

УДК 571.51:630.43:551.312.22:551.795

## РЕКОНСТРУКЦИЯ ПОЖАРОВ В ДЕВСТВЕННЫХ ЛЕСАХ НА МЕЖДУРЕЧЬЕ СЫМ – ДУБЧЕС В ГОЛОЦЕНЕ

Л. В. Карпенко, А. С. Прокушкин

Институт леса им. В. Н. Сукачева СО РАН – обособленное подразделение ФИЦ КНЦ СО РАН  
660036, Красноярск, Академгородок, 50/28

E-mail: karp@ksc.krasn.ru, prokushkin@ksc.krasn.ru

Поступила в редакцию 20.05.2019 г.

Приводятся результаты реконструкции низовых лесных пожаров на болотах среднетаежной подзоны (междуречье Сым – Дубчес) Приенисейской Сибири в голоцене. Анализ стратиграфии торфяной залежи, послойное датирование торфа по  $^{14}\text{C}$  и морфологическое исследование пирогенных прослоек позволили установить время пожаров, их периодичность и интенсивность. Выявлено, что в южной (ключевой участок «Кривляк») и северной (ключевой участок «Развилки – Хойба») частях Сым-Дубчесского междуречья интенсивность и периодичность пожаров были неодинаковы. На ключевом участке «Кривляк» в торфяной залежи болота обнаружено шесть пирогенных прослоек разного возраста: 8015, 6795, 2675, 2280, 1780, 1550 л. н. Интервал между пожарами по данным разреза «Мочажина» составлял 4515 лет, разреза «Бугор» – 5340, 895, 230 лет. Все пожары были слабыми и не оказали существенного влияния на сукцессии фитоценозов и болотообразовательный процесс. На ключевом участке «Развилки – Хойба» в стратиграфии болота зафиксировано 16 пирогенных прослоек. Установлено, что слабые пожары имели место 7790, 7412, 5958, 5745, 5030, 2339, 1351, 1099 л. н. Сильные пожары, которые оказали значительное влияние на смену болотных фитоценозов и скорость аккумуляции торфа, происходили 12237, 7174, 5940, 5427, 4914, 2187, 2072, 1957 л. н. Интервал между пожарами в каждом разрезе этого участка значительно варьирует. Частая повторяемость лесных пожаров отмечена в атлантическом и первой половине субатлантического периода. В позднем голоцене на болотах произошла смена лесных и лесоболотных фитоценозов сильно обводненными топяными грядово-мочажинными комплексами с доминированием в моховом покрове сфагнума бурого *Sphagnum fuscum* (Schimp.) H. Klinggr. В этот период воздействие лесных пожаров на периферийную часть болот ключевых участков прекратилось. Пожары на исследованных болотах способствовали активизации лесообразовательного процесса. Послепожарные сукцессии были представлены преимущественно березовыми и березово-сосновыми травяными фитоценозами.

**Ключевые слова:** болота, лесные пожары, голоцен, стратиграфия, радиоуглеродное датирование, пирогенные прослойки, реконструкция.

DOI: 10.15372/SJFS20190508

### ВВЕДЕНИЕ

Изучение проблемы лесных пожаров в приенисейской части Западной Сибири в современный период имеет важное значение для оценки их роли в происхождении и образовании таежных лесов. Разновозрастность сосновых и лиственничных лесов этой территории связывают с частыми пожарами и последующим появлением на пожарищах и горях новых поколений лесов (Фуряев, 1996; Швиденко, Щепашенко,

2013). Средний межпожарный интервал в среднетаежных сосняках Сибири оценивается от 50 (Фуряев, 1996; Арбатская, Ваганов, 1997) до 320 лет (Kharuk et al., 2011). По данным ряда авторов (Loore, Gruell, 1973; Курбатский, 1976 и др.), на протяжении голоцена пожары в таежных экосистемах возникали преимущественно от молний.

В настоящее время для реконструкции прошлых пожарных режимов применяется дендрохронологический анализ поперечных спилов деревьев, имеющих пожарные подсушины

(Dieterich, Swetnam, 1984). Однако такой ретроспективный анализ ограничивается интервалом в 300–500 лет – максимально возможным возрастом деревьев (Громцев, 1993). В отдаленной ретроспективе о пожарных режимах в первобытных лесах могут свидетельствовать пирогенные признаки в виде прослоек золы и углей в древесных видах торфа, которые сохраняются в течение тысяч лет. Как отмечал R. L. Clark (1982), микроскопические кусочки древесного угля, содержащиеся в палинологических препаратах, позволяют восстановить историю лесных пожаров и их роль в развитии растительности.

Литературных данных по изучению пирогенных прослоек в торфяных залежах болот голоценового периода относительно немного. Пирогенная динамика лесов и частота пожаров по числу прослоек углистого материала в торфяных отложениях изучались в Карелии и Южной Финляндии (Gromtsev, 1996; Pitkänen et al., 2001; Громцев, 2008), а также в юго-восточной части Мещерской низменности (Дьяконов и др., 2017). Авторами установлено, что залегание пирогенных прослоек с микрочастицами углей в торфе напрямую связано с лесными пожарами на окружающей болото территории. По А. Н. Громцеву (1993), в первобытных лесах Карелии периодичность пожаров колебалась от 1–2 в тысячелетие до 1–2 в столетие. А на юго-востоке Мещеры на протяжении среднего и позднего голоцена «периоды с высокой частотой пожаров (от 15–20 до 120 лет) сменяли интервалы, когда пожары происходили с частотой от 500–600 до 1800 лет» (Дьяконов и др., 2017, с. 239).

В Приенисейской Сибири неоднократно встречающиеся прослойки углей в почвах и торфяных отложениях выявлены карпологическими исследованиями В. Л. Кошкарновой (1986). По мнению автора, основной причиной возникновения лесных пожаров был теплый и сухой климат голоцена в периоды 8300–8000, 5000–6000 и около 3200 л. н.

Цель наших исследований – реконструкция истории лесных пожаров, их интенсивности и интервала между пожарами в девственных лесах средней тайги левобережья Енисея (60°53' с. ш., 89°38' в. д.) на основе стратиграфического изучения торфяной залежи болот, радиоуглеродного датирования слоев торфа и почвенно-морфологического анализа пирогенных прослоек.

#### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

По лесорастительному районированию И. А. Короткова (1994), район исследований относится к Сымско-Дубчесскому лесорастительному округу. Главная черта растительного покрова этого района – постоянное чередование сосновых боров, темнохвойной тайги и верховых болот, что является следствием сложного геолого-геоморфологического строения. Основную роль в лесной растительности играют сосняки IV–V, реже III класса бонитета, которые вместе с верховыми болотами определяют ландшафт территории. На Сымской равнине преобладают сосновые леса, по долинам рек Дубчес, Большая и Малая Хойба – кедрово-еловые леса, произрастающие на суглинистых почвах, а в низовьях р. Дубчес на водоразделах рек по зандровым пескам доминируют лишайниковые боры (Елизарьева, 1964). К наиболее пожароопасным насаждениям района исследований относятся сосняки лишайниковые, лишайниково-брусничные, бруснично-разнотравные, зеленомошно-брусничные (Фурьев, 1996; Воздействие..., 2014).

Исследования проводились на двух локальных ключевых участках. Первый, с условным названием «Кривляк», расположен в южной части Сым-Дубчесского междуречья, в левобережной долине р. Сым (пос. Кривляк, 60°20' с. ш., 90° в. д.). Он находится на высокой песчаной (более 200 м) надпойменной террасе Енисея, которая в настоящее время занята верховыми грядово-мочажинными болотами и сосновыми и кедровыми чернично-бруснично-зеленомошными лесами. Первый разрез с условным названием «Мочажина» заложен в центральной части верхового болотного массива площадью 1.5 км<sup>2</sup>, поверхность которого занята грядово-мелкомочажинным комплексом. Угнетенный древесный ярус образован сосной обыкновенной болотной формы *Pinus sylvestris* f. *litwinowii*. Высота деревьев колеблется от 2 до 4 м, диаметр на уровне груди – от 6 до 10 см. На отдельных грядах имеется подрост сосны, изредка сосны кедровой сибирской (кедра) *Pinus sibirica* Du Tour. Второй с условным названием «Бугор» находится на расстоянии 200 м от первого, в периферийной части болота. Здесь образовалась долина стока с болота, ширина которой примерно 150–200 м. В долине много небольших, но глубоких эрозионных ложбин, которые заняты ручьями, полноводными во время снеготаяния, а летом в большинстве своем пересыхающими. Между ложбинами находятся многочисленные сухие торфяные бугры до 5.0 м в поперечнике и высотой 1.3–1.5 м.

В настоящее время здесь развит евтрофный березняк мелкотравно-черничный IV класса бонитета. В древостое также встречаются кедр и ель сибирская *Picea obovata* Ledeb. со следами пожаров (пожарные подсушины). В одном из торфяных бугров был заложен разрез.

Второй участок с условным названием «Развилки – Хойба» находится в правобережной долине р. Дубчес в ее нижнем течении (60°04' с. ш., 89°23' в. д.). Растительный покров территории представлен сильно обводненными грядово-мочажинными болотами, которые окружены лишайниковыми борами. В условиях пониженного рельефа встречаются сосняки бруснично- и чернично-зеленомошные. Торфяные разрезы с условными названиями ВБ7-3, ВБ7-4, ВБ7-5 заложены в периферийной части крупного болотного массива, расположенного в долине р. Хойбы, правого притока р. Дубчес. Растительный покров болота на грядах представлен сосново-кустарничково-сфагновым фитоценозом (сосна обыкновенная болотной формы *f. litwinowii* с незначительной примесью сосны *f. uliginosa*), в мочажинах доминирует осоково-сфагновый фитоценоз. Детальное описание болотной растительности, стратиграфии и видов торфа этого участка приведено ранее (Карпенко, Прокушкин, 2018).

Основными методами исследований являлись ботанический анализ торфа и его датирование по <sup>14</sup>C. Образцы на определение стратиграфии торфяной залежи отбирали ручным буром системы Гиллера и Инсторфа послойно сплошной колонкой с интервалом 25 и 10 см (разрезы «Мочажина» и «Бугор») и 5 см (разрезы ВБ7-3, ВБ7-4, ВБ7-5). Пирогенные про-

слойки в залежи отмечали в полевых условиях одновременно с отбором образцов торфа. Определяли мощность пожарного слоя, его морфологические признаки и расположение по глубине торфяной колонки.

Ботанический анализ торфа выполняли по ГОСТ 28245-89 (2006), использовали микроскоп «Leitz Wetzlar» с увеличением ×20 и ×40. Для идентификации растительных остатков в волокне торфа применяли атласы (Домбровская и др., 1959; Кац и др., 1977). Возраст торфа по <sup>14</sup>C в разрезах «Мочажина» и «Бугор» определен в Институте леса и древесины им. В. Н. Сукачева СО АН СССР (г. Красноярск, лабораторный индекс «КРИЛ») (табл. 1). Возраст торфа в разрезах ВБ7-3, ВБ7-4, ВБ7-5 определен в Институте биогеохимии им. Макса Планка (Йена, Германия) (Steinhof et al., 2017). Абсолютный возраст прослоек с признаками пирогенных нарушений в этих разрезах, если они расположены между датированными слоями торфа, получен методом интерполяции (табл. 2).

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

*Ключевой участок «Кривляк».* Мощность торфяной залежи болота на месте заложения разреза «Мочажина» 2.25 м. Залежь сложена торфами топяного и лесотопяного подтипов древесно-травяной, травяной, травяно-моховой и моховой групп. В торфяной залежи, вскрытой разрезом «Мочажина», отмечены две пирогенные прослойки (рис. 1): первая – в основании залежи – 2.25 м, возраст слоя торфа 6795 л. н. (первая половина атлантического периода (АТ1)), вторая – на глубине 0.75 м, абсолютный возраст

**Таблица 1.** Радиоуглеродный возраст торфа ключевого участка «Кривляк»

| Разрез     | Глубина датированного слоя, см | Лабораторный номер | Радиоуглеродный возраст, <sup>14</sup> C | Разрез  | Глубина датированного слоя, см | Лабораторный номер | Радиоуглеродный возраст, <sup>14</sup> C |
|------------|--------------------------------|--------------------|--|---------|--------------------------------|--------------------|--|
| «Мочажина» | 50                             | КРИЛ-659           | 1480 ± 40                                | «Бугор» | 10                             | КРИЛ-644           | 380 ± 30                                 |
|            | 75                             | КРИЛ-660           | 2280 ± 40                                |         | 20                             | КРИЛ-655           | 1550 ± 40                                |
|            | 100                            | КРИЛ-661           | 3130 ± 120                               |         | 30                             | КРИЛ-646           | 1780 ± 40                                |
|            | 125                            | КРИЛ-662           | 4015 ± 120                               |         | 40                             | КРИЛ-647           | 2675 ± 45                                |
|            | 150                            | КРИЛ-663           | 4965 ± 55                                |         | 50                             | КРИЛ-648           | 3100 ± 50                                |
|            | 175                            | КРИЛ-664           | 5250 ± 60                                |         | 70                             | КРИЛ-650           | 4370 ± 60                                |
|            | 200                            | КРИЛ-665           | 6245 ± 65                                |         | 80                             | КРИЛ-651           | 4890 ± 60                                |
|            | 225                            | КРИЛ-666           | 6795 ± 65                                |         | 90                             | КРИЛ-652           | 5290 ± 60                                |
|            |                                |                    | 100                                      |         | КРИЛ-653                       | 6245 ± 65          |  |
|            |                                |                    | 110                                      |         | КРИЛ-654                       | 7105 ± 70          |  |
|            |                                |                    | 120                                      |         | КРИЛ-655                       | 7650 ± 70          |  |
|            |                                |                    | 130                                      |         | КРИЛ-656                       | 8015 ± 70          |  |

**Таблица 2.** Радиоуглеродный возраст торфа ключевого участка «Развилки – Хойба» (полужирный шрифт) и реконструированный возраст (курсив)

| Глубина образца, см | ВБ7-3            | ВБ7-4            | ВБ7-5            | Глубина образца, см | ВБ7-3             | ВБ7-4            | ВБ7-5            |
|---------------------|------------------|------------------|------------------|---------------------|-------------------|------------------|------------------|
| 5                   | 37               | 54               | 117              | 120                 | 1637              | 2092             | 4742             |
| 10                  | 76               | 109              | 232              | 125                 | 1732              | 2339             | 5350             |
| 15                  | 115              | 164              | 347              | 130                 | <b>1827 ± 31</b>  | 2586             | 5958             |
| 20                  | 154              | 219              | 462              | 135                 | 1861              | 2833             | 6566             |
| 25                  | 193              | 274              | 577              | 140                 | 1892              | 3080             | 7174             |
| 30                  | 232              | 329              | 692              | 145                 | 1923              | 3327             | 7782             |
| 35                  | 271              | 384              | 807              | 150                 | <b>1954 ± 29</b>  | <b>3574 ± 35</b> | <b>8390 ± 41</b> |
| 40                  | 310              | 439              | 922              | 155                 | 2004              | 3657             | 8998             |
| 45                  | 349              | 494              | 1037             | 160                 | 2052              | 3739             | 9606             |
| 50                  | <b>388 ± 42</b>  | 549              | 1152             | 165                 | 2101              | 3821             | –                |
| 55                  | 526              | 604              | 1267             | 170                 | 2150              | 3903             | –                |
| 60                  | 661              | 659              | 1382             | 175                 | 2199              | 3985             | –                |
| 65                  | 796              | 714              | 1497             | 180                 | <b>2248 ± 30</b>  | 4067             | –                |
| 70                  | 931              | 769              | 1612             | 185                 | 2379              | 4149             | –                |
| 75                  | <b>1066 ± 32</b> | 824              | 1727             | 190                 | 2509              | 4231             | –                |
| 80                  | 1105             | 879              | 1842             | 195                 | 2639              | 4313             | –                |
| 85                  | 1143             | 934              | 1957             | 200                 | <b>2769 ± 31</b>  | <b>4395 ± 32</b> | –                |
| 90                  | 2072             | 989              | 2072             | 205                 | 2945              | 4914             | –                |
| 95                  | 2187             | 1044             | 2187             | 210                 | 3113              | 5427             | –                |
| 100                 | <b>1257 ± 29</b> | <b>1099 ± 27</b> | <b>2302 ± 31</b> | 215                 | 3281              | 5940             | –                |
| 105                 | 1352             | 1351             | 2918             | 220                 | 3449              | 6453             | –                |
| 110                 | 1447             | 1598             | 3526             | 225                 | 3617              | 6966             | –                |
| 115                 | 1542             | 1845             | 4134             | 230                 | 3785              | 7479             | –                |
| 235                 | 3953             | 7992             | –                | 325                 | 7790              | –                | –                |
| 240                 | 4121             | 8505             | –                | 330                 | 8168              | –                | –                |
| 245                 | 4289             | 9018             | –                | 335                 | 8546              | –                | –                |
| 250                 | <b>4457 ± 32</b> | <b>9531 ± 45</b> | –                | 340                 | 8924              | –                | –                |
| 255                 | 4601             | 9982             | –                | 345                 | 9302              | –                | –                |
| 260                 | 4744             | 10433            | –                | 350                 | <b>9680 ± 46</b>  | –                | –                |
| 265                 | 4887             | 10884            | –                | 355                 | 9894              | –                | –                |
| 270                 | 5030             | 11335            | –                | 360                 | 10106             | –                | –                |
| 275                 | 5173             | 11786            | –                | 365                 | 1031              | –                | –                |
| 280                 | 5316             | 12237            | –                | 370                 | 10530             | –                | –                |
| 285                 | 5459             | –                | –                | 375                 | 10742             | –                | –                |
| 290                 | 5602             | –                | –                | 380                 | 10954             | –                | –                |
| 295                 | 5745             | –                | –                | 385                 | 11166             | –                | –                |
| 300                 | <b>5894 ± 33</b> | –                | –                | 390                 | 11378             | –                | –                |
| 305                 | 6278             | –                | –                | 395                 | 11590             | –                | –                |
| 310                 | 6656             | –                | –                | 400                 | <b>11802 ± 52</b> | –                | –                |
| 315                 | 7034             | –                | –                | 405                 | 10044             | –                | –                |
| 320                 | 7412             | –                | –                | 410                 | 10557             | –                | –                |
|                     |                  |                  |                  | 415                 | 11070             | –                | –                |

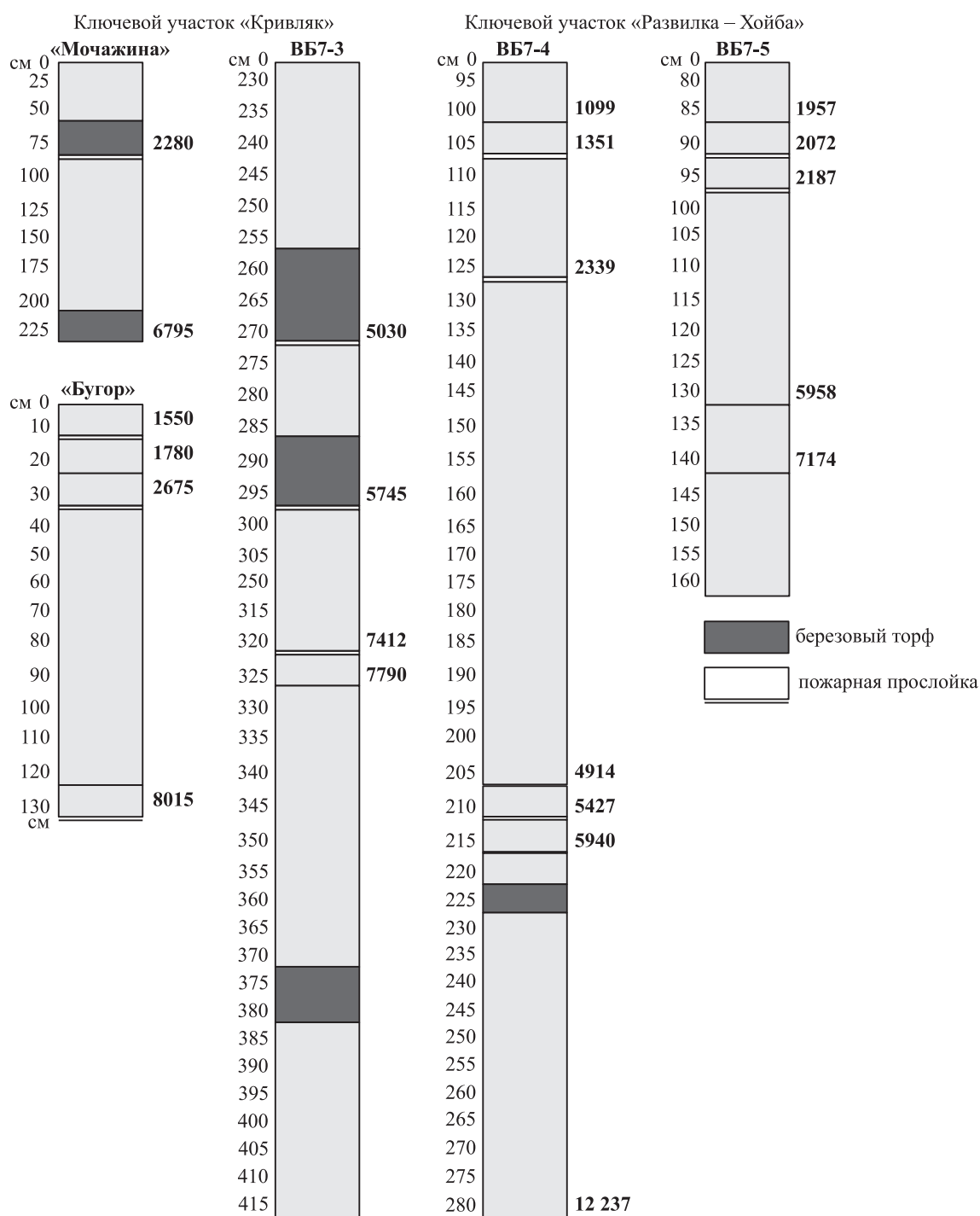


Рис. 1. Слои березового торфа в разрезах, пожарные прослойки и их возраст.

слоя 2280 л. н. (первая половина субатлантического периода (SA1)). Если судить по морфологическим признакам этих прослоек, оба пожара были слабыми, так как растения-торфообразователи хорошо сохранили свою анатомическую структуру (отчетливо идентифицируются при ботаническом анализе торфа). Во временном интервале 6795–2280 л. н. на болоте были развиты постпирогенные фитоценозы. На первом этапе это были березовые, а позже – сосновые

низкополотные древостои. Об этом свидетельствует пласт древесно-травяного переходного торфа мощностью 1.25 м. После пожара 2280 л. н. лесная стадия развития болота прекратилась. Вероятно, в субатлантическом периоде произошло повышение уровня грунтовых вод (УГВ), в результате чего древесно-травяной фитоценоз сменился топяным грядово-мелкомочажинным.

В результате морфологического исследования торфяной залежи разреза «Бугор» обнаружены



четыре пирогенные прослойки (см. рис. 1): первая – в интервале 1.27–1.22 м (на границе торфа и песка), возраст слоя 8015 л. н., остальные – на глубине 0.4 (2675 л. н.), 0.3 (1780 л. н.) и 0.2 м (1550 л. н.). Вероятно, все эти пожары были слабые или средние, так как анатомическое строение растений-торфообразователей пирогенных слоев торфа хорошо идентифицируется. Еще один пожар, возможно, имел место и в современное время. Об этом свидетельствуют пожарные подсушины на живых деревьях ели и кедра, а также наличие угольков в лесной постилке.

Стратиграфия торфяника «Бугор» свидетельствует о том, что в развитии периферийной части болота было два периода: 1) естественный эндогенез (1.27–0.3 м) и 2) формирование долины стока (0.3–0 м), что привело к естественному дренажу и качественному изменению состава и структуры растительного покрова болота. Заблачивание началось в конце бореального периода (ВО) с евтрофной стадии, о чем свидетельствует пласт травяно-гипнового торфа мощностью 0.1 м. После пожара 8015 л. н. происходит активизация лесообразовательного процесса. Полное или частичное выгорание напочвенного покрова, вероятно, привело к «залповому» поступлению питательных веществ в торфяную залежь (по А. А. Маслову, Ю. В. Петерсону, 1999). Об этом свидетельствует высокая зольность торфа в интервале 1.3–1.2 м, которая составляет 7.6 %. В АТ на месте гари вначале происходит активное возобновление березы, а затем сосны и кедра, о чем свидетельствует ботанический состав торфа. Последующая серия пожаров (конец SB, начало SA) способствовала дальнейшей стимуляции лесообразовательного процесса. Лесоболотные фитоценозы в периферийной части болота просуществовали довольно долго – с 8015 по 380 л. н. (7635 лет). После образования долины стока и улучшения дренажа, а также ряда повторяющихся пожаров уже в современный период болотообразовательный процесс полностью прекратился. В настоящее время на месте болота развит автоморфный лес, представленный березняком IV класса бонитета с небольшой примесью сосны, кедра и ели, в напочвенном покрове которого преобладают травы – осока большехвостая *Carex macroura* Meinsh., вейник Лангсдорфа *Calamagrostis langsdorfii* (Link) Trin., черника обыкновенная *Vaccinium myrtillus* L., брусника *V. vitis idaea* L. и зеленые мхи – плевроциум Шребера *Pleurozium schreberi* (Brid.) Mitt. и кукушкин лен обыкновенный *Polytrichum commune* Hedw.

Ключевой участок «Развилки – Хойба». Торфяные разрезы с условными названиями ВБ7-3, ВБ7-4 и ВБ7-5 заложены в направлении с запада на восток в периферийной части болотного массива. Расстояние между разрезами примерно 250 м. Мощность залежи в месте заложения разрезов составляет 4.15, 2.8 и 1.6 м соответственно. Она сложена торфами лесного, лесотопяного и топяного подтипов, древесной, древесно-травяной, древесно-моховой и моховой групп. При бурении торфяной залежи в полевых условиях в разрезах выявлено 15 пирогенных прослоек (см. рис. 1). В разрезе ВБ7-3 они расположены на глубинах 3.25, 3.20, 2.95, 2.70 м, а возраст этих отложений – 7790, 7412, 5745, 5030 л. н. соответственно. По нашему мнению, все эти пожары были слабыми или средними, так как полностью сохранена и хорошо идентифицируется анатомическая структура растений в пирогенных прослойках торфа. В разрезе ВБ7-4 пирогенные прослойки встречены на глубинах 2.15, 2.10, 2.05, 1.25, 1.05, 1.0 м, а их возраст равен 5940, 5427, 4914, 2339, 1351, 1099 л. н. Кроме того, при ботаническом анализе торфа выявлено, что слой, подстилающий торфяник (глубина 2.8 м, возраст 12237 л. н.), имеет темно-бурую окраску, высокую степень гомогенности, а растительные остатки, его слагающие, утратили свою анатомическую структуру (не идентифицируются). В этом слое встречаются горелые остатки коры и древесины сосны и березы. Вероятно, в предбореальном периоде голоцена (РВ) болото было затронуто сильным низовым пожаром. После этого пожара и до времени 4395 л. н. в периферийной части болота были развиты березово-разнотравные и березовые фитоценозы. Древесная стадия продолжалась 7842 года и завершилась серией сильных пожаров 5940, 5427, 4914 л. н. Во время этих пожаров на болоте произошло почти полное выгорание слоя органики мощностью 15 см. Пирогенная прослойка черного цвета образована горелыми остатками коры и древесины сосны и березы, остальные растения-торфообразователи утратили свою анатомическую структуру. Пожары, отмеченные датами 2339, 1351, 1099 л. н., по нашему мнению, были слабыми, так как растительные остатки, слагающие торф в пирогенных слоях, хорошо идентифицируются. В разрезе ВБ7-5, который расположен примерно в 50 м от суходола, выявлено 5 пирогенных прослоек на глубине 1.4, 1.3, 0.95, 0.9 и 0.85 м, их возраст 7174, 5958, 2187, 2072, 1957 л. н. В современное время, вероятно, пожары также захватывали периферийную часть болота, о чем



Рис. 2. Сухостой сосны на болоте.

свидетельствует сухостой сосны с пожарными подсушинами (рис. 2).

Необходимо отметить, что между некоторыми реконструированными датами пожаров на ключевом участке «Развилки – Хойба» (например, 5745, 5940 и 5958 л. н., 5030 и 4914 л. н., 2187 и 2339 л. н.) разница невелика. Возможно, это были одни и те же пожары, более сильные в той части болота, которая прилегает к кромке леса (разрез ВБ7-5), и менее сильные в его центральной части (разрезы ВБ7-4 и ВБ7-3). Расхождения во времени могут быть связаны с погрешностями метода интерполяции при подсчете промежуточных дат в связи с термической деструкцией торфа и последующим уплотнением залежи, а также датированием по  $^{14}\text{C}$  пирогенного слоя в целом, а не непосредственно микрочастиц угольных прослоев и древесных углей.

Основываясь на данных стратиграфии разреза ВБ7-5, реконструируем историю лесных пожаров ключевого участка «Развилки – Хойба» и их воздействие на смену болотных фитоценозов в голоцене. В своем развитии болото прошло три стадии: 1.6–1.2 м – низинную (древесно-травяной торф), интервал времени 9606–4742 л. н.; 1.15–0.85 м – переходную (древесно-сфагновый торф, сфагновый торф), интервал времени 4134–1957 л. н.; 0.8–0 м – верховую (фускум-торф), время – 1842–0 л. н. Болотообразовательный процесс начался в бореальном периоде с низинной стадии, во время которой господствовал евтрофный березово-разнотравный фитоценоз, древесный ярус которого состоял из березы пушистой *Betula pubescens* Ehrh. с примесью сосны обыкновенной. В напочвенном покрове были развиты гипергидрофильные травы – вахта трехлистная *Menyanthes trifoliata* L., осока топяная *Carex limosa* L., осока волосистоплодная

*C. lasiocarpa* Ehrh., хвощ приречный *Equisetum fluviatile* L. Моховой ярус был развит слабо. В середине АТ1 (время 7174 л. н.) процесс болотообразования был прерван сильным низовым пожаром, в результате чего полностью погиб древесный ярус и значительно выгорел слой торфа на глубине 1.4 м. В начале АТ2 (время 5985 л. н.) произошел повторный пожар, но более слабый, при котором моховой и травяной покровы болота выгорели частично (видовой состав растений-торфообразователей хорошо идентифицируется). В SB и в начале SA (промежутков времени 4134–1957 л. н.) произошла трехкратная смена болотных фитоценозов – низинный березово-разнотравный сменился переходным древесно-травяно-сфагновым, древесный ярус которого был образован сосной, сфагновым, а затем вновь древесно-травяно-сфагновым. В SA болото вступило в верховую фазу своего развития с абсолютным доминированием в растительном покрове сфагновых мхов (сфагнум бурый *Sphagnum fuscum* (Schimp.) Klinggr. + сфагнум магелланский *S. magellanicum* Brid.) с сильно разреженным древесным ярусом из сосны обыкновенной болотной формы и редко встречающегося кедра. В середине SA (время 2187, 2072, 1957 л. н.) болотообразовательный процесс вновь был прерван серией сильных низовых пожаров, при которых, несмотря на высокий уровень грунтовых вод и большое содержание влаги в моховом очесе, слой торфа мощностью 15 см выгорел почти полностью. В слоях торфяной залежи, залегающих выше этих пожарных прослоек и до современной поверхности болота, отмечается полное отсутствие признаков пирогенных нарушений. Вероятно, значительное повышение УГВ на болоте, наступившее во второй половине SA, явилось препятствием для распространения последующих лесных пожаров.

О значительном влиянии лесных пожаров на процесс торфообразования периферийной части болота ключевого участка свидетельствует динамика аккумуляции торфа. В целом по разрезу скорость торфонакопления низкая и составляет всего 0.16 мм/год. В слое торфа 1.6–0.8 м, который неоднократно подвергался воздействию пожаров (время аккумуляции торфа 7764 года), она составляла всего 0.1 мм/год. В вышележащем слое залежи – 0.8–0 м, который не подвергался воздействию низовых пожаров (время аккумуляции 1842 года), величина скорости торфонакопления была выше в 4 раза – 0.4 мм/год.

#### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Почвенно-морфологическое исследование, ботанический анализ и датирование торфа по  $^{14}\text{C}$  позволили реконструировать историю низовых пожаров в голоцене в южной и северной частях Сым-Дубчесского междуречья, определить их интенсивность и периодичность возникновения. Установлено, что интенсивность горения и интервал между пожарами на ключевых участках «Кривляк» и «Развилки – Хойба» были неодинаковы. Непрерывная серия радиоуглеродных датировок торфа болот ключевого участка «Кривляк» позволила установить время шести низовых пожаров, которые были слабыми, а степень их воздействия на болотную систему минимальной. На ключевом участке «Развилки – Хойба» зафиксировано 16 низовых лесных пожаров, затронувших болото. Из них 8 слабых и 8 очень сильных (возможно, катастрофических), которые значительно повлияли не только на сукцессии болотных фитоценозов, но и на скорость аккумуляции торфа. Наибольшее количество как слабых, так и сильных пожаров характерно для атлантического периода голоцена. Во временном интервале 7800–6800 л. н. отмечено 5 пожаров, для интервала 5900–4900 л. н. – 8. Во второй половине субатлантического периода на ключевых участках пожары не зафиксированы (пирогенные прослойки в торфяной залежи отсутствуют).

Лесные пожары разной интенсивности на болотах ключевых участков способствовали активизации лесообразовательного процесса, о чем свидетельствуют пласты березового, древесно-травяного и древесно-сфагнового видов торфа, слагающих залежи. Вероятно, в первые годы после пожара в результате увеличения трофности на болотах происходило активное возобновление березы, но в последующем в результате олиготрофизации и увеличения кислотности торфа береза сменилась сосной с небольшой примесью кедра и ели.

*Исследования поддержаны грантами РФФИ № 18-05-60203-Арктика и № 19-29-05111 мк.*

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Арбатская М. К., Ваганов Е. А. Многолетняя изменчивость частоты пожаров и прироста сосны в средней подзоне тайги Средней Сибири // *Экология*. 1997. Т. 28. № 5. С. 330–336.
- Воздействие пожаров на компоненты экосистемы среднетаежных сосняков Сибири / Иванова Г. А., Конрад С. Г., Макрае Д. Д., Безкоровайная И. Н., Богородская А. В., Жила С. В., Иванов В. А., Иванов А. В., Ковалева Н. М., Краснощекова Е. Н., Кукавская Е. А., Орешков Д. Н., Перевозникова В. Д., Самсонов Ю. Н., Сорокин Н. Д., Тарасов П. А., Цветков П. А., Шишкин А. С., Евдокименко М. Д. Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 2014. 232 с.
- ГОСТ 28245-89. Межгосударственный стандарт. Торф. Методы определения ботанического состава и степени разложения. Издание официальное. Утвержден и введен в действие Постановлением Государственного комитета СССР по стандартам от 04.09.89 № 2689. Переиздание. Март, 2006 г. М.: Стандартинформ, 2006. 6 с.
- Громцев А. Н. Ландшафтные закономерности структуры и динамики среднетаежных сосновых лесов Карелии. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 1993. 156 с.
- Громцев А. Н. Основы ландшафтной экологии европейских таежных лесов России. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2008. 238 с.
- Домбровская Ф. В., Коренева М. М., Тюремнов С. Н. Атлас растительных остатков, встречаемых в торфе. М.; Л.: Гос. энерг. изд-во, 1959. 90 с.
- Дьяконов К. Н., Новенко Е. Ю., Мироненко И. В., Куприянов Д. А., Бобровский М. В. Роль пожаров в динамике ландшафтов юго-восточной Мещеры в голоцене // *ДАН*. 2017. Т. 477. № 2. С. 233–239.
- Елизарьева М. Ф. Схема ботанико-географического районирования восточной окраины Западно-Сибирской низменности (в пределах таежной зоны) // *Изв. Томск. отд. ВБО. Красноярск*, 1964. Т. 5. С. 13–29.
- Карпенко Л. В., Прокушкин А. С. Генезис и история послеледникового развития лесного болота в долине р. Дубчес // *Сиб. лесн. журн*. 2018. № 5. С. 33–44.
- Кац Н. Я., Кац С. В., Скобеева Е. И. Атлас растительных остатков в торфах. М.: Недра, 1977. 376 с.
- Коротков И. А. Лесорастительное районирование России и республик бывшего СССР // *Углерод в экосистемах лесов и болот России / Под ред. В. А. Алексеева и Р. А. Бердси. Красноярск: ВЦ СО РАН*, 1994. С. 29–47.
- Кошкарлова В. Л. Семенные флоры торфяников Сибири. Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1986. 121 с.
- Курбатский Н. П. О механизме возникновения лесных пожаров от молний // *Лесоведение*. 1976. № 3. С. 95–98.
- Маслов А. А., Петерсон Ю. В. Циклические смены древостоев на верховом болоте: анализ причин и последствий частичной гибели сосны // *Болота и заболоченные леса в свете задач устойчивого природопользования*. М.: Геос, 1999. С. 127–131.
- Фуряев В. В. Роль пожаров в процессе лесообразования. Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1996. 253 с.
- Швиденко А. З., Щенащенко Д. Г. Климатические изменения и лесные пожары в России // *Лесоведение*. 2013. № 5. С. 50–61.



- Clark R. L. Point count estimation of charcoal in pollen preparations and thin sections of sediments // *Pollen et Spores*. 1982. V. 24. N. 3–4. P. 523–535.
- Dieterich J. H., Swetnam T. W. Dendrochronology of fire scarred ponderosa pine // *For. Sci.* 1984. V. 30. P. 238–247.
- Gromtsev A. N. Retrospective analysis of natural fire regimes in Landscapes of eastern Fennoscandia and problems of their anthropogenic transformation // *Fire in Ecosystems of Boreal Eurasia* / J. G. Goldammer and V. V. Furyaev (Eds.). Springer Netherlands, 1996. P. 45–54.
- Kharuk V. I., Dvinskaya M. L., Im S. T., Ranson K. J. Wildfires in northern Siberian larch dominated communities // *Environ. Res. Lett.* 2011. V. 6. N. 4. P. 1–7.
- Loope L. L., Gruell G. E. The ecological role of fire in the Jackson Hole area Northwestern Wyoming // *Quat. Res.* 1973. V. 3. N. 3. P. 425–443.
- Pitkänen A., Tolonen K., Jungner H. A basin-based approach to the long-term history of forest fires as determined from peat strata // *Holocene*. 2001. N. 11(5). P. 599–605.
- Steinhof A., Altenburg M., Machts H. Sample preparation at the Jena <sup>14</sup>C laboratory // *Radiocarbon*. 2017. V. 59. N. 3. P. 815–830.

## RECONSTRUCTION OF FIRES IN VIRGIN FORESTS AT SYM-DUBCHES INTERFLUVE IN THE HOLOCENE

L. V. Karpenko, A. S. Prokushkin

*Federal Research Center Krasnoyarsk Scientific Center, Russian Academy of Sciences, Siberian Branch  
V. N. Sukachev Institute of Forest, Russian Academy of Sciences, Siberian Branch  
Akademgorodok, 50/28, Krasnoyarsk, 660036, Russian Federation*

---

E-mail: karp@ksc.krasn.ru, prokushkin@ksc.krasn.ru

Results of reconstructions of ground forest fires on bogs of middle taiga subzone in the Priyenisei Siberia are presented for the Holocene. The stratigraphy analysis of the peat deposit, layer-by-layer peat <sup>14</sup>C dating and morphological study of the pyrogenic interlayers allowed to estimate the time of fires, their periodicity and intensity. It was established that the intensity and periodicity of fires were different in southern (the key plot «Krivlyak») and northern (the key plot «Razvilki – Khoiba») parts of the Sym-Dubches interfluve. 6 pyrogenic interlayers were revealed in the bog peat deposit on the key plot «Krivlyak», and their age was the following: 8015 years ago (y. a.), 6795, 2675, 2280, 1780, 1550 y. a. The interval between fires according to the data of «Mochazhina» profile was 4515 years, the one of the «Bugor» profile was 5340, 895, 230 years. All the fires were low intensive and didn't greatly influence bog formation process. The 16 pyrogenic interlayers were recorded in stratigraphy of the bog on the key plot «Razvilki – Khoiba». It was stated that the low intensive fires took place 7790, 7412, 5958, 5745, 5030, 2339, 1351, 1099 y. a. The high intensive fires which had a considerable impact on the change of bog phytocoenoses and on the rate of peat accumulation occurred 12237, 7174, 5940, 5427, 4914, 2187, 2072, 1957 y. a. The interval between fires in each profile of this plot varies greatly. Frequent repeatability of forest fires was noted in the Atlantic and in the first half of the Subatlantic periods. In the late Holocene the change in forest and forest-bog phytocoenoses of heavily flooded swamp hummock ridge – bog hollow complexes with dominating *Sphagnum fuscum* (Schimp.) H. Klinggr. in moss cover took place. The impact of forest fires on the peripheral part of bogs in key plots stopped during this period. The fires on the studied bogs contributed to the revitalization of forest forming process. Post-fire successions were mainly manifested by birch and birch-pine grass phytocoenoses.

**Keywords:** bogs, forest fires, the Holocene, stratigraphy, radiocarbon dating, pyrogenic interlayers, reconstruction.

**How to cite:** Karpenko L. V., Prokushkin A. S. Reconstruction of fires in virgin forests at Sym-Dubches interfluve in the Holocene // *Sibirskij Lesnoj Zhurnal* (Sib. J. For. Sci.). 2019. N. 5. P. 61–69 (in Russian with English abstract).