

03.02.00-БИОЛОГИЯ И УМУМИ
03.02.00-ОБЩАЯ БИОЛОГИЯ
03.02.00-COMMON BIOLOGY

03.02.01 Ботаника
03.02.01 Ботаника
03.02.01 Botany

УДК 630.552
ББК 43.48

**ДРЕВЕСНО-КОЛЬЦЕВАЯ
ХРОНОЛОГИЯ ДЛЯ
МЕСТНОСТИ
«ИСКАНДАРКУЛЬ»,
СОГДИЙСКАЯ ОБЛАСТЬ,
ТАДЖИКИСТАН**

*Бахтиёр Зулфиёр Бахтиёрович - магистр по экологии, старший научный сотрудник, email: zulfiyor@mail.ru, 735700; Северо-восточная промзона, 735700, Худжанд, Таджикистан
Худжандский научный центр Национальной Академии Наук Таджикистана;*

Институт международных рек и экологической безопасности, Юньнаньский университет, Китайская Народная Республика, Центр инновационного развития науки и новых технологий Национальной Академии Наук Таджикистана.

Юсупов Юлдош - кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник, 735700; Северо-восточная промзона, 735700, Худжанд, Таджикистан, Худжандский научный центр Национальной Академии Наук Таджикистана,

Кодиров Анвар Саидкулович - кандидат технических наук, директор, 734025; 33 Центр инновационного развития науки и новых технологий Национальной Академии Наук Таджикистана, Проспект Рудаки, 734025, Душанбе, Республика Таджикистан, email: dr.kodirov@mail.ru;

Чен Фенг - профессор, доктор наук, заведующий лабораторией, email: feng653@163.com;

Институт международных рек и экологической безопасности, Юньнаньский университет, Китайская Народная Республика, Юньнань, Китай.

Лаборатория физико-химических исследований древесных колец, Институт метеорологии пустынь, Китайское метеорологическое управление.

**ХРОНОЛОГИЯ И ХАЛҚАҲОИ-
СОЛОНАИ ДАРАХТ БАРОИ
МИНТАҚАИ
“ИСКАНДАРҚҮЛ”, ВИЛОЯТИ
СУҒДИ ТОҶИКИСТОН**

Бахтиёр Зулфиёр Бахтиёрович - магистр экология, ҳодими калони илми, email: zulfiyor@mail.ru, 735700; Минтақаи саноати шимолу-шарқӣ Хуҷанд, Тоҷикистон

Маркази илми Хуҷанди Академияи Миллии Илмҳои Тоҷикистон;

Институти дарёҳои байналмилалӣ ва ҳифзи экологӣ, Донишгоҳи Юннан, Чумхурии Мардуми Чин,

Маркази рушди инноватсионии илм ва технологияҳои нави Академияи Миллии Илмҳои Тоҷикистон.

Юсупов Юлдош - номзоди илмҳои биологӣ, ҳодими пешбари илми, 735700; Минтақаи саноати шимолу-шарқӣ Хуҷанд, Тоҷикистон, Маркази илми Хуҷанди Академияи Миллии Илмҳои Тоҷикистон;

Кодиров Анвар Саидкулович - номзоди илмҳои техникӣ, директор, email: dr.kodirov@mail.ru; 734025; Ҳиёбони Рӯдакӣ, 33, Душанбе, Чумхурии Тоҷикистон, Маркази рушди инноватсионии илм ва технологияҳои нави Академияи Миллии Илмҳои Тоҷикистон.

Чен Фенг - профессор, доктори илм, мудири лаборатория; Донишгоҳи Юннан Кунмин, Юннан, Хитой, email: feng653@163.com

²Институту дарёҳои байналмилалӣ ва ҳифзи экологӣ, Донишгоҳи Юннан, Чумхурии Мардуми Чин,

⁴Лабораторияи тадқиқоти физикӣ ва кимиёвии ҳалқаҳои солони дарахт, Институту метеорологияи биёбон, Маъмурияти метеорологияи Чин.

TREE-RING CHRONOLOGY FOR THE "ISKANDARKUL" AREA, SUGHD REGION, TAJIKISTAN

Bakhtiyorov Zulfiyor Bakhtiyorovich - Master of Science in Ecology, Senior Researcher, email: zulfiyor@mail.ru, 735700; North-east prom. Zone, Khujand, Tajikistan
Khujand Science Center of the National Academy of Sciences of Tajikistan.

Institute of International Rivers and Environmental Safety, Yunnan University, People's Republic of China.

Center for innovative development of science and new technologies of the National Academy of Sciences of Tajikistan.

Yusupov Yuldosh - PhD of Biological Sciences, Leading Researcher, email: 735700; North-east prom. Zone, Khujand, Tajikistan

Khujand Science Center of the National Academy of Sciences of Tajikistan;

Kodirov Anvar Saidkulovich - PhD of Technical Sciences, Director, Center for innovative development of science and new technologies of the National Academy of Sciences of Tajikistan, email: dr.kodirov@mail.ru; 734025; 33 Rudaki Avenue, Dushanbe, Republic of Tajikistan.

Chen Feng - professor, Doctor of Science, Head of Laboratory; email: feng653@163.com; Yunnan University Kunming, Yunnan, P R China

Institute of International Rivers and Eco-security, Yunnan University, People's Republic of China,

Laboratory of Tree-ring Physical and Chemical Research, Institute of Desert Meteorology, China Meteorological Administration.

Ключевые слова: дендрохронология, Искандаркуль, Памиро-Алай, полушаровидная арча, Таджикистан

Построена и проанализирована 428-летняя древесно-кольцевая хронология для местности «Искандеркуль», Согдийской области, Республики Таджикистан. Образцы кернов были взяты из можжевельника полушаровидного (*J. semiglobosa*) на высоте 2500-2700 метров над у.м. между Гиссарским и Зеравшанским хребтами в Саратоге. Периоды в середине XX в. и начале XXI в., показали низкие приросты, можно связать это с глобальным изменением климата, в частности повышением температуры и уменьшением количества осадков. Можно предполагать, что хронология данной области может быть использована в качестве материала для дальнейшей реконструкции и прогнозирования климатических параметров.

Вожаҳои калидӣ: дендрохронология, Искандарқул, Помир-Олой, арчаи қуррашакл, Тоҷикистон

Хронологияи ҳалқаҳои-солони 428-солаи дарахт барои минтақаи Искандарқули вилояти Суғди Чумхурии Тоҷикистон муайян ва таҳлил карда шудааст. Намунаҳои асосӣ аз арчаҳои қуррашакли (*J. semiglobosa*) дар баландии 2500-2700 метр аз сатҳи баҳр дар минтақаи Саратоги байни қаторкӯҳҳои Ҳисор ва Зарафшон ҷойгир шуда гирифта шуданд. Давраҳои дар миёнаи асри XX ва ибтидои асри XXI, ки афзоиши камро нишон дод, метавонад бо тағирёбии ҷаҳонию иқлим, алахусус баландшавии ҳарорат ва камшавии боршиот алоқаманд бошад. Ин ба мо имкон медиҳад, ки тахмин кунем, ки хронологияи ин минтақа метавонад ҳамчун маводи бозсозӣ ва пешгӯии параметрҳои иқлимӣ истифода шавад.

Key words: dendrochronology, Iskandarkul, Pamir-Alai, *Juniperus semiglobosa*, Tajikistan

*A 428-year tree-ring chronology for the Iskandarkul area, Sughd region, Republic of Tajikistan has been constructed and analyzed. Core samples were taken from Juniper hemispherical (*J. semiglobosa*) at an altitude of 2500-2700 meters above sea level, between the Gissar and Zeravshan ranges in the Sarytag region. Periods in the middle of the XX century and the beginning of the XXI century, which showed low increases can be associated with global climate change, in particular, an increase in temperature and a decrease in precipitation. This gives us a reason to assume that the chronology of this area can be used as a material for further reconstruction and forecasting of climatic parameters.*

Понимание всего диапазона естественной изменчивости климата возможно только с помощью климатических прокси, которые обеспечивают многовековой контекст исследований. Для долгосрочной реконструкции климата требуются различные точные и хорошо датированные прокси-данные из многих мест по всему миру. Последнее тысячелетие особенно важно, потому что это наиболее документированный интервал, который позволяет проводить региональные сравнения. Были фазы с более сухими и теплыми условиями, а также с более влажными и прохладными периодами.

Горные системы Центральной Азии представляют собой резко континентальный климат, поэтому исследовать климатические изменения, характерные для данного региона. Поэтому Разработка ряда косвенных данных имеет решающее значение для лучшего понимания долгосрочных изменений климата в этом регионе. Одним из лучших источников палеоклиматической информации высокого разрешения являются годовые кольца деревьев. Можно заметить значительное увеличение пространственного охвата хронологий годовых колец по всей Азии. Исследования, посвященные прошлым колебаниям температуры и влажности, уже были опубликованы для горных хребтов Центральной Азии и количество статей за последние десятилетия значительно увеличилось. Однако, в Таджикистане проведено не так много исследований [1-6].

Поэтому, целью нашего исследования было восполнить пробел в дендрохронологической сети Центральной Азии. В этой статье мы представляем недавно полученные и разработанные данные о ширине годовых колец для горной территории озера Искадаркуль в северо-западной части Таджикистана.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ХАРАКТЕРИСТИКИ ОБЛАСТИ ИССЛЕДОВАНИЯ

Юго-западная часть системы Памиро-Алая состоит из Зерафшанского и Гиссарского хребтов. Наиболее важными экологическими факторами здесь являются засушливость территории, что связано с распространением растений субтропической флоры, которые являются относительно термофильными. Данное условие способствовало сохранению потомков палеогенной и неогенной термофильной флоры. Засушливость также может быть объяснена тем фактом, что одно и то же образование растительности иногда распределяется от нижних до высоких горных поясов.

Почвенный покров образуется в основном горными коричневыми, светло-коричневыми, выщелачиваемыми почвами, развивающимися в основном под можжевельником [7].

Особенности субтропического, резко континентального климата обусловлены континентальной зональностью и неравномерным распределением осадков. На высоте около 2200 м средняя январская температура составляет – 9 градусов по Цельсию, и +25 градусов в июле, а на высоте около 3600 м средняя январская температура достигает – 11 градусов по Цельсию, и +13 градусов в июле. На наветренных западных и юго-западных склонах выпадает до 2000 мм осадков в год, на подветренной стороне - около 500 мм, местами менее 200 мм.

Саратог расположен между Зеравшанским и Гиссарским хребтами, на больших высотах с суровыми климатическими условиями и относится к Центральному микрорайону Зеравшанского ботанико-географического региона [8].

Леса можжевельника в регионе Саратог представлены двумя образованиями: мезотермальный из *Juniperus seravschanica* и олиготермальный из *J. semiglobosa*. Деревья саур-можжевельника в окрестностях бассейна реки "Искадаркуль" гораздо больше распространены, чем можжевельник зеравшанский [9]. Эти можжевеловые леса растут на крутых, труднодоступных породах. Поэтому, они гораздо меньше подвержены антропогенному воздействию и хорошо сохранились в слегка нарушенной форме в районе исследования.

СБОР ОБРАЗЦОВ И ДАННЫХ С ШИРИНЫ КОЛЬЦА ДЕРЕВА

Из окрестностей Искандаркуля в 2016 году (39° 2'25.52"С, 68°16'30.50"В, 2500-2700 м над у.м.) с небольшими доказательствами антропогенного воздействия был сделан сбор кернов из можжевельника (*J. semiglobosa*), в общем количестве 72 из 39 деревьев (Рисунок 1). Эти деревья чрезвычайно медленно растут и долго живут. Одно живое дерево датируется 1589 годом и имело диаметр около 202 см (что указывает на среднегодовой рост всего 4,7 мм в год). Только деревья с доминирующим или кодоминантным статусом кроны [10] были отобраны для сведения к минимуму колебаний темпов роста, связанных с конкуренцией. Деревья с большим стволом или с деформацией кроны не были использованы. Выборка была на высоте 1-1,4 м и как минимум, два радиуса были извлечены, но некоторые из молодых деревьев были отобраны с одним ядром, с возрастным буром с использованием 5 мм диаметрам (производство Швеция) из различных направлений для дальнейшего дендрохронологического датирования.



Рисунок 1. Карта местности и место сбора образцов

После того, как на деревянных блоках были установлены высушенные на воздухе керны, затем были тщательно отполированы тонкой песчаной бумагой до тех пор, пока не стали видны трахеиды. Для проверки годовой ширины кольца была применена система измерения LINTAB VI (0,001 мм) с программным пакетом TSAP-Win Scientific 4.8 [11]. Для оценки качества измерения перекрестного датирования была использована программа COFESHA, для выявления отсутствующих колец и ошибок [12]. К финальной хронологии серии была применена программа ARSTAN [13] для выявления низкочастотных колебаний и их реакции на климат. Необработанные серии были консервативно сокращены с использованием линейной или отрицательной экспоненциальной функции для устранения последствий возраста или других переменных, не связанных с окружающей средой. Ухудшенная серия кольца дерева измеряется в обычной хронологии участка с использованием стабильного, двувзвешенное приближение среднего для смягчения эффекта выбросов. Эти отдельные стандартизированные серии затем усреднялись вместе, используя надежное двувзвешенное приближение среднего для создания стандартизированной средней хронологии. Керны с сердцевиной были использованы для оценки точного возраста дерева. Для кернов, которые были близки к сердцевине, возраст соответствующих деревьев был определен путем вставки 2-5 колец, противопоставляя их кольцевые узоры с кернами, которые имели сердцевину [14]. Девять кернов, по которым нельзя было оценить точный возраст, были использованы для развития хронологии.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Для детрендрования и индексации серии использовали программное обеспечение ARSTAN. Три версии хронологии производятся ARSTAN - стандартная хронология (STD), остаточная хронология (RES) и хронология арстана (ARS). Серия измерений ширины кольца была стандартизирована с использованием отрицательной экспоненциальной кривой или линейной регрессионной кривой [15]. Затем применяя двух взвешенную надежную оценку функции среднего значения для устранения последствий эндогенных нарушений стебда.

Средняя корреляция между сериями (в пределах 99%) были высокими 0,528, так же, как средняя чувствительность (0,230), стандартное отклонение (0,185), что имеет значительное отражение изменения климата [13]. Длина хронологии кольца дерева составляет 428 лет, что охватывает 1589-2016 г. и показывают высокую EPS (0,907), можно охарактеризовать тесные связи с экологической информацией [16] (Таблица 1).

Таблица 1. Сводная статистика хронологий ширины годичных колец *J. semiglobosa*

<i>Период хронологии</i>	<i>1589-2016</i>
<i>Длина (годы)</i>	428
<i>Кол-во (дерево/кern)</i>	39/72
<i>Интеркорреляция</i>	0,528
<i>MLS</i>	206,9
<i>AC1</i>	-0,077
<i>MS</i>	0,230
<i>R</i>	0,311
<i>SD</i>	0,185
<i>EPS</i>	0,907
<i>Годы (EPS≥0,85)</i>	1550 (series≥4)

*MLS - средняя длина серии, AC1 - первая автокорреляция; MS - средняя чувствительность; R - среднее значение коэффициента корреляции между отдельными Rbar; SD - стандартное отклонение; EPS – выраженный сигнал популяции.

Остаточная хронология (RES) использовалась для оценки отношений роста деревьев и климата и представления долгосрочных моделей роста деревьев в течение изученного периода. Пороговый EPS $\geq 0,85$ был использован для оценки наиболее надежного периода времени.

Точность годовых колебаний параметров кольца деревьев, т.е. интенсивности сигнала хронологий, оценивалась по меж-серийной корреляции (rbar), средней длине сегмента (MSL), средней корреляции (MC), стандартному отклонению (SD) и выраженному сигналу популяции (EPS), оба из которых были измерены как среднее значение, полученное в течение 50 лет. [17]. Этот метод позволяет охватить почти весь спектр данных о кольце деревьев. Отрицательная автокорреляция (-0.077) и высокая средняя чувствительность (0.230) ранжируются как «лучшие» хронологии и подходят для климатической реконструкции. [18].

На рисунке 2 показана кольцевая хронология с 1589 г. нефильтрованная и сглаженная 11-летним низкочастотным фильтром. Самыми экстремальными годами оказались 1616 г., который показывает высокий прирост и 1916 г. - низкий прирост.

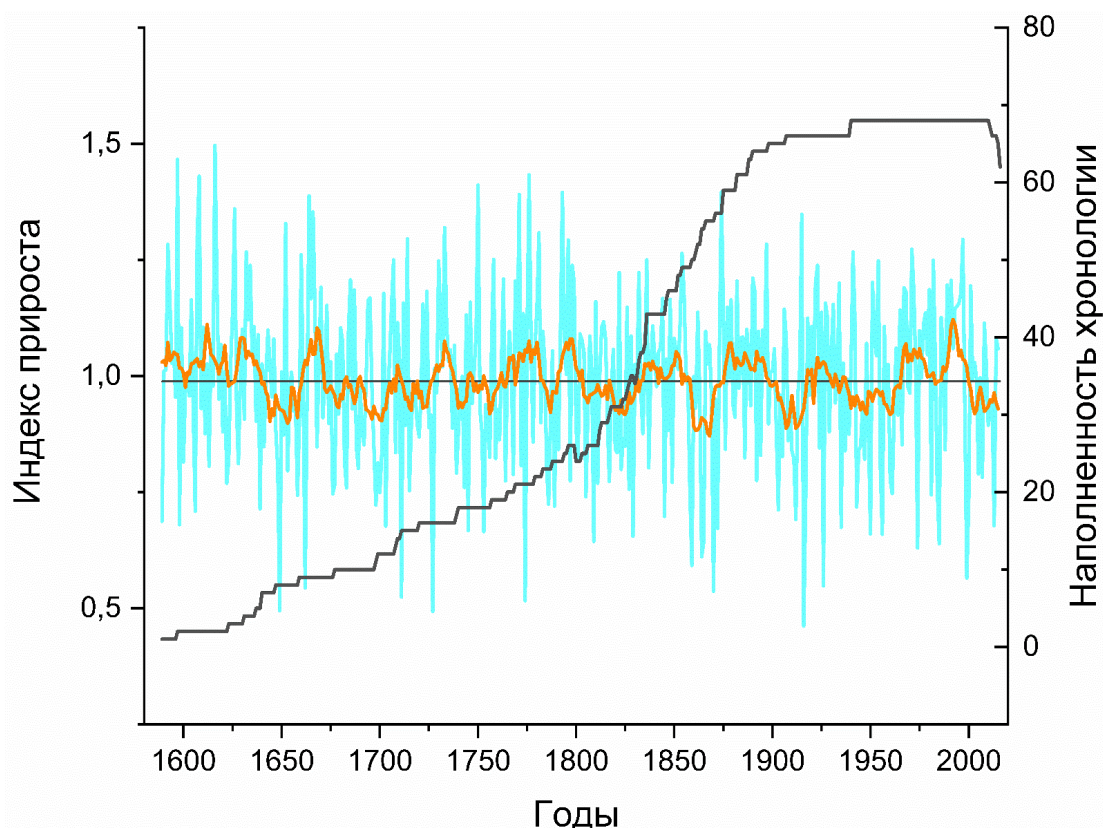


Рисунок 2. График остаточной хронологии (RES) со средним проходом сглаживания (11-летний фильтр нижних частот для выделения долговременных колебаний и глубины выборки

Хронология кольца дерева указывает на то, что средняя изменчивость кольцевой хронологии этого периода 1589-1688 (1,00) выше, чем 1916-2016 (0,986). Снижение прироста и повышение их показано на рисунке наблюдается, что снижение прироста приходится в 40-60-е гг. и 70-80-е гг. XVII в. и конец XVII и начало XVIII в. с периодом не менее 9 лет. Далее в XVIII в. самыми длительными периодами снижения прироста равняется 6 годам, которые приходятся в 1712-1718, 1720-1726, 1754-1760 и 1784-1790 годы. 12-летний период снижения наблюдается в начале XIX в., с 1804 года и с 1818 гг. Также в 60-е гг. XIX в., и в начале XX в., были обнаружены 16-летнее и 18-летнее снижение соответственно. Самым длинно-периодным снижением за всю хронологию мы нашли с 1938 года в 27 лет и в начале нынешнего века 15-летнее снижение. Повышение прироста в ходе исследований было найдено в 11 случаях минимальное в 11 лет и максимальным - 22 года. Конец XVI в. (1589-1600) и начало XVII в. (1602-1622), показывают тенденцию к росту, а также 1627-1639 и 1661-1671 гг. Далее 3 периода были обнаружены в XVIII в. это 30-е, 70-е и 90-е гг. Два периода 40-е и 80-е гг. в XIX в., и также 2 периода в XX в это 60-е и 90-е гг.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Это исследование дает начало для обширного изучения этих местностей и более детального построения региональных хронологий той или иной местности. Была построена древесно-кольцевая хронология с 1589 по 2016 год, которая может объяснить некоторые аномальные явления, которые происходили в течении этих 4-х столетий. Результаты анализов исследования подтверждают, что древесно-кольцевая хронология данной местности позволяет проводить связи с климатическими параметрами и на основе них описывать события, происходившие в прошлом. Некоторые периоды, которые показывают снижение или рост приростов нам пока неясны, но этот вопрос будет рассмотрен далее. Однако, можно с уверенностью предположить, что 2 длинно-периодных снижения 1938-1965 гг. и 2000-2015 гг. связаны с глобальным потеплением климата, что привело к увеличению температуры и уменьшению осадков, что и привело к нехватке влаги в горных районах исследуемой области. Основываясь на данных настоящей статьи можно судить что древесно-кольцевая хронология данной территории имеет высокий потенциал в дендроклиматическом понятии и может использоваться в дальнейшем для реконструкции и прогнозирования различных климатических факторов.

ЛИТЕРАТУРА
REFERENCES

1. Chen F., Yu S., He Q., Zhang R., Kobuliev Z. V., Mamadjonov Y. M. Comparison of drought signals in tree-ring width records of juniper trees from Central and West Asia during the last four centuries // *Arabian Journal of Geosciences*. – 2016. – V. 9, № 4. – P. 1-10.
2. Opała M., Niedźwiedz T., Rahmonov O., Owczarek P., Małarzewski Ł. Towards improving the Central Asian dendrochronological network—New data from Tajikistan, Pamir-Alay // *Dendrochronologia*. – 2017. – V. 41. – P. 10-23.
3. Owczarek P., Opała-Owczarek M., Rahmonov O., Mendecki M. 100Years of earthquakes in the Pamir region as recorded in juniper wood: A case study of Tajikistan // *Journal of Asian Earth Sciences*. – 2017. – V. 138. – P. 173-185.
4. Bakhtiyorov Zulfiyor, Yu Ruide, Monoldorova Akylai, Aminov Javhar, Gulkaiyr Omurakunova, kyzy M. P. Tree-Ring-Based Early-Summer Precipitation Reconstruction For Shahrstan, Sogd Province, Tajikistan, Since AD 1760-2016 // *East European Scientific Journal*. – 2017. – V. 28, № 12. – P. 6.
5. Bakhtiyorov Z., Yu R., Monoldorova A., Ta Z., Aminov J. Tree-Ring-Based Summer Temperature Minimum Reconstruction for Taboshar, Sogd Province, Tajikistan, Since AD 1840: Linkages to the Oceans // . – 2018. – P. 24.
6. Sabitova S., Yu R., Bakhtiyorov Z., Massakbayeva A., Issina B. Tree ring based summer precipitation reconstructed for South Western Tian Shan Mountain in Tajikistan since 1790-2016 // . – 2019. – V. 2, № 42. – P. 5.
7. Soils of Tajikistan. Soil formation conditions and soil geography. . / Kuteminsky V. Y., Leontiev R. S. – Dushanbe: Irfon, 1966. Soil formation conditions and soil geography. . – 223 p.
7. Почвы Таджикистана. Условия почвообразования и география почв. . / Кутеминский В., Леонтьева Р. – Душанбе: Ирфон, 1966. Условия почвообразования и география почв. . – 223 с.
8. On some botanical and geographical features of juniper forests in Tajikistan. *Flora of the Tajik SSR.* / Ovchinnikov P. N. – Moscow, Leningrad: USSR Academy of Sciences, 1957. *Flora of the Tajik SSR.* – 319 p.
8. О некоторых ботанико-географических особенностях арчовников Таджикистана. *Флора Таджикской ССР.* / Овчинников П. Н. – Москва, Ленинград: АН СССР, 1957. *Флора Таджикской ССР.* – 319 с.
9. Sadikov K. K. Juniper forests of the Iskander River basin (Tajikistan); Central Siberian Botanical Garden of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, 2012. – 142 p.
9. Садиков Х. Х. Арчовники бассейна реки Искандер (Таджикистан); Центральный сибирский ботанический сад Сибирского отделения Российской академии наук, г. Новосибирск, 2012. – 142 с.
11. *Forestry ecology.* New York. / Spurr S., Barnes B. – 3-rd ed.: John Wiley & Sons, 1980. New York. – 687 p.
12. Rinn F. TSAP-Win: time series analysis and presentation for dendrochronology and related applications // Frank Rinn, Heidelberg, Germany. – 2003.
13. Holmes R. L. Computer-assisted quality control in tree-ring dating and measurement // *Tree-ring bulletin*. – 1983. – V. 43, № 1. – P. 69-78.
14. *Methods of dendrochronology.* / Cook E. R., Kairiukstis L. A. – Kluwer, Dordrecht, 1990. – 394 p.
15. Clark S. L., Hallgren S. W. Age estimation of *Quercus marilandica* and *Quercus stellata*: applications for interpreting stand dynamics // *Canadian journal of forest research*. – 2004. – V. 34, № 6. – P. 1353-1358.
16. Cook E., Krusic P. A tree-ring standardization program based on detrending and autoregressive time series modeling, with interactive graphics (ARSTAN) // *Tree-Ring Laboratory, Lamont-Doherty Earth Observatory, Columbia University, Palisades, NY.* – 2008.
17. Chen F., Yuan Y.-j., Wei W.-s., Zhang T.-w., Shang H.-m., Zhang R. Precipitation reconstruction for the southern Altay Mountains (China) from tree rings of Siberian spruce, reveals recent wetting trend // *Dendrochronologia*. – 2014. – V. 32, № 3. – P. 266-272.
18. Wigley T. M., Briffa K. R., Jones P. D. On the average value of correlated time series, with applications in dendroclimatology and hydrometeorology // *Journal of climate and Applied Meteorology*. – 1984. – V. 23, № 2. – P. 201-213.
19. Fritts H. C., Shatz D. J. Selecting and characterizing tree-ring chronologies for dendroclimatic analysis // . – 1975. – V. 35. – P. 31-40.