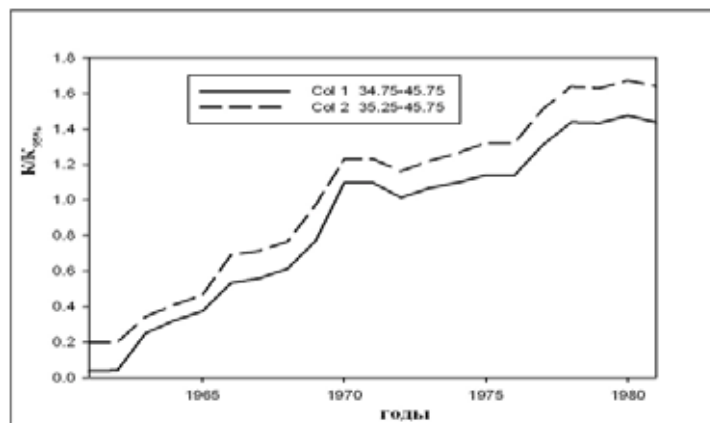


Рис. 6. Изменения значимости статистической связи межгодовых изменений сумм осадков для двух районов Крыма в августе, а также СД ПАВ в Атлантическом секторе в июле.

2. РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Как следует из изложенного, следствием увеличения СД ПАВ в Атлантическом секторе в зимние месяцы в период с 1968 по 2013 г. являлось возрастание месячных сумм АО в те же месяцы во многих районах Крыма. Аналогичные явления в весенние, летние и осенние месяцы здесь приводили к снижению возрастания месячных сумм АО. Из этого следует, что для разработки прогнозов – тенденций изменчивости сумм атмосферных осадков, выпадающих в Крыму в различные сезоны, – целесообразно сопоставлять тенденции изменения соответствующих значений СД ПАВ в Атлантическом секторе, а также суммы АО в Крыму. Для этого были рассчитаны зависимости от времени начала скользящего окна длиной 33 года осредненных по нему средних за сезон СД ПАВ в Атлантическом секторе (Рис. 7) и построены распределения углового коэффициента линейных трендов сумм осадков (Рис. 8). Упомянутая зависимость и карта соответствуют зимнему сезону.

Из рисунка 7 следует, что за период после 1961 г. средние за зимний сезон СД ПАВ в Атлантическом секторе устойчиво возрастали.

Рисунок 8 показывает, что значения коэффициента линейного тренда межгодовых изменений средних за тот же сезон сумм атмосферных осадков в Крыму в основном являлись положительными. Сопоставление рисунков 7 и 8 позволяет предположить, что и в ближайшие годы в Крыму суммы осадков зимнего сезона будут по-прежнему увеличиваться, если закономерности, обуславливающие выявленные связи, не изменятся.

Зависимости от времени начала скользящего окна длиной 33 года осредненных по нему средних за весенний, летний и осенний сезоны СД ПАВ в Атлантическом секторе представлены на рисунке 9.

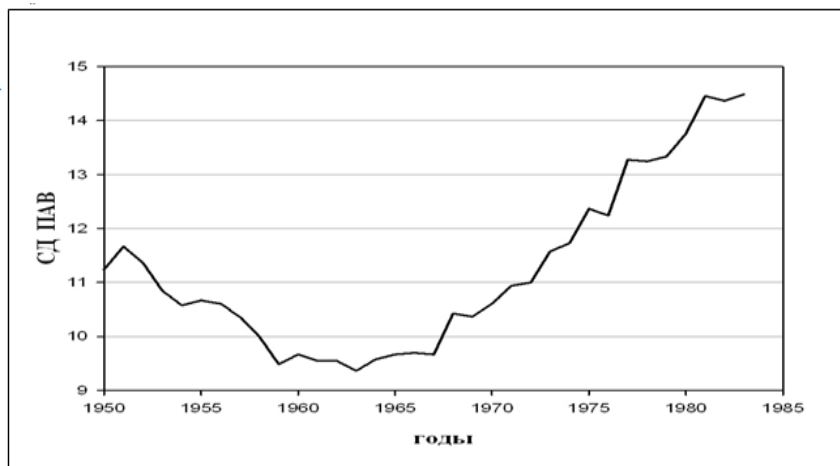


Рис. 7. Зависимость от времени начала скользящего окна длиной 33 года, осредненных по нему средних за зимний сезон СД ПАВ в Атлантическом секторе.

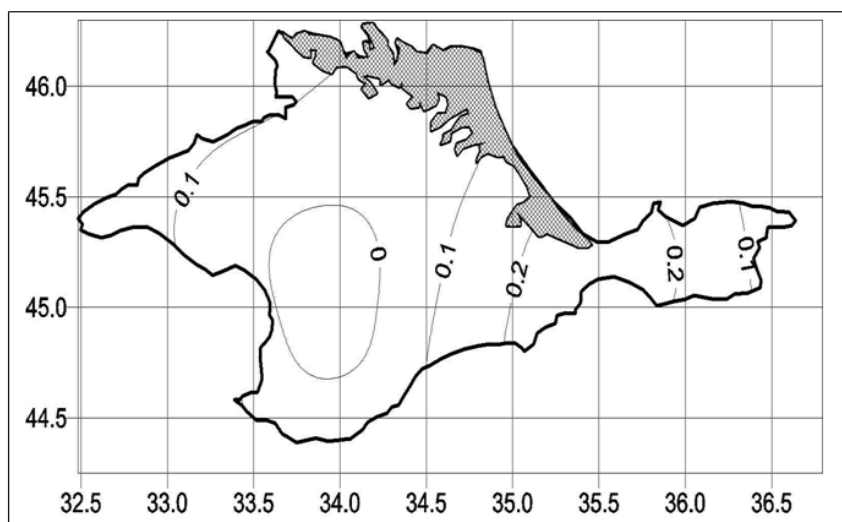


Рис. 8. Карта распределения тенденций изменения сумм для зимних осадков в 1981–2013 гг.

Распределения значений углового коэффициента линейного тренда сумм осадков в Крыму за те же сезоны для периода 1981–2013 гг. представлены на рисунках 10, 11, 12.

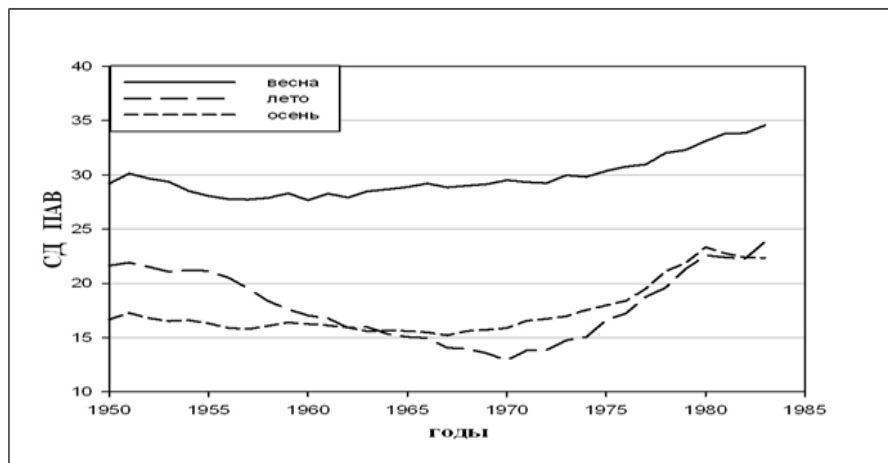


Рис. 9. Зависимости от года начала «скользящего окна» длиной 33 года осредненных по нему средних СД ПАВ в Атлантическом секторе.

Из рисунка 9 видно, что средние значения СД ПАВ, оцененные за весенний и летний сезон, в «скользящих окнах» длиной 33 года, которые начинаются с 1970-х годов.

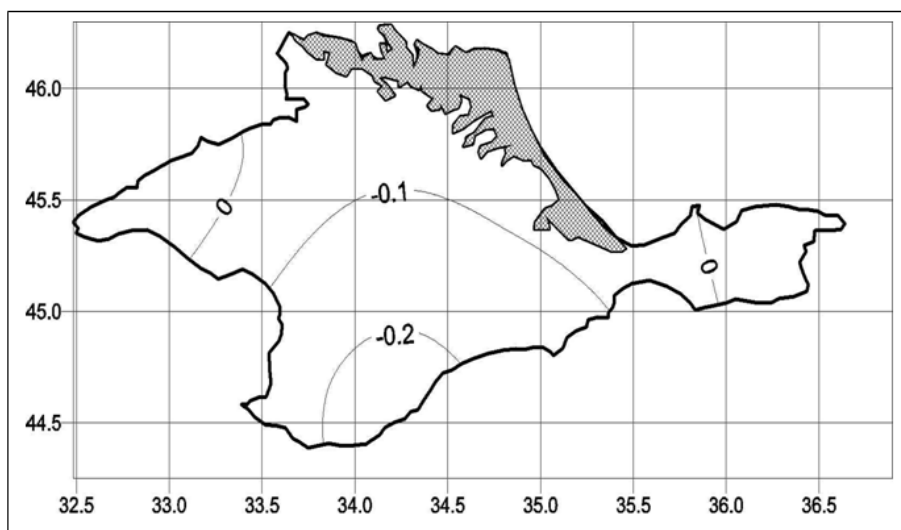


Рис. 10. Распределения значений углового коэффициента линейного тренда для суммы осадков в 1981–2013 гг. (весенний период).

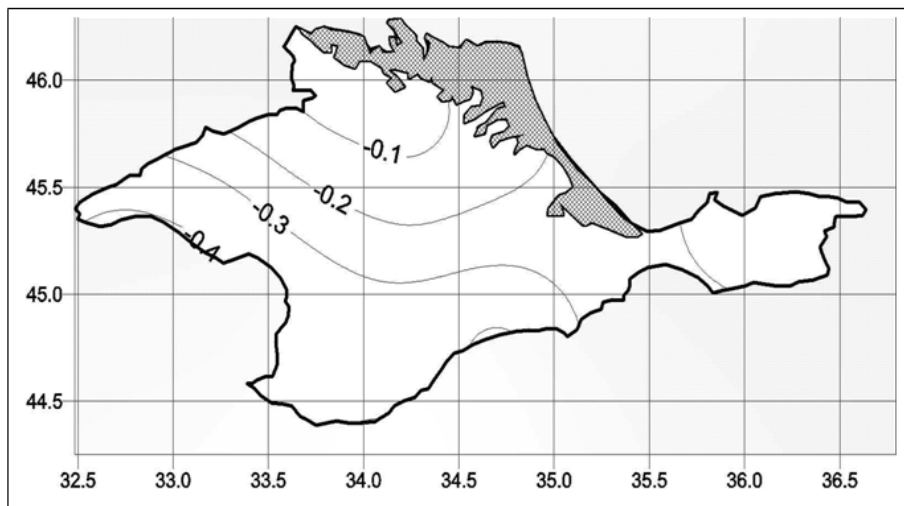


Рис. 11. Распределения тенденций изменения сумм осадков в 1981–2013 гг. – летом 1983 г. устойчиво возрастали. Для осеннего сезона значения того же показателя в «скользящих окнах», которые начинаются с 1980 г., убывают.

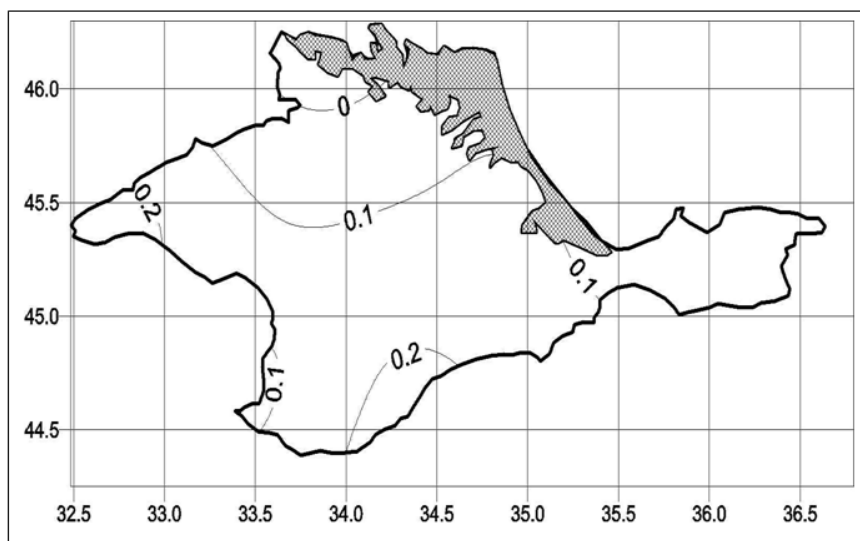


Рис. 12. Распределение тенденций изменения сумм осадков 1981–2013 гг., осенний период.

Рисунки 10 и 11 показывают, что в период 1981–2013 гг. в большинстве районов Крыма преобладали тенденции к уменьшению сумм атмосферных осадков за весенний и летний сезоны. При этом рисунок 12 свидетельствует о том, что в осенний сезон во многих районах преобладают противоположные тенденции. Нетрудно заметить наличие соответствия между изучаемыми процессами, которые подтверждает неслучайный характер выявленных связей.

Если закономерности в будущем не изменятся, полученные результаты позволяют предполагать, что весна и лето в Крыму будут становиться более засушливыми, а интенсивность осадков осенью будет возрастать.

ВЫВОДЫ

Таким образом, установлено:

1. Выявленные особенности изучаемых статистических связей свидетельствуют о целесообразности их учета при прогнозировании изменчивости месячных сумм атмосферных осадков в Крыму. Они позволяют предположить возможность существования таких же связей и для других регионов России, в которые атмосферные осадки доставляют атлантические либо средиземноморские циклоны.

2. Одной из причин того, что весна и лето в Крыму становятся все более засушливыми, а интенсивность зимних и осенних осадков здесь возрастает, являются соответствующие изменения СД ПАВ в Атлантический сектор.

Список литературы

1. Шакина Н. П., Иванова А. Р. Блокирующие антициклоны: современное состояние исследований и прогнозирование // *Метеорология и гидрология*. 2010. № 11. С. 5–18.
2. Семёнова И. Г. Роль процессов блокирования в формировании засух на Украине // *Труды ГГО им. Воейкова*. 2013. Вып. 569. С. 124–136.
3. Cherenkova E. A., Kononova N. K., Muratova N. R. Summer drought 2010 in the European Russia // *Geography, Environment, Sustainability*. 2013. № 1 (6). pp. 55–66.
4. Золотокрылин А. Н., Титкова Т. Б., Черенкова Е. А., Виноградова В. В. Сравнительные исследования засух 2010 и 2012 г. на Европейской территории России по метеорологическим MODIS ДАННЫМ // *Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса*. 2013. Т. 10. № 1. С. 245–253.
5. Стихийные бедствия и техногенные катастрофы. Превентивные меры = Natural Hazards. Un Natural Disasters: The Economics of Effective Prevention. М.: Альпина Паблишер, 2012. 312 с.
6. База данных результатов реанализа месячных сумм атмосферных осадков [Электронный ресурс]. URL: ftp://ftp-anon.dwd.de/pub/data/gpcc/htm/download_gate.html.
7. База данных результатов метеорологических наблюдений [Электронный ресурс]. URL: <http://www.tutiempo.net/en/climate>.
8. Кобзарь А. И. Прикладная математическая статистика. М.: Физматлит, 2006. 816 с.
9. Колебания циркуляции атмосферы Северного полушария в XX – начале XXI века [Электронный ресурс]. URL: <http://www.atmospheric-circulation.ru>.
10. Дзержевский Б. Л., Курганская В. М., Витвицкая З. М. Типизация циркуляционных механизмов в северном полушарии и характеристика синоптических сезонов // *Тр. н.-и. учреждений гл. упр.*

- гидрометеорол. службы при Совете Министров СССР/ Сер. 2. Синоптическая метеорология. Вып. 21. Центральный институт прогнозов. М. – Л.: Гидрометиздат, 1946. 80 с.
11. Дзердзеевский Б. Л. Циркуляционные механизмы в атмосфере Северного полушария в XX столетии // Материалы метеорологических исследований. М.: Изд-во ИГ АН СССР и Междувед. Геофиз. Комитета при Президиуме АН СССР, 1968. 240 с.
 12. Мультиановский Б. П. Основные положения синоптического метода долгосрочных прогнозов погоды. М.: ЦУЕГМС, 1933. 139 с.
 13. Пагава С. Т., Аристов Н. А., Блюмина Л. И., Туркетти З. Л. Основы синоптического метода сезонных прогнозов погоды. Л.: Гидрометеоздат, 1966. 362 с.
 14. Сидоренков Н. С. Атмосферные процессы и вращение Земли. СПб.: Гидрометеоздат, 2002. 366 с.
 15. Сидоренков Н. С. Многолетняя изменчивость экстремальности природных процессов в связи с колебаниями Лунно-Солнечных приливных сил // Современные глобальные изменения природной среды. Т. 3. Факторы глобальных изменений. М.: Научный мир, 2012. С. 103–116.
 16. Закс Ш. Теория статистических выводов. М.: Мир, 1985. 776 с.
 17. Скворцов А. В. Триангуляция Делоне и ее применение. Т.: Изд-во Томского госуниверситета, 2002. 128 с.

LONG ARCTIC INVASIONS IN THE ATLANTIC SECTOR AND THE ATMOSPHERIC PRECIPITATION IN THE CRIMEA

Kholoptsev A. V., Katunina E. V., Timoshenko T. Y.

*Sevastopol Department of N.N. Zubov State Oceanographic Institute, Sevastopol, Russia
E-mail: kholoptsev@mail.ru, katun_elen@mail.ru*

Now in the Crimea is observed limitation of water resources. Branches of the national economy are not used in full capacity.

The object of study is interannual variability of monthly precipitation across the Crimea region.

The subject of research is to reveal the links of the processes under consideration, with variations in the total duration of a prolonged Arctic invasion in the given month in the Atlantic sector from Greenwich meridian to meridian of 60 degrees west longitude.

Basic hypothesis: under certain conditions in the Atlantic sector, changes in the total duration of prolonged Arctic intrusions can significantly affect the variations in the intensity of atmospheric precipitation in various regions of the Crimea and the sea waters adjacent to its coast.

The purpose of the work is to check the adequacy of this hypothesis. The identified conditions will help determine the significance and stability of statistical relationships between the monthly sum of atmospheric precipitation and interannual variability the sum total duration of protracted Arctic intrusions.

To achieve this purpose were considered monthly time series of atmospheric precipitation (1961-2013) from GPCP Reanalysis Dataset. Each area of the Crimea was divided into squares $0.5^{\circ} \times 0.5^{\circ}$. The values of the monthly sums of precipitation were interpolated by 100 observations. It was considered for various seasons the impact of the Arctic invasion in the Atlantic sector on the change in the monthly sum of atmospheric precipitation in the Crimea in a 33-year-old sliding window.

Observations of an atmospheric precipitation are the actual material of 16 meteorological stations in the Crimea. The characteristic of Arctic invasions was carried out to the Calendar of consecutive change of elementary circulation mechanisms (ECM) according to B. L. Dzerdzevsky. The correlation analysis has been conducted to define the statistical relationships between the processes. The reliability of statistical conclusions was estimated by the Student's criterion.

It was found that the hypothesis put forward is adequate. The conditions under which interannual changes in the total duration of prolonged Arctic intrusions in the Atlantic sector have a significant effect on the variations in monthly precipitation in different parts of the Crimean peninsula and on the adjacent water areas of the Black and Azov Seas.

The peculiarities of the statistical connections studied are indicative of the expediency of taking them into account when predicting the variability of the monthly sums of atmospheric precipitation in the Crimea. This would suggest that similar links exist in other parts of Russia, where the Atlantic or Mediterranean cyclones deliver atmospheric precipitation. Changes in the total duration of protracted Arctic invasions in the Atlantic sector are a consequence of the fact that in spring and summer in the Crimea, arid periods are most often observed. Autumn and winter will be characterized by an increase in the amount of precipitation.

Keywords: long Arctic invasions, atmospheric precipitation, Crimean peninsula, North Atlantic fluctuation, cyclones, communications.

References

1. Shakina N. P., Ivanova A. R. Blokirujushhie anticiklony: sovremennoe sostojanie issledovanij i prognozirovanie (The blocking anti-cyclones: current state of researches and forecasting). *Meteorologija i gidrologija*, 2010, no. 11, pp. 5–18 (in Russian).
2. Semjonova I. G. Rol' processov blokirovanija v formirovanii zasuh na Ukraine (Role of processes of blocking in formation of droughts in Ukraine). *Trudy GGO im. Voejkova*, 2013, Vyp. 569, pp. 124–136 (in Russian).
3. Cherenkova E. A., Kononova N. K., Muratova N. R. Summer drought 2010 in the European Russia // *Gtography, Environment, Sustainability*, 2013, № 1 (6), pp. 55–66. (in English).
4. Zolotokrylin A. N., Titkova T. B., Cherenkova E. A., Vinogradova V. V. Sravnitel'nye issledovanija zasuh 2010 i 2012g. na Evropejskoj territorii Rossii po meteorologicheskim MODIS DANNYM (Comparative researches of droughts of 2010 and 2012 in the European territory of Russia on meteorological MODIS THIS). *Sovremennye problemy distancionnogo zondirovanija Zemli iz kosmosa*, 2013, T. 10, no. 1, pp. 245–253 (in Russian).
5. Stihijnye bedstvija i tehnogennye katastrofy (Natural disasters and technogenic catastrophes). Preventivnye mery = Natural Hazards. Un Natural Disasters: The Economics of Effective Prevention. M.: Al'pina Pablisher (Publ.), 2012, 312 p. (in Russian).
6. Baza dannyh rezul'tatov reanaliza mesjachnyh summ atmosferynyh [Jelektronnyj resurs]. URL: ftp://ftp-anon.dwd.de/pub/data/gpcc/htm/download_gate.html (in Russian).
7. Baza dannyh rezul'tatov meteorologicheskijh nabljudenij [Jelektronnyj resurs]. URL: <http://www.tutiempo.net/en/climate> (in Russian).
8. Kobzar' A. I. Prikladnaja matematicheskaja statistika (Applied mathematical statistics). Moscow: Fizmatlit (Publ.), 2006, 816 p. (in Russian).
9. Kolebanija cirkuljacii atmosfery Severnogo polusharija v XX – nachale XXI veka (Fluctuations of the atmosphere circulation of the Northern hemisphere in XX – the beginning of the 21st century) [Jelektronnyj resurs]. URL: (in Russian).

10. Dzerdzeevskij B. L., Kurganskaja V. M., Vitvickaja Z. M. Tipizacija cirkuljacionnyh mehanizmov v severnom polusharii i harakteristika sinopticheskikh sezonov (Typification of circulating mechanisms in the northern hemisphere and the characteristic of synoptic seasons). Tr. n.-i. uchrezhdenij Gl. upr. gidrometeorol. sluzhby pri Sovete Ministrov SSSR. Ser. 2. Sinopticheskaja meteorologija. Vyp. 21. Central'nyj institut prognozov. Moscow, Leningrad: Gidrometeoizdat (Publ.), 1946, 80 p. (in Russian).
11. Dzerdzeevskij B. L. Cirkuljacionnye mehanizmy v atmosfere Severnogo polusharija v XX stoletii (Circulating mechanisms in the atmosphere of the Northern hemisphere in the XX century). Materialy meteorologicheskikh issledovanij. Moscow: IG AN SSSR (Publ.), 1968, 240 p. (in Russian).
12. Mul'tanovskij B. P. Osnovnye polozhenija sinopticheskogo metoda dolgosrochnyh prognozov pogody (Basic provisions of a synoptic method of long-term weather forecasts). Moscow: CUEGMS (Publ.), 1933, 139 p. (in Russian).
13. Pagava S. T., Aristov N. A., Bljumina L. I., Turketti Z. L. Osnovy sinopticheskogo metoda sezonnyh prognozov pogody (Bases of a synoptic method of seasonal weather forecasts). Leningrad: Gidrometeoizdat (Publ.), 1966, 362 p. (in Russian).
14. Sidorenkov N. S. Atmosfernye processy i vrashhenie Zemli (Atmospheric processes and rotation of Earth). S.-Petersburg.: Gidrometeoizdat (Publ.), 2002, 366 p. (in Russian).
15. Sidorenkov N. S. Mnogoletnjaja izmenchivost' jekstremal'nosti prirodnyh processov v svjazi s kolebanijami Lunno-Solnechnyh prilivnyh sil (Long-term variability of extremeness of natural processes in connection with fluctuations of Lunisolar tidal forces). Sovremennye global'nye izmenenija prirodnoj sredy. T. 3 Faktory global'nyh izmenenij. Moscow: Nauchnyj mir (Publ.), 2012, pp. 103-116 (in Russian).
16. Zaks Sh. Teorija statisticheskikh vyvodov (Theory of statistical conclusions). Moscow: Mir (Publ.), 1985, 776 p. (in Russian).
17. Skvorcov A. V. Trianguljacija Delone i ee primenenie (Triangulation Delon and its application). Tomsk: Izd-vo Tomskogo gosuniversiteta (Publ.), 2002, 128 p. (in Russian).