

УДК 504.056:614.841(235.222)

## ДАТИРОВАНИЕ ПОЖАРОВ В ТРАНСФОРМИРОВАННЫХ ИМИ ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМАХ В ВЕРХОВЬЯХ РЕКИ АКТРУ (СЕВЕРО-ЧУЙСКИЙ ХРЕБЕТ, ГОРНЫЙ АЛТАЙ)

Николаева С.А., Савчук Д.А.

ФГБУН «Институт мониторинга климатических и экологических систем» СО РАН, Томск,  
e-mail: sanikoll@rambler.ru, savchuk@imces.ru

Одним из факторов нарушения лесных экосистем являются пожары. Леса Горного Алтая в плане их датирования изучены совершенно недостаточно. Цель работы – датирование пожаров в трансформированных ими лесных экосистемах в верховьях р. Актру (Северо-Чуйский хребет, Горный Алтай). Настоящее исследование было основано на совокупности дендроиндикационных методов, где признаками служили: наличие пирогенных травм годичных колец и каллюсной ткани, засмоленных колец, резкое изменение прироста ствола деревьев по сравнению с контролем и возрастная структура древесного яруса, восстановленная по возрасту деревьев кедр сибирского (*Pinus sibirica* Du Tour) и лиственницы сибирской (*Larix sibirica* Ledeb.). Дополнительно учитывались наблюдения очевидцев за пожарами и использовались результаты анализа слоев двух почвенных разрезов в одном из лесных сообществ. В трансформированных пожарами лесных экосистемах левого склона долины в верховьях р. Актру, в пределах горно-ледникового бассейна, установлено точное время локальных пожаров (1970, 1974 и 2008 гг.) в дополнение к зафиксированным очевидцами (2004, 2011, 2014 гг.). Также определены три наиболее вероятных периода появления пожаров в прошлом (конец XIX в., середина и вторая половина XVIII в., период ранее XVII в.). Пожары 1974 г. и конца XIX в., по-видимому, были распространены на большей части левого склона долины. Причинами локальных пожаров последних десятилетий (2004, 2008, 2011 и 2014 гг.), скорее всего, было неосторожное обращение с огнем на фоне относительно засушливой погоды. Массовые пожары 1974 г. и конца XIX в. вызваны в первую очередь погодно-климатическими условиями вегетационных сезонов соответствующих лет.

**Ключевые слова:** пожар, экосистема, дендроиндикация, годичные кольца, кедр, лиственница, Алтай

## DATING OF FIRES IN TRANSFORMED FOREST ECOSYSTEMS IN THE AKTRU HEADWATER (THE SEVERO-CHUISKY RANGE, THE ALTAI MOUNTAINS)

Nikolaeva S.A., Savchuk D.A.

*Institute of Monitoring of Climatic and Ecological Systems of the Siberian Branch of the Russian  
Academy of Sciences, Tomsk, e-mail: sanikoll@rambler.ru, savchuk@imces.ru*

One of the factors affecting forest ecosystems is fires. The forests of the Altai Mountains in terms of fire dating have been completely understudied. The aim is to date fires in the forest ecosystems transformed by them in the Aktru headwater (the Severo-Chuisky Range, the Altai Mountains). The study was based on a combination of dendroindication methods where features were the fire injuries of tree rings and callus tissue, traumatic resin dusts, abrupt changes in the tree radial increment as compared to the control trees, and the age structure of the trees and seedlings of Siberian stone trees (*Pinus sibirica* Du Tour) and Siberian larch (*Larix sibirica* Ledeb.). Additionally, eyewitness observations of fires were taken into account and the results of analysis of the layers of two soil profiles in one of the forest communities were used. In forest ecosystems transformed by fires on the left slope of the Aktru river valley the dates of local fires (1970, 1974 and 2008) were established in addition to those recorded by eyewitnesses (2004, 2011 and 2014). The three most probable past fire periods were also dated (the late 19th century, the middle and second half of the 18th century, a period earlier than the 17th century). The fires of 1974 and the late 19th century were possibly spread over most of the left slope of the valley. The causes of local fires in recent decades (2004, 2008, 2011 and 2014) were highly likely due to human activity (tourism) and the relatively dry weather. Mass fires of 1974 and the late 19th century caused primarily by the weather and climate conditions during the growing seasons.

**Keywords:** fire, ecosystem, dendroindication, tree ring, Siberian stone pine, Siberian larch, Altai Mountains

Одним из факторов нарушения лесных экосистем на территории Сибири являются пожары. Поскольку экосистемы лесов, особенно горных, чрезвычайно чувствительны к воздействию внешних факторов, в том числе пожаров, то последствия их воздействия приводят к изреживанию или исчезновению лесов и, как следствие, к усилению склоновых процессов в горах. Изучение пожаров сосредоточено в ос-

новном на территории равнинных лесов Сибири [1–3]. Так, на юге Западно-Сибирской равнины (Алтайский край) выявлена динамика распространения лесных пожаров за 1950–2012 гг. и факторы их вызывающие [3]. Леса Горного Алтая в этом плане изучены совершенно недостаточно. В частности, в верховьях р. Актру, в пределах ее горно-ледникового бассейна, пожары отмечены в конце XIX в. [4]. Поэтому

важное значение приобретают косвенные методы их датирования, среди которых дендроиндикационные являются наиболее перспективными [5, 6].

Цель исследования: датирование пожаров в трансформированных ими лесных экосистемах в верховьях р. Актру (Северо-Чуйский хребет, Горный Алтай).

#### Материалы и методы исследования

Верховья р. Актру, в пределах горно-ледникового бассейна, составляющего около 40 км<sup>2</sup>, расположены на северном макросклоне Северо-Чуйского хребта (Горный Алтай). Климат района, по данным ГМС Актру (50°04' с.ш., 87°45' в.д., 2150 м над ур. м.), характеризуется относительно низкими зимними (–17,2–18,6°C) и летними (7,7–9,6°C) температурами воздуха, годовыми суммами осадков около 550 мм и высокими амплитудами их колебаний по годам и сезонам.

Нижние части склонов (на абсолютных высотах 1990–2300 м) занимают леса из кедра сибирского (*Pinus sibirica* Du Tour) и лиственницы сибирской (*Larix sibirica* Ledeb.). Ближе к ледникам сохранились фрагменты коренных старовозрастных кедровых лесов, ниже по долине произрастают более молодые в основном лиственничные леса, пройденные пожарами [7], т.е. экосистемы последних трансформированы пожарами. Фрагменты лесов разделены безлесными пространствами (осыпями, курумами и лавинными конусами).

В лиственничниках заложено 4 пробных площади (ПП) на левом (юго-восточ-

ном) более сухом и пожароопасном склоне (рис. 1). На каждой ПП проведен пересчет древостоя и подроста. Поскольку в верховьях р. Актру поддерживается режим близкий к заповедному, то при сборе материала использовались методы, минимизирующие уничтожение деревьев. Для установления года пожара отбирались живые деревья, имеющие его признаки (нагары, пожарные подсушины) и погибшие (обгорелые пни, сухостой). У первых брались керны, у вторых – выпилены или спилы. Контролем служили деревья, не затронутые пожарами. Дополнительно использовались данные из кедровника (ПП № 1С), расположенного на границе трансформированных и коренных лесных сообществ в зоне аккумуляции селового бассейна. Всего было взято 186 древесных образцов с 98 деревьев (таблица).

Ширина годичных колец, или радиальный прирост, на кернах/спилах измерялась на измерительном комплексе LINTAB с точностью 0,01 мм. Затем полученные ряды прироста перекрестно датировались [5].

Для установления времени пожаров использовалась комбинация из нескольких методов дендроиндикации: травматический (используемые диагностические признаки – пожарные травмы годичных колец и каллюсная ткань), анатомический (засмоленные годичные кольца), дендрометрический (резкое значительное изменение прироста ствола деревьев по сравнению с приростами контрольных) и возрастной (оценка периодов появления новых генераций деревьев по их восстановленному возрасту и возрастной структуре древостоев) [6].

Характеристика материала из лесных сообществ по высотному профилю

| № ПП     | Годы обследования | Высота над ур. м., м | Количество             |                    |                           |
|----------|-------------------|----------------------|------------------------|--------------------|---------------------------|
|          |                   |                      | обследованных деревьев | древесных образцов | годичных колец в образцах |
| 1С       | 2012, 2015, 2018  | 2160–2170            | 24 (К)                 | 43                 | 103-295                   |
| 17       | 2018              | 2200                 | 7 (Л)<br>6 (К)         | 11<br>12           | 32-264<br>25-31           |
| 13       | 2008, 2018        | 2150                 | 7 (Л)<br>9 (К)         | 13<br>20           | 142-214<br>43-100         |
| 15       | 2008, 2015, 2018  | 2070–2080            | 9 (Л)<br>1 (К)         | 18<br>2            | 76-184<br>80              |
| 16       | 2017              | 1990                 | 7 (Л)<br>4 (К)         | 14<br>9            | 78-300<br>57-109          |
| итого    |                   |                      | 74                     | 142                |                           |
| контроль | 2003, 2018        | 2160–2180            | 5 (Л)<br>19 (К)        | 8<br>36            | 144-381<br>82-397         |

ПП – Пробная площадь, К – кедр, Л – лиственница.

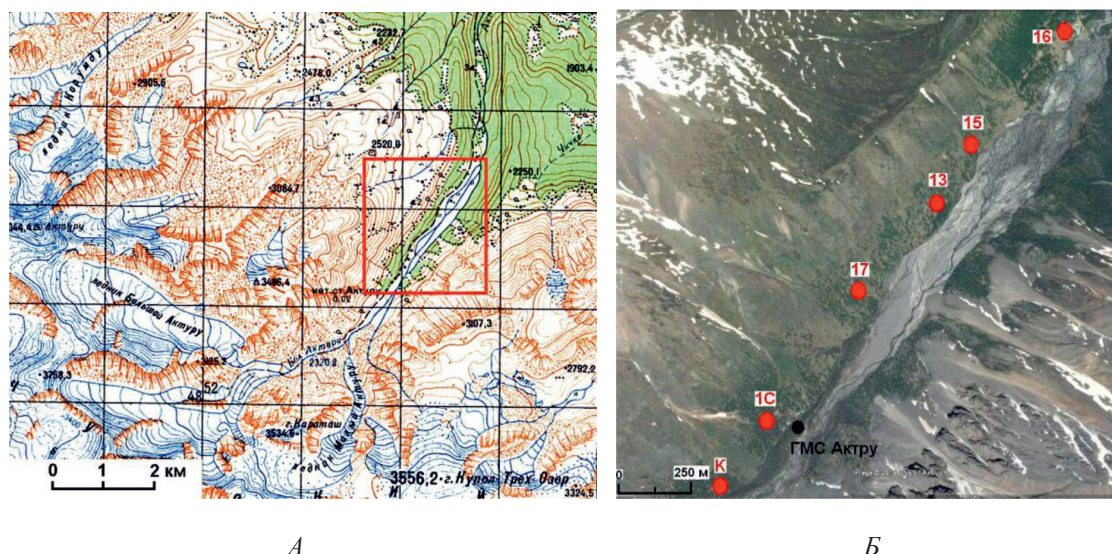


Рис. 1. А – карта верховьев р. Актру с участком исследования (в красной рамке). Б – спутниковый снимок этого участка с расположением пробных площадей (красные кружки). Цифрами показаны номера пробных площадей, К – контроль. Снимок Google Earth

Кроме вышеупомянутых методов использовались наблюдения очевидцев по пожарам в верховьях р. Актру и результаты датирования пожаров в сообществе (ПП № 1С), полученные на основе анализа восстановленного возраста деревьев и двух почвенных разрезов (глубиной 0,8 и 1,8 м). Дополнительно привлекались среднемесячные данные ГМС Актру (2150 м над ур. м., 1958–1994 гг.), а также ближайшей к ней ГМС Кош-Агач (1758 м, 1933–2012 гг.), расположенной в 70 км на северо-запад от верховий р. Актру.

#### Результаты исследования и их обсуждение

Древостои трансформированных лесных экосистем – лиственничные и кедрово-лиственничные – состоят из 1–2 генераций деревьев [7]. В первом ярусе этих древостоев преобладает лиственница, а кедр, как правило, встречается во втором ярусе, а также в виде обильного подроста. От самой старой генерации сохранились отдельные деревья лиственницы в возрасте 320–420 лет. Средний возраст основной генерации деревьев лиственницы и кедра составлял 210–240 лет, самой младшей – 80–120 лет. Средняя высота основной генерации деревьев – 20–22 м, диаметр 45–48 см, младшей – 7–17 м и 14–25 см соответственно. Во всех сообществах имеется подрост кедра: в трех из них он крупный (высотой 1,5–4 м) хорошей жизненности, в двух (ПП № 13, 1С) – угнетенный.

Обследованных деревьев из верхнего полога для восстановления перерывов в появлении новых генераций оказалось недостаточно. Особенно это заметно в сообществе (ПП № 17), где в недавнем прошлом прошел довольно сильный пожар: сохранились единичные взрослые деревья, уничтожен весь подрост кедра, пни деревьев сильно обгорели. Восстановленный возраст крупного подростка кедра в изученных лиственничниках не превышает 40–50 лет, т.е. он появился в 1970–1980-е гг. (рис. 2). Возраст угнетенного подростка достаточно точно не восстанавливается, что не позволяет использовать его для датирования пожаров в соответствующих сообществах (ПП № 13, 1С).

Следы нагара и послепожарные подсушины в основании стволов деревьев хорошо сохранились у части деревьев. Повреждения со стороны подсушин у отдельных деревьев охватили не только кору и луб, но и одно-два годичных кольца древесины. Радиальный прирост таких деревьев на следующий год снизился. У взрослых деревьев лиственницы он обычно восстанавливался в течение одного-двух лет. У деревьев кедра, особенно молодых, прирост древесины в районе подсушины мог сохраняться на низком уровне длительное время, а годичные кольца нередко сильно засмолялись. В дальнейшем у части сохранившихся молодых деревьев кедра резко усиливался прирост по радиусу.

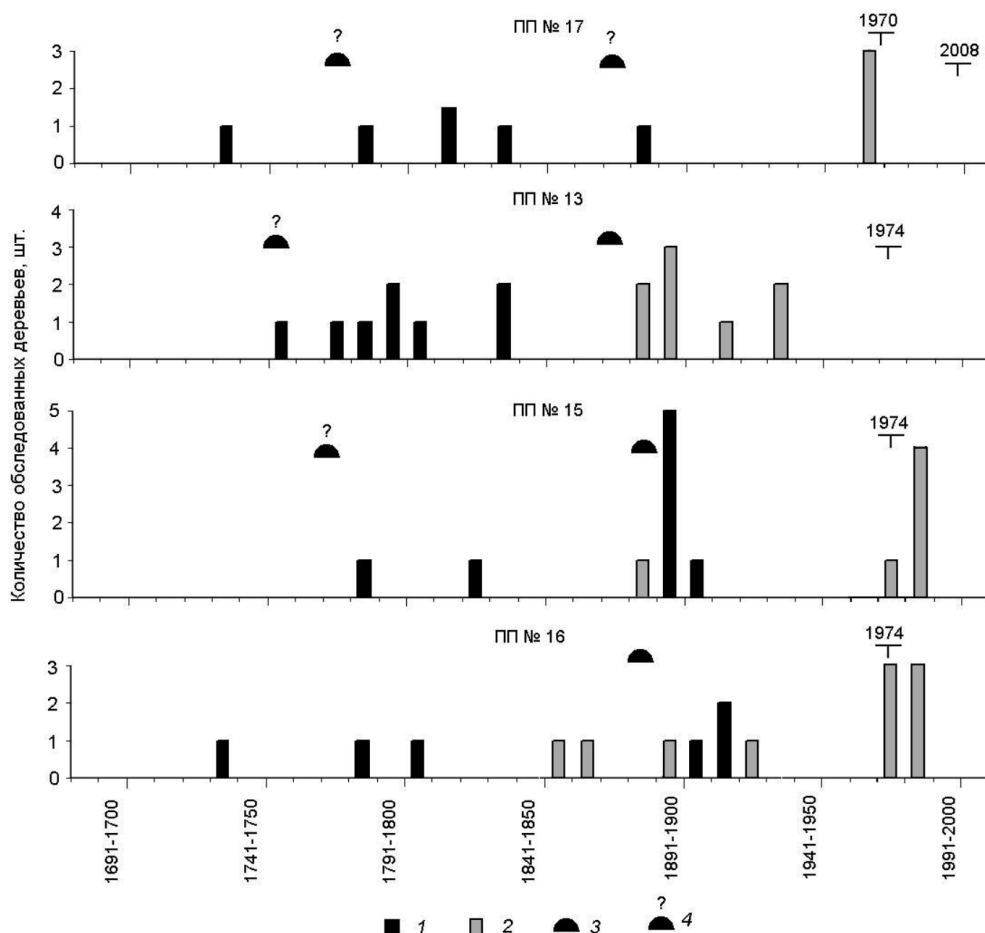


Рис. 2. Распределение обследованных деревьев лиственницы (1) и кедра (2) в трансформированных пожарами сообществах по левому склону долины р. Актру. Цифрами обозначен год локального пожара. Период пожара: установленный (3) и вероятный (4)

Учитывая вышесказанное, для реконструкции пожаров была использована совокупность методов. По дендроиндикационным признакам (травмы годичных колец, сопровождающее их резкое изменение прироста ствола деревьев и год гибели крупного кедрового подроста) были установлены годы последних локальных пожаров. Датировка послепожарных подсушин у деревьев показала, что в трех лиственничниках пожары были в 1974 г., в одном (ПП № 17) – в 1970 г. В первом случае огонь повредил в основном деревья кедра и небольшую часть деревьев лиственницы, во втором – большую часть деревьев лиственницы. После этих пожаров началось формирование новых генераций деревьев, в настоящее время представленных кедровым подростом. Крупный кедровый подрост в одном из сообществ (ПП № 17) был вновь уничтожен пожаром в 2008 г., после которого в те-

чение последних десяти лет возобновление отсутствовало.

Датирование более давних пожаров затруднялось из-за зарастания внешних следов от пожаров, редкой встречаемости внутренних следов на кернях/спилах и наличия сердцевинной гнили у обследованных деревьев, а также из-за недостатка деревьев старших возрастов в трансформированных пожарами экосистемах. Анализ возрастной структуры и изменений прироста во всех сообществах позволил выделить еще один возможный период с пожарами – конец XIX в. (1871–1890 гг.), т.е. пожары охватили большую часть нижней половины территории левого склона долины р. Актру. По-видимому, последствия воздействия именно этих пожаров на леса описаны В.В. Сапожниковым [4], посетившим верховья р. Актру в 1898 г. Он отметил наличие сгоревшего леса с сохранив-



шимися живыми лиственницами. Периоды, предшествовавшие формированию новых генераций деревьев в верховьях р. Актру в конце XIX в. (1871–1890 гг.), близки к периодам начала формирования послепожарных лесов в южной тайге Западной Сибири (1871–1880 гг.) [1].

Еще один перерыв в появлении генераций деревьев – XVIII в., возможно, также связан с пожарами, прошедшими здесь, скорее всего во второй его половине. Из-за малого количества сохранившихся для этого периода деревьев точнее установить время их прохождения не удалось. Исключение составляет одно из сообществ (ПП № 13), где обследованные деревья начали массово появляться во второй половине XVIII в., т.е. время пожара датируется серединой XVIII в. (1751–1760 гг., рис. 2). Пожары, прошедшие в это время по левому склону долины р. Актру, подтверждаются результатами анализа восстановленного возраста деревьев и слов почвенного разреза из кедровника, расположенного в зоне аккумуляции селевого бассейна (ПП № 1С). Основная генерация деревьев здесь имеет возраст 150–200 лет, единичные – 250 лет, т.е. пожар произошел на рубеже XVIII–XIX вв. Ему соответствует ровный слой обугленной древесины в кровле слоя № 4 двух разрезов, т.е. в это время сгорела большая часть деревьев в данном кедровнике [8].

Еще один пожар, который был в далеком прошлом, выявляется по наличию обугленной древесины в селевых слоях двух разрезов в этом кедровнике (ПП № 1С). Частицы углей перемешаны с селевым материалом в слое № 6, т.е. они были принесены селевым потоком с вышерасположенного участка сгоревшего леса. Поскольку слой № 5 датирован концом XVI в. – началом XVII в. [8], то пожар этого участка леса произошел до XVII в.

Сильные пожары часто связывают с засухами вследствие господства блокирующих антициклонов в атмосфере [2, 9], с продолжительными (15–48 дней) периодами без дождей в течение пожароопасных сезонов [1]. Локальные участки леса в верховьях р. Актру, по наблюдениям очевидцев, горели в 2004, 2011, 2014 гг. Причиной возникновения пожаров в эти годы, скорее всего, было неосторожное обращение с огнем на фоне более засушливых погодных условий (по данным ГМС Кош-Агач).

Вегетационный сезон 1974 г. с массовыми пожарами по левому склону долины был сухим (на 51% меньше осадков по сравнению со среднемноголетними значения-

ми, ГМС Актру) и жарким (температуры на 1,5–2 °C выше), а 1973 г. – прохладным и влажным. За зиму 1973–1974 гг. выпало на 23% меньше снега, чем обычно. Кроме того, в лесу за предыдущий беспожарный период, по-видимому, накопился горючий материал. Таким образом, в 1974 г. сформировались условия для возникновения и развития пожара. Аналогичная ситуация наблюдалась и на прилегающей равнинной территории (Алтайский край) [3]. Метеорологические условия 1970 и 2008 гг. были менее напряженные по сравнению с 1974 г. Благоприятные условия для возникновения пожаров в 1970 г. наблюдались в отдельные месяцы (повышенная температура и пониженная сумма осадков были в августе), а жаркая погода на фоне повышенного или среднемноголетнего количества осадков в 2008 г. была в течение всего вегетационного сезона.

Пожары в конце XIX в. в верховьях р. Актру совпадают с периодами потеплений, выявленных по динамике хода реконструированной температуры [7], которые, скорее всего, сопровождались длительными периодами без дождей. В это время пожары наблюдались и на юге Западной и Средней Сибири [1], т.е. они охватили большую территорию и, видимо, были вызваны сходными изменениями климата (повышенная температура и пониженное количество осадков).

### Заключение

Настоящее исследование было основано на дендроиндикационных методах, где признаками служили: наличие травм годичных колец, каллюсной ткани и засмоленных колец, даты гибели крупного кедрового подроста, резкое изменение прироста ствола деревьев по сравнению с контролем, возрастная структура древесного яруса на основе восстановленного возраста деревьев кедров сибирского и лиственницы сибирской. Дополнительно учитывались наблюдения очевидцев за пожарами и использовались результаты анализа слоев двух почвенных разрезов в одном из сообществ.

В трансформированных пожарами лесных экосистемах левого склона долины в верховьях р. Актру, в пределах горно-ледникового бассейна (Северо-Чуйский хребет, Горный Алтай), установлено точное время локальных пожаров (1970, 1974 и 2008 гг.) в дополнение к зафиксированным очевидцами (2004, 2011, 2014 гг.). Также определены три наиболее вероятных периода по-

явления пожаров в прошлом (конец XIX в., середина и вторая половина XVIII в., период ранее XVII в.). Пожары 1974 г. и конца XIX в., по-видимому, были распространены на большей части левого склона долины. Причинами локальных пожаров последних десятилетий (2004, 2008, 2011 и 2014 гг.), скорее всего, было неосторожное обращение с огнем на фоне относительно засушливой погоды. Массовые пожары 1974 г. и конца XIX в. вызваны в первую очередь напряженными погодно-климатическими условиями вегетационных сезонов соответствующих лет.

*Исследование было выполнено в рамках государственной темы № АААА-А17-117013050039-4.*

### Список литературы / References

1. Фуряев В.В. Периоды высокой горимости и их роль в лесообразовательном процессе // Сибирский экологический журнал. 1996. № 1. С. 67–71.  
Furyaev V.V. Fire periods and their role in the forest formation process // Sibirskiy ekologichesky zhurnal. 1996. № 1. P. 67–71 (in Russian).
2. Цветков П.А., Буряк Л.В. Исследование природы пожаров в лесах Сибири // Сибирский лесной журнал. 2014. № 3. С. 25–42.  
Tsvetkov P.A., Buryak L.V. Studies of Fire Nature in the Forests of Siberia // Siberian Journal of Forest Science. 2014. № 3. P. 25–42 (in Russian).
3. Фроленков И.М., Фроленков О.М. Динамика распространения лесных пожаров в Алтайском крае // Мир науки, культуры, образования. 2014. № 1 (44). С. 394–397.  
Frolenkov I.M., Frolenkov O.M. The dynamics of the spread of forest fires in the Altai region // Mir nauki, kultury, obrazovaniya. 2014. № 1 (44). P. 394–397 (in Russian).
4. Сапожников В.В. По Русскому и Монгольскому Алтаю. М.: Изд. геогр. лит-ры, 1949. 578 с.  
Sapozhnikov V.V. Along the Mongolian and Russian Altai. M.: Izd-vo geogr. lit-ry, 1949. 578 p. (in Russian).
5. Шиятов С.Г., Ваганов Е.А., Кирдянов А.В., Крыглов В.Б., Мазепа В.С., Наурызбаев М.М., Хантемиров Р.М. Методы дендрохронологии. Ч.1. Основы дендрохронологии. Сбор и получение древесно-кольцевой информации. Красноярск: Изд. КрасГУ, 2000. 80 с.  
Shiyatov S.G., Vaganov E.A., Kirdyanov A.V., Kryglov V.B., Mazepa V.S., Naurzbayev M.M., Khantemirov R.M. Methods of dendrochronology. Part 1. Basis of dendrochronology. Collection and determination of tree ring information. Krasnoyarsk: Izd. KrasGU, 2000. 80 p. (in Russian).
6. Stoffel M., Corona C. Dendroecological dating of geomorphic disturbance in trees. Tree-ring research. 2014. Vol. 70. № 1. P. 3–20. DOI: 10.3959/1536-1098-70.1.3.
7. Timoshok E.E., Timoshok E.N., Nikolaeva S.A., Savchuk D.A., Filimonova E.O., Skorokhodov S.N., Bocharov A.Yu. Monitoring of high altitudinal terrestrial ecosystems in the Altai Mountains. IOP conf. series: Earth and environmental science. 2016. Vol. 48. P. 1–9. DOI: 10.1088/1755-1315/48/1/012008.
8. Николаева С.А., Савчук Д.А., Кузнецов А.С. Датирование селевой активности в горно-ледниковом бассейне Актру (Горный Алтай) // Геориск. 2017. № 2. С. 56–63.  
Nikolaeva S.A., Savchuk D.A., Kuznetsov A.S. Dating of debris flow activity in the Aktru mountain glacier basin (the Altai Mountains) // Georisk. 2017. № 2. P. 56–63 (in Russian).
9. Валендик Э.Н., Кисилыхов Е.К., Рыжкова В.А., Пономарев Е.И., Голдаммер Й.Г. Лесные пожары в Средней Сибири при аномальных погодных условиях // Сибирский лесной журнал. 2014. № 3. С. 43–52.  
Valendik E.N., Kisilyakhov E.K., Ryzhkova V.A., Ponomarev E.I., Goldammer J.G. Forest Fires Under Abnormal Weather Conditions in Central Siberia // Siberian Journal of Forest Science. 2014. № 3. P. 43–52 (in Russian).