

ИЗМЕНЕНИЯ СТРУКТУРЫ И БИОРАЗНООБРАЗИЯ ЛИСТВЕННИЧНЫХ ЛЕСОВ В ВЕРХНЕМ ТЕЧЕНИИ Р. ХИЛОК (БАССЕЙН ОЗ. БАЙКАЛ) ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ ПОЖАРОВ

В.П. Макаров[✉], Т.В. Желибо, О.Ф. Малых, Е.А. Банщикова, Ю.В. Зима

ФГБУН «Институт природных ресурсов, экологии и криологии Сибирского отделения Российской академии наук»,
672014, г. Чита, ул. Недорезова, д. 16а

vm2853@mail.ru

Представлены результаты исследований изменения структуры и биоразнообразия лиственничных лесов в бассейне верхнего течения р. Хилок (правый приток р. Селенга) под воздействием климатических изменений и лесных пожаров в период с 1996 по 2018 гг. Установлено, что площадь сомкнутых лесов сократилась в среднем на 51 %, площадь гарей и горельников увеличилась на 46 %, ерников — на 12 %, естественное возобновление древесных пород на 90 % пробных площадей неудовлетворительное. Выявлено, что в результате пожаров в лесных сообществах уменьшается общее количество видов растений и лишайников, в растительных сообществах снижаются индексы концентрации видового богатства и биоразнообразия, происходит изменение соотношения числа видов широтно-географических групп (лесных, степных и луговых). Показано, что при дальнейшей аридизации климата увеличение площади ерниковых сообществ после пожаров может привести к замещению лесов на кустарниковые, а в дальнейшем и травянистые сообщества. Рекомендовано продолжить исследования по изменению структуры и биологического разнообразия растительных сообществ на выделенных модельных площадях в связи с увеличением в регионе количества весенне-летних осадков.

Ключевые слова: лиственничные леса, пожары, климат, биоразнообразие, Забайкалье

Ссылка для цитирования: Макаров В.П., Желибо Т.В., Малых О.Ф., Банщикова Е.А., Зима Ю.В. Изменения структуры и биоразнообразия лиственничных лесов в верхнем течении р. Хилок (бассейн оз. Байкал) под воздействием пожаров // Лесной вестник / Forestry Bulletin, 2022. Т. 26. № 5. С. 54–63.
DOI: 10.18698/2542-1468-2022-5-54-63

В связи с потеплением климата на планете, в Забайкалье, увеличением числа и площади лесных пожаров лесные экосистемы претерпевают изменения структуры древостоя, площади растительных сообществ, биологического разнообразия. Проведение исследований по прогнозированию тенденций изменений лесных экосистем и трансформации лесов имеет важное значение для планирования хозяйственной деятельности и мероприятий по рациональному использованию территории, необходимо для понимания экологических последствий для района проживания людей в аспекте изменения климатических условий, снижения водности рек и продуктивности биологических ресурсов.

На территории Забайкальского края в период 1999–2016 гг. наблюдалось максимальное количество, а также увеличение площадей лесных пожаров в частности в 2003, 2007, 2012, 2013 и 2015 гг. [1]. Количество пожаров составило от 432 в 2012 г. до 2440 в 2003 г., площади пожаров — в пределах от 23,6 тыс. га, в 1999 г. до 927,2 тыс. га, в 2003 г. [2].

Пожары в Забайкалье являются мощным экологическим фактором, определяющим возмож-

ность существования значительной части лесных экосистем, поскольку в случае дальнейшего потепления климата и возникновения повторных пожаров возможно преобразование части участков лесных земель в нелесные. Это проявляется в остепнении участков гарей в южных лесостепных районах и в нижних частях склонов южной экспозиции на границе со степными ландшафтами или их опустыревании в центральных районах края, а также заболачивании участков гарей на переувлажненных почвах [3]. Выявлено значительное увеличение площади лесных земель, характеризующихся I классом природной пожарной опасности после воздействия крупных пожаров [4].

На лиственничные насаждения, преобладающие в регионе, приходится основная доля нарушенных пожарами участков земель (в том числе наибольшая площадь, где процессы возобновления затруднены), в то время как сосновые и лиственные насаждения характеризуются большей частотой пожаров [5].

Реальные масштабы и частота воздействия антропогенно-пирогенного фактора на светлохвойные леса Забайкалья многократно превосходят естественную эволюционно обусловленную норму [6]. Интенсивные пожары в лиственничниках, произрастающих во влагообеспеченных районах

инициируют их смену насаждениями лиственных пород. На многолетней мерзлоте высока вероятность смены ерниками [7].

В 2013–2014 гг. на пробных площадях, заложенных на юго-восточных склонах Осинового хребта, расположенного в западной части Забайкальского края, на правобережье верховья р. Хилок, установлено, что жизненное состояние лиственницы Гмелина характеризуется как ослабленное, количество здоровых деревьев не превышает 25...45%. Угнетение и отпад деревьев вызваны неоднократными повреждениями устойчивыми низовыми пожарами. Большинство деревьев лиственницы повреждено сердцевинными стволовыми гнилями [8].

Лесные пожары определили изменение лесных экосистем, их флористическое разнообразие. Произошло значительное снижение лесистости, площади длительно не горевших лесов, видового разнообразия, индексов концентрации видового богатства и редких видов, доли участия в растительном сообществе «лесных» видов, а также засорение растительных сообществ чужеродными видами на гарях [9].

Интенсивные низовые пожары в сосняках Забайкалья сопровождаются значительным выгоранием напочвенного покрова, на восстановление которого при известной суровости природных условий необходимо длительное время. Погибшие от пожаров насаждения смешанного состава восстанавливаются через длительную смену лиственными породами, преимущественно березой [10].

Островные березовые леса засушливых степных и примыкающих к ним лесостепных районов Забайкальского края являются местами резервации и очагами вспышек непарного шелкопряда, которые ослабляют, но редко приводят к полному усыханию насаждений [11]. При этом отчетливая приуроченность большинства отмирающих деревьев именно к границе лесных участков в лесостепи свидетельствует в пользу того, что летальным фактором для них выступает нарастание засушливости местообитаний, несомненно, связанное с региональной аридизацией климата [12].

Цель работы

Цель работы — установление изменений в структуре и флористическом разнообразии, произошедших в лиственничных лесах в бассейне верхнего течения р. Хилок в период с 1996 по 2018 гг.

Характеристика района исследований

Район исследований находится в верховьях бассейна р. Хилок — правого притока р. Селенга (крупнейшей реки, впадающей в оз. Байкал). Река Хилок протекает на территории Забайкальского края и Республики Бурятия.

Территория расположена в тектонической впадине забайкальского типа (Беклемишевская котловина) на абсолютных высотах от 942 до 1445 м н. у. м. Для большей части территории характерен среднегорный и плоскогорный рельеф. Склоны пологие, рельеф дна очень ровный [13].

Климатические условия в определенной степени обусловлены горным характером рельефа. Для района характерен высокий уровень солнечной радиации. Продолжительность безморозного периода составляет 67...69 сут, вегетационного периода — 150...155 сут. Сумма температур выше 10 °С — 1530 град. За год выпадает 350...380 мм осадков. Высота снежного покрова не превышает 10...15 см, на лесистых хребтах и увалах — 15...20 см, в отдельные годы достигает 47 см. Для района характерны сильные ветры в период с марта по май. Весной здесь наблюдаются ветры со скоростью до 20 м/с, в отдельные годы порывы ветра могут достигать 30...40 м/с [14].

На территории почвенный покров представлен следующими почвами:

- горно-подзолистыми и иллювиально-гумусово-железистыми на маломощных щебенистых отложениях (преимущественно в верхнем поясе хребтов — от 1200 м. н. у. м. и выше);
- мерзлотно-таежными (в лиственничных заболоченных лесах);
- серыми лесными (на северных склонах сопкок на подгорных участках котловин, в лиственничных лесах с подлеском из березы или ольхи);
- дерново-подзолистыми (в березовых и березово-лиственничных лесах);
- мерзлотными перегнойно-глеевыми и болотными с близким залеганием мерзлоты (по долинам);
- торфянисто-подзолистыми (на болотных ландшафтах дна котловины);
- черноземами, малогумусными и тяжелосуглинистыми по механическому составу, что осложняет их обработку (на лугах и прогалинах) [15].

Климатические условия способствуют распространению лиственничных лесов преимущественно из лиственницы Гмелина (*Larix gmelinii* (Rupr.) Rupr.) Сосновые леса встречаются значительно реже лиственничных. Березовые леса распространены довольно редко и занимают небольшие по площади присклоновые участки Беклемишевской котловины. Кустарниковая растительность встречается по всей территории на пологих склонах, а также вдоль русел рек. На участках, прилегающих к озерам и руслам рек, распространена луговая и лугово-болотная растительность: осоковые, осоково-разнотравные и разнотравно-злаковые луга. Лугово-болотные сообщества при удалении от водоемов часто сменяются настоящими (мезофильные) лугами.

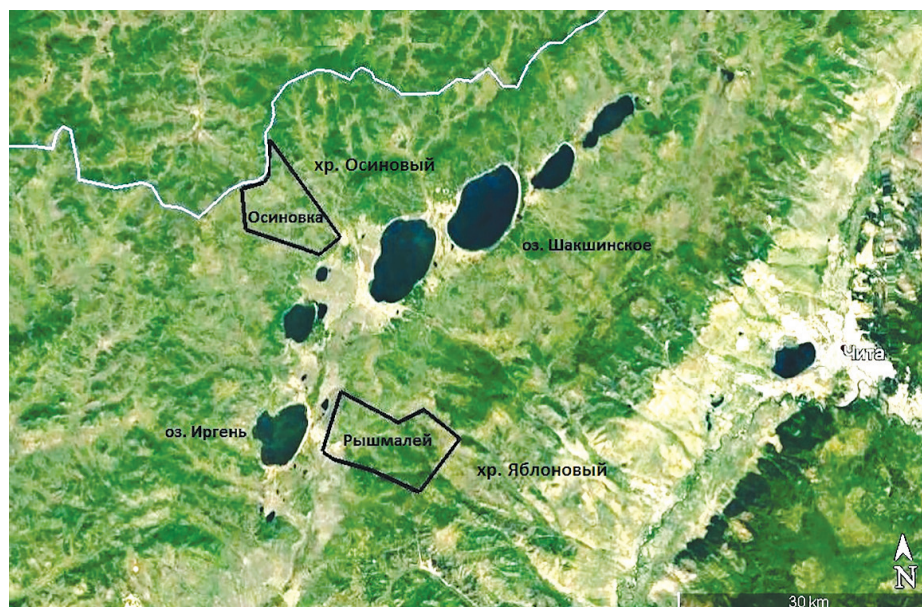


Рис. 1. Расположение модельных площадей
Fig. 1. Location of model areas

На территории распространены луговые (мезоксерофильные) степи; настоящие (ксерофильные) степи для данной территории не характерны.

Район исследований отличается значительной степенью биоразнообразия. Флора сосудистых наземных растений насчитывает 562 вида, относящиеся к 283 родам и 68 семействам. Из них в Список редких и исчезающих видов и подвидов растений Забайкальского края внесены 15 видов [16].

Методика исследований

Исследования лесов проведены на двух модельных участках лесного фонда Беклемишевского лесничества в июне и июле 2018 г. Одна из площадей была расположена на Осиновом хребте в бассейне р. Осиновка, и условно названа «Осиновка», другая площадь на Яблоновом хребте, в бассейне р. Рышмалей, условно названа «Рышмалей» (рис. 1).

Изменения лесных сообществ на выделенных модельных площадях исследовали путем анализа данных лесного фонда 1996 г. Беклемишевского лесничества, космических фотоснимков и наземных исследований.

По таксационным описаниям анализировали площадь, тип леса, его состав и возраст, средние высоту и диаметр ствола, полноту насаждений и дополнительную информацию специалистов лесничества о времени и площади лесных пожаров.

Наземные исследования проводились методом изучения площадей, заложенных в насаждениях, пройденных пожарами разного вида, формы и силы, а также на вырубках, пройденных пожарами, на участках гарей, повторно пройденных огнем. В качестве контрольных площадей

использовали длительно не горевшие участки леса. Основная форма пробных площадей — прямоугольная. Место закладки выбирали в части участка, однородного по таксационным показателям и условиям местопроизрастания. Размер пробной площади определяли исходя из наличия на ней не менее 200 деревьев основного элемента леса. На площадях фиксировали с помощью спутникового навигатора географические координаты местности, абсолютную высоту, экспозицию и крутизну склонов с помощью геологического компаса с эклиметром. Определяли сомкнутость крон древостоя, состав древесных пород, среднюю высоту и диаметр стволов деревьев, проективное покрытие кустарникового, травяного и напочвенного покрова, флористический состав растительного сообщества, включая мхи и лишайники, жизненное состояние древостоя [17]. Давность пожара уточняли по возрасту и состоянию подроста. Вид, форму и силу пожара устанавливали по состоянию древостоя, в том числе степени повреждения и усыхания кроны, высоте нагара на стволах, прогорания корки (коры) и корневых лап, а также степени прогорания напочвенного покрова, старых пней и валежника. Низовым пожаром слабой силы считали пожар, образовавший нагар высотой до 1,0 м, средним — от 1,1 до 2,0 м и сильным — более 2,0 м [18]. Силу устойчивых низовых пожаров определяли в соответствии с Инструкцией по определению ущерба, причиняемого лесными пожарами, утвержденной Федеральной службой лесного хозяйства России [19]. Состояние растительного покрова фиксировали также на фото. Всего было исследовано на модельных участках 102 пробные площади.

Для характеристики естественного возобновления древесных пород использовали шкалу глазомерного учета проективного покрытия жизнеспособного подроста [20]:

- площадь, покрытая подростом на 75...100 %, — хорошее возобновление;
- на 50...75 % — удовлетворительное;
- на 25...50 % — неудовлетворительное;
- на 15...25 % — плохое;
- менее 15 % — отсутствует.

Учитывали общее проективное покрытие подроста и отдельно, по древесным породам.

Для характеристики изменения биологического разнообразия использовали индекс концентрации видового богатства и индекс редких видов [21].

Выделяли в растительных сообществах широтно-географические комплексы видов растений по спискам комплексов видов, представленных в работе [22].

Результаты и обсуждение

По данным Забайкальского управления по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (метеостанция с. Беклемишево) с середины XX в. усилилась континентальность климата, развившаяся в изменении тепло- и влагообеспеченности. С этого времени происходило потепление климата, проявляющееся в росте показателей температуры воздуха (рис. 2).

За вегетационный период (май — сентябрь) температура повысилась на 0,5 °С. За холодный период (октябрь — апрель) увеличение температуры составило 1,0 °С. Следовательно, повышение температуры воздуха происходило в основном за счет холодного периода.

На фоне потепления уменьшилась увлажненность территории, проявляющаяся в уменьшении количества атмосферных осадков. Распределение атмосферных осадков в течение года было крайне неравномерным. В холодный сезон их выпадало существенно меньше (около 10 %), чем в теплый (около 90 %). Средняя сумма осадков за год в рассматриваемом районе составляет 311 мм. Осадки выпадали главным образом в виде дождя, снега и града (рис. 3).

По данным учета лесного фонда (1996), средняя лесистость исследованных площадей составляет 85 % («Осиновка» — 75,1 и «Рышмалей» — 95,2 %): доминируют лиственные леса (68 %), есть березовые леса (18 %) и ерниковые сообщества (14 %); доля сосновых и осиновых лесов незначительная — менее 1 %.

На склонах Осинового хребта лиственные представлены преимущественно брусничным и разнотравным типами (56 %). В порядке снижения площади лесов выделялись также ли-

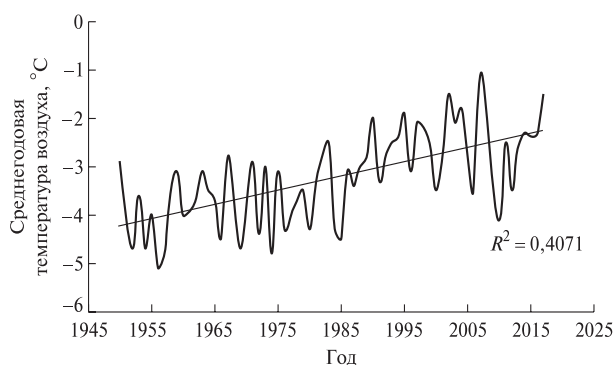


Рис. 2. Динамика и тенденции среднегодовой температуры воздуха (с. Белемишево)

Fig. 2. Dynamics and trends of average annual air temperature (Belemishevo village)

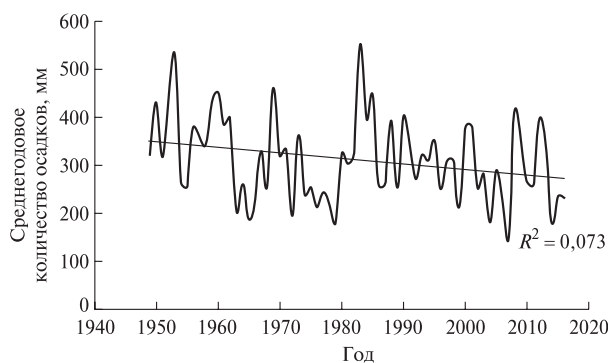


Рис. 3. Динамика и тенденции среднегодовой суммы осадков (с. Беклемишево)

Fig. 3. Dynamics and trends of the average annual precipitation (Beklemishevo village)

ственничники багульниковый, рододендроновый, ольховниковый, ерниковый и горнокаменистый.

Склоны Яблонового хребта покрыты преимущественно лиственными брусничными (25 %), а также разнотравными и багульниковыми (13 и 15 %). Незначительные площади занимают рододендроновый и ольховниковый лиственные.

Возрастная структура лесов по учету лесного фонда 1996 г. свидетельствует о доминировании площади спелых (19 %) и перестойных насаждений (39 %). Сравнительно незначительные площади занимают средневозрастная (7 %) и приспевающая (9 %) группы возраста. В то же время площадь молодняков характеризуется благополучным (31 %) естественным возобновлением леса на рассматриваемой территории.

По данным специалистов Беклемишевского лесничества, лесные пожары на территории исследованных площадей были в 2001, 2003, 2006–2008, 2012–2015 гг. В 2014 г. пожары происходили по гарям 2008 г. Общая площадь пожаров на модельной площади «Осиновка» в период 1997–2015 гг. составила 2521,1 га (23,6 %), на площади «Рышмалей» — 3160,1 га (30,7 %).

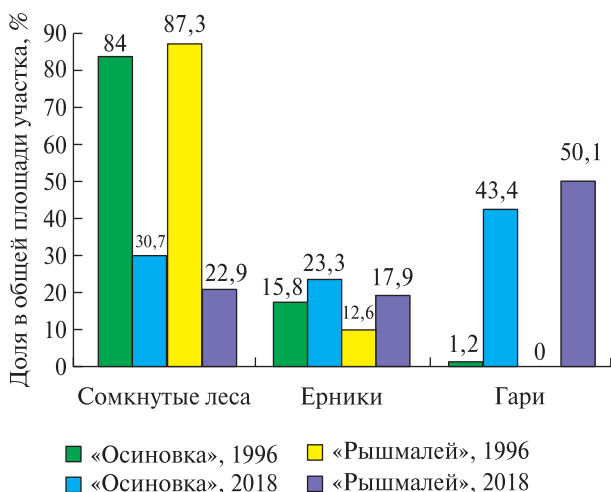


Рис. 4. Изменение площади категорий лесных земель после пожаров 1996–2018 гг.

Fig. 4. Change in the area of forest land categories after fires in 1996–2018

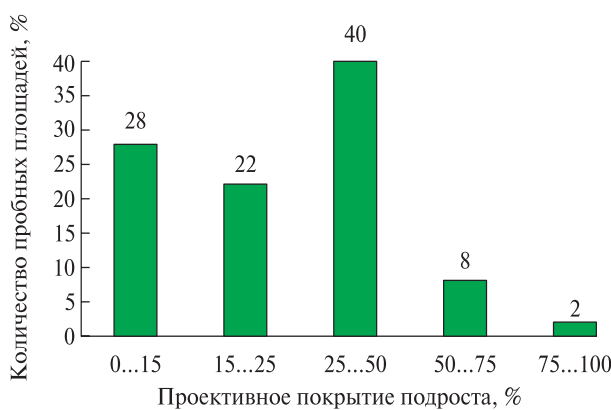


Рис. 5. Оценка естественного возобновления на исследованных пробных площадях по проективному покрытию подроста: 0...15% — отсутствует; 15...25% — плохое; 25...50% — неудовлетворительное; 50...75% — удовлетворительное; 75...100% — хорошее возобновление

Fig. 5. Estimation of natural regeneration on the sample plots according to the projective cover of undergrowth: 75...100% — good regeneration; 50...5% — satisfactory; 25...50% — unsatisfactory; 15...2% — bad; 0...15% — none

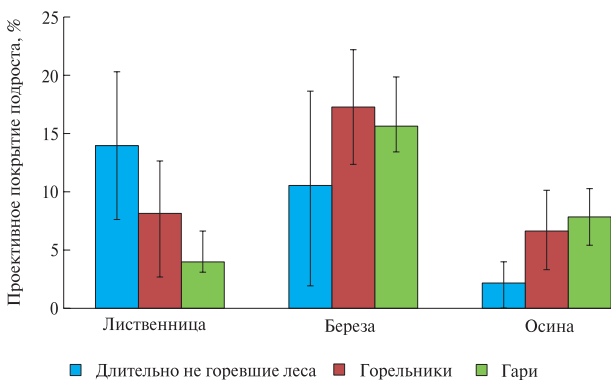


Рис. 6. Естественное возобновление древесных пород

Fig. 6. Natural renewal of tree species

Со времени учета лесного фонда 1996 г., площадь сомкнутых лесов (сомкнутость >0,3) сократилась на модельных площадях «Рышмалей» и «Осиновка» соответственно на 45,7 и 56,5 %, и, напротив, значительно увеличилась площадь гарей: на 48,7 % («Рышмалей») и 43,4 % («Осиновка»), а также возросла площадь ерников — на 17,0 % («Рышмалей») и 7,0 % («Осиновка») (рис. 4).

Возможно, это связано с тем, что при снижении сомкнутости крон лиственницы или ее уничтожении огнем береза кустарниковая получает лучшие условия освещенности, температурного режима и поэтому лучше развиваются вегетативные и генеративные органы семеношения [23].

Характеристика естественного возобновления

По глазомерной оценке общее естественное возобновление древесных пород оценивается как хорошее и удовлетворительное только на 10 % исследованных пробных площадей. На большей их части возобновление деревьев неудовлетворительное, плохое или отсутствует (рис. 5).

Подрост древесных пород включал в себя лиственницу, березу, осину и реже сосну на модельной площади «Осиновка». В длительно не горевших насаждениях в подросте находились преимущественно лиственница и береза. На горельниках и гарях в подросте доминировала береза, увеличивалась доля осины (рис. 6).

Снижение уровня биоразнообразия. На пробных площадях, занятых длительно не горевшими лесами, горельниками и гарями, учитывали число видов высших растений, мхов и лишайников. Анализ результатов показал тенденцию уменьшения числа видов растений и лишайников на горельниках и гарях (рис. 7).

Индекс концентрации видового богатства ($I = S / \lg A$, где S — число видов, A — площадь территории) показал более высокое значение в длительно не горевших насаждениях и на лугах (рис. 8).

Индикатор биоразнообразия характеризует наличие видов растений, включенных в Красную книгу России [24] и Красную книгу Забайкальского края [25]. Для оценки числа редких видов используется индекс редких видов ($ИРВ = \sum N_i / C_i$, где N_i — число видов данной группы (например, высшие сосудистые растения, мхи, лишайники и т. п.) определенной категории редкости; C_i — категория редкости вида (по классификации, принятой в Красной книге России и Забайкальского края) [21].

В березовых, лиственничных и березово-лиственничных разнотравных лесах отмечено шесть видов растений из Перечня Красной книги растений Забайкальского края. Сюда относятся следующие растения:

- башмачок капальный (*Cypripedium guttatum* Sw.);
- лилия пенсильванская (*Lilium pensylvanicum* Ker-Gawler);
- красоднев малый (*Hemerocallis minor* Miller);
- касатик кроваво-красный (*Iris sanguinea* Donn);
- касатик сглаженный (*Iris laevigata* Fisch. Et C.A. Mey.);
- остролодочник лесной (*Oxytropis sylvatica* Pall.).

Данные виды относятся ко второй категории редкости, поэтому индекс редких видов для всего лесного массива согласно ИРВ составляет 3. После воздействия пожаров на гарях этот показатель снижается до 0,25.

В луговых сообществах на исследуемых территориях встречается два вида растений из Перечня Красной книги растений Забайкальского края, а именно: лилия пенсильванская (*Lilium pensylvanicum* Ker-Gawler) и родиола розовая (*Rhodiola rosea* L.). Второй вид относится к четвертой категории редкости. Таким образом, индекс редких видов для луговых сообществ согласно ИРВ составляет 1,25.

Часто повторяющиеся природные пожары привели к изменению соотношения числа видов широтно-географических групп (лесных, степных и луговых). Данная тенденция прослеживается и на исследованных территориях. В ерниковых сообществах отмечается уменьшение числа видов лесной группы на гарях и увеличение как числа видов растений степной группы, так и числа видов растений луговой группы. Поэтому увеличение площади ерниковых сообществ после пожаров можно рассматривать в качестве тенденции замещения лесов на травянистые сообщества. Ерниковые сообщества часто расположены в комплексе с закустаренными лугами, переходящими, в свою очередь, в суходольные луга (рис. 9).

Выводы

Климатические изменения на рассматриваемой территории в указанный период времени обусловили значительное сокращение площади сомкнутых лесов, расширение площади гарей и кустарниковых сообществ. Естественное возобновление древесных пород оценивается преимущественно как неудовлетворительное. Наблюдается тенденция снижения флористического разнообразия на гарях и ерниковых сообществах. Индекс концентрации видового богатства на гарях, горельниках и ерниковых сообществах значительно ниже, чем в длительно не горевших лесах. Индикатор биоразнообразия на гарях значительно ниже, чем в длительно не горевших лесах. Наблюдается тенденция снижения числа видов лесной широтно-географической группы на гарях и ерниковых сообществах и возрастание степной группы растений в луговых сообществах.

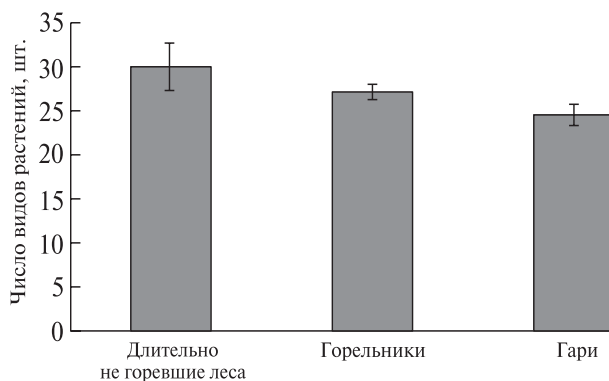


Рис. 7. Снижение числа видов растений после пожаров
Fig. 7. Decrease in the number of plant species after fires

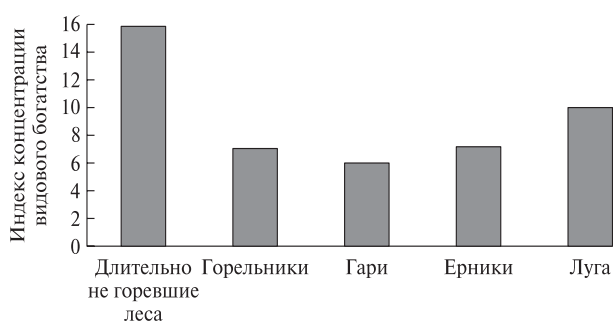


Рис. 8. Индекс концентрации видового богатства по категориям лесного фонда

Fig. 8. Species wealth concentration index by forest fund categories

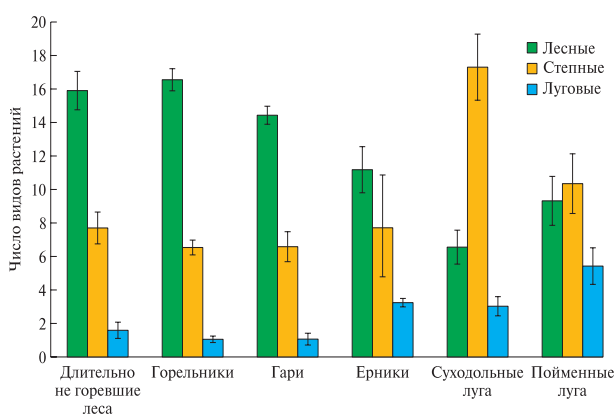


Рис. 9. Изменение числа видов широтно-географических групп растений по категориям земель лесного фонда
Fig. 9. Change in the number of species of latitudinal-geographical groups of plants by categories of forest fund lands

Расширение площади ерниковых сообществ можно рассматривать как тенденцию замещения лесной растительности на кустарниковую и далее на луговую и степную.

В настоящее время в регионе продолжается период с достаточным количеством весенне-летних осадков, поэтому важно продолжить исследование по дальнейшему изменению структуры и биологического разнообразия растительных сообществ на выделенных модельных площадях.

Список литературы

- [1] Сосновчик Ю.Ф. Противопожарная профилактика в лесу, разработка техники для профилактики и тушения лесных пожаров // XVII Междунар. науч.-практ. конф. «Кулагинские чтения: техника и технологии производственных процессов», Чита, 27–30 ноября 2017 г. Чита: Изд-во Забайкальского государственного университета, 2017. С. 234–242.
- [2] Сосновчик Ю.Ф. Лесные пожары в Забайкальском крае: анализ и прогноз пожарной обстановки // Пожары и чрезвычайные ситуации: предотвращение, ликвидация, 2016. № 2. С. 19–25.
- [3] Буряк Л.В., Кукавская Е.А., Каленская О.П., Малых О.Ф., Бакшеева Е.О. Последствия лесных пожаров в южных и центральных районах Забайкальского края // Сибирский лесной журнал, 2016. № 6. С. 94–102.
- [4] Буряк Л.В., Кукавская Е.А., Иванов В.А., Малых О.Ф., Котельников Р.В. Оценка пожарной опасности и ее динамики в лесных районах Сибири // Лесоведение, 2021. Т. 4. № 4. С. 339–353.
- [5] Швецов Е.Г., Кукавская Е.А., Буряк Л.В. Спутниковый мониторинг состояния лесной растительности после воздействия пожаров в Забайкальском крае // Сибирский экологический журнал, 2016. Т. 23. № 6. С. 832–842.
- [6] Евдокименко М.Д. Лесоэкологические последствия пожаров в светлохвойных лесах Забайкалья // Экология, 2011. № 3. С. 191–196.
- [7] Евдокименко М.Д. Пирогенная дигрессия лиственничников Забайкалья и Северной Монголии // ИВУЗ Лесной журнал, 2009. № 4. С. 12–18.
- [8] Горбунов И.В., Макаров В.П., Малых О.Ф. Послепожарное состояние древесной растительности на территории Ивано-Арахлейского природного парка (Забайкальский край) // Успехи современного естествознания, 2015. № 7. С. 54–59.
- [9] Макаров В.П., Малых О.Ф., Горбунов И.В., Пак Л.Н., Зима Ю.В., Банщикова Е.А., Желибо Т.В. Влияние пожаров на флористическое разнообразие сосновых лесов Восточного Забайкалья // ИВУЗ Лесной журнал, 2019. № 1(367). С. 77–86.
- [10] Евдокименко М.Д. Пирогенные нарушения лесорастительной среды в сосняках Забайкалья и их лесоводственные последствия // Лесоведение, 2014. № 1. С. 3–12.
- [11] Абакумова В.Ю., Малых О.Ф., Вахнина И.Л. Усыхание березняков российской части бассейна реки Онон в конце XX – начале XXI века // География и природные ресурсы, 2017. № 1. С. 163–170.
- [12] Малых О.Ф. Усыхание березняков Восточного Забайкалья в местах массового размножения непарного шелкопряда // Известия Оренбургского государственного аграрного университета, 2014. № 4 (48). С. 8–10.
- [13] Аненхонов О.А. Лесные сообщества лесостепи Юго-Западного Забайкалья и климатогенная интерпретация направлений их динамики // Проблемы изучения растительного покрова Сибири. Материалы VI Междунар. науч. конф., посвященной 100-летию со дня рождения Антонины Васильевны Положий. Томск, 24–26 октября 2017 года. Томск: Издательский Дом Томского государственного университета, 2017. С. 22–24.
- [14] Абрамов Б.Н. Геолого-географическая характеристика // Ивано-Арахлейский заказник: природно-ресурсный потенциал территории. Чита: Поиск, 2002. С. 8–21.
- [15] Помазкова Н.В., Мальчикова И.Ю. Климат // Ивано-Арахлейский заказник: природно-ресурсный потенциал территории. Чита: Поиск, 2002. С. 27–31.
- [16] Янькова В.Н. Растительность // Ивано-Арахлейский заказник: природно-ресурсный потенциал территории. Чита: Поиск, 2002. С. 31–38.
- [17] Алексеев В.А. Диагностика жизненного состояния деревьев и древостоя // Лесоведение, 1989. № 4. С. 51–57.
- [18] Буряк Л.В., Каленская О.П. Влияние пожаров на формирование насаждений Нижнего Приангарья. Пушкино: Изд-во ВНИИЛМ, 2020. 140 с.
- [19] Инструкция по определению ущерба, причиняемого лесными пожарами. Утверждена приказом Руководителя Федеральной службы лесного хозяйства России от 3 апреля 1998 г. № 53. URL: <https://docs.cntd.ru/document/901863083> (дата обращения 05.01.2022).
- [20] Яшнов Л.И., Колпиков М.В. О возобновлении горелых площадей Вотской автономной области. По материалам экспедиции 1927 года // Известия Казанского института сельского хозяйства и лесоводства, 1930. № 1. С. 58–87.
- [21] Яшина Т.В. Индикаторы оценки биоразнообразия на особо охраняемых природных территориях Алтае-Саянского экорегиона. Руководство по использованию. Красноярск: [б.и.], 2011. 56 с.
- [22] Малышев Л.И., Пешкова Г.А. Особенности и генезис флоры Сибири (Предбайкалье и Забайкалье). Новосибирск: Наука, 1984. 265 с.
- [23] Сэкулич И.Р., Аненхонов О.А. Антропогенное воздействие на ерники Витимского плоскогорья (Северное Забайкалье) // География и природные ресурсы, 2011. № 1. С. 183–185.
- [24] Красная книга Российской Федерации. Растения и грибы. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2008. 885 с.
- [25] Красная книга Забайкальского края: Растения / под ред. О.А. Поповой. Новосибирск: Дом мира, 2017. 384 с.

Сведения об авторах

Макаров Владимир Петрович✉ — канд. биол. наук, ст. науч. сотр. ФГБУН «Институт природных ресурсов, экологии и криологии Сибирского отделения Российской академии наук», лаборатория географии и регионального природопользования, vm2853@mail.ru

Желибо Татьяна Витальевна — мл. науч. сотр. ФГБУН «Институт природных ресурсов, экологии и криологии Сибирского отделения Российской академии наук», лаборатория географии и регионального природопользования, zhelibo@mail.ru

Малых Ольга Федоровна — науч. сотр. ФГБУН «Институт природных ресурсов, экологии и криологии Сибирского отделения Российской академии наук», лаборатория географии и регионального природопользования, mas160@yandex.ru

Банщикова Екатерина Анатольевна — мл. науч. сотр. ФГБУН «Институт природных ресурсов, экологии и криологии Сибирского отделения Российской академии наук», лаборатория географии и регионального природопользования, kait1986@mail.ru

Зима Юрий Владимирович — канд. геогр. наук, науч. сотр. ФГБУН «Институт природных ресурсов, экологии и криологии Сибирского отделения Российской академии наук», лаборатория географии и регионального природопользования, zima.yura@mail.ru

Поступила в редакцию 18.02.2022.

Одобрено после рецензирования 29.04.2022.

Принята к публикации 15.08.2022.

STRUCTURE AND BIODIVERSITY CHANGES AFFECTED BY FIRES IN LARCH FORESTS AT KHILOK RIVER (LAKE BASIN. BAIKAL) UPSTREAM FLOW

V.P. Makarov✉, T.V. Zhelibo, O.F. Malykh, E.A. Banshchikova, Yu.V. Zima

Institute of Natural Resources, Ecology and Cryology of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, 16a, Nedorezova st., 672014, Chita, Russia

vm2853@mail.ru

The study results of changes in the larch forests' structure and biodiversity in the upper Khilok River basin (right tributary of the Selenga River) affected by the climate change and forest fires in the period from 1996 to 2018 are presented. It was found that the area of closed forests decreased by an average of 51 %, the burnt forest area and burnt timber increased by 46%, dwarf birches decreased by 12 %, the natural reforestation of the sample areas is 90 % poor and unsatisfactory. It was revealed that due to fires in forest communities, the total number of plant species and lichens decreases, indices of species wealth and biodiversity concentration decrease in plant communities, and the ratio of species of latitudinal geographical groups (forest, steppe and meadow) changes. It is shown that with further climate aridization, an increase in the area of dwarf birches communities after fires can lead to the replacement of forests with shrubby, and later grassy communities. It is recommended to continue research on changes in the structure and biological diversity of plant communities in the selected model areas due to an increase in the amount of spring-summer precipitation in the region.

Keywords: larch forests, fires, climate, biodiversity, Transbaikalia

Suggested citation: Makarov V.P., Zhelibo T.V., Malykh O.F., Banshchikova, E.A. Zima Yu.V. *Izmeneniya struktury i bioraznobraziya listvennichnykh lesov v verkhnem techenii r. Khilok (basseyn oz. Baykal) pod vozdeystviem pozharov* [Structure and biodiversity changes affected by fires in larch forests at Khilok river (lake basin. Baikal) upstream flow]. *Lesnoy vestnik / Forestry Bulletin*, 2022, vol. 26, no. 5, pp. 54–63.
DOI: 10.18698/2542-1468-2022-5-54-63

References

- [1] Sosnovchik Yu.F. *Protivopozharnaya profilaktika v lesu, razrabotka tekhniki dlya profilaktiki i tusheniya lesnykh pozharov* [Fire prevention in the forest, development of equipment for the prevention and extinguishing of forest fires]. XVII Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya «Kulaginskie chteniya: tekhnika i tekhnologii proizvodstvennykh protsessov» [XVII International Scientific and Practical Conference «Kulagin Readings: Techniques and Technologies of Production Processes»], Chita, November 27–30, 2017. Chita: Publishing house Zabaykal'skiy gosudarstvennyy universitet [Transbaikal State University], 2017, pp. 234–242.
- [2] Sosnovchik Yu.F. *Lesnye pozhary v Zabaykal'skom krae: analiz i prognoz pozharoy obstanovki* [Forest fires in the Transbaikal Territory: analysis and forecast of the fire situation]. *Pozhary i chrezvychaynye situatsii: predotvrashchenie, likvidatsiya* [Fires and emergency situations: prevention, liquidation], 2016, no. 2, pp. 19–25.

- [3] Buryak L.V., Kukavskaya E.A., Kalenskaya O.P., Malykh O.F., Baksheeva E.O. *Posledstviya lesnykh pozharov v yuzhnykh i tsentral'nykh rayonakh Zabaykal'skogo kraya* [Consequences of forest fires in the southern and central regions of the Trans-Baikal Territory]. *Sibirskiy lesnoy zhurnal* [Siberian Forest Journal], 2016, no. 6, pp. 94–102.
- [4] Buryak L.V., Kukavskaya E.A., Ivanov V.A., Malykh O.F., Kotelnikov R.V. *Otsenka pozharnoy opasnosti i ee dinamiki v lesnykh rayonakh Sibiri* [Assessment of fire danger and its dynamics in the forest regions of Siberia]. *Lesovedenie*, 2021, v. 4, no. 4, pp. 339–353.
- [5] Shvetsov E.G., Kukavskaya E.A., Buryak L.V. *Sputnikovyy monitoring sostoyaniya lesnoy rastitel'nosti posle vozdeystviya pozharov v Zabaykal'skom krae* [Satellite monitoring of the state of forest vegetation after the impact of fires in the Trans-Baikal Territory]. *Sibirskiy ekologicheskiy zhurnal* [Siberian Ecological Journal], 2016, v. 23, no. 6, pp. 832–842.
- [6] Evdokimenko M.D. *Lesoekologicheskie posledstviya pozharov v svetlokhvoynnykh lesakh Zabaykal'ya* [Forest-ecological consequences of fires in the light coniferous forests of Transbaikalia]. *Ekologiya* [Ecology], 2011, no. 3, pp. 191–196.
- [7] Evdokimenko M.D. *Pirogennaya digressiya listvennichnikov Zabaykal'ya i Severnoy Mongolii* [Pyrogenic digression of larch forests in Transbaikalia and Northern Mongolia]. *Lesnoy Zhurnal* (Russian Forestry Journal), 2009, no. 4, pp. 12–18.
- [8] Gorbunov I.V., Makarov V.P., Malykh O.F. *Poslepozharnoe sostoyanie drevesnoy rastitel'nosti na territorii Ivano-Arakhleyskogo prirodnogo parka (Zabaykal'skiy kray)* [Post-fire state of woody vegetation on the territory of the Ivano-Arakhlei natural park (Zabaykalsky Krai)]. *Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya* [Successes of modern natural sciences], 2015, no. 7, pp. 54–59.
- [9] Makarov V.P., Malykh O.F., Gorbunov I.V., Pak L.N., Zima Yu.V., Banshchikova E.A., Zhelibo T.V. *Vliyaniye pozharov na floristicheskoe raznoobrazie sosnovykh lesov Vostochnogo Zabaykal'ya* [Influence of fires on the floristic diversity of pine forests in Eastern Transbaikalia]. *Lesnoy Zhurnal* (Russian Forestry Journal), 2019, no. 1(367), pp. 77–86.
- [10] Evdokimenko M.D. *Pirogennyye narusheniya lesorastitel'noy sredy v sosnyakakh Zabaykal'ya i ikh lesovodstvennyye posledstviya* [Pyrogenic disturbances of the forest environment in the pine forests of Transbaikalia and their forestry consequences]. *Lesovedenie*, 2014, no. 1, pp. 3–12.
- [11] Abakumova V.Yu., Malykh O.F., Vakhnina I.L. *Usykhaniye bereznyakov rossiysskoy chasti basseyna reki Onon v kontse XX — nachale XXI veka* [Drying out of birch forests in the Russian part of the Onon river basin at the end of the 20th – beginning of the 21st centuries]. *Geografiya i prirodnye resursy* [Geography and Natural Resources], 2017, no. 1, pp. 163–170.
- [12] Malykh O.F. *Usykhaniye bereznyakov Vostochnogo Zabaykal'ya v mestakh massovogo razmnozheniya neparnogo shelkopryada* [Drying out of birch forests of Eastern Transbaikalia in places of mass reproduction of the gypsy moth]. *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Proceedings of the Orenburg State Agrarian University], 2014, no. 4 (48), pp. 8–10.
- [13] Anenkhonov O.A. *Lesnye soobshchestva lesostepi Yugo-Zapadnogo Zabaykal'ya i klimatogennaya interpretatsiya napravleniy ikh dinamiki* [Forest communities of the forest-steppe of Southwestern Transbaikalia and climatogenic interpretation of the directions of their dynamics]. *Problemy izucheniya rastitel'nogo pokrova Sibiri. Materialy VI Mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii, posvyashchennoy 100-letiyu so dnya rozhdeniya Antoniny Vasil'evny Polozhiy* [Problems of studying the vegetation cover of Siberia. Proceedings of the VI International Scientific Conference dedicated to the 100th anniversary of the birth of Antonina Vasilievna Polozhiy]. Tomsk, October 24–26, 2017. Tomsk: [Tomsk State University Publishing House], 2017, pp. 22–24.
- [14] Abramov B.N. *Geologo-geograficheskaya kharakteristika* [Geological and geographical characteristics]. *Ivano-Arakhleyskiy zakaznik: prirodno-resursnyy potentsial territorii* [Ivano-Arakhleisky reserve: natural resource potential of the territory]. Chita: Poisk, 2002, pp. 8–21.
- [15] Pomazkova N.V., Malchikova I.Yu. *Klimat* [Climate]. *Ivano-Arakhleyskiy zakaznik: prirodno-resursnyy potentsial territorii* [Ivano-Arakhleisky reserve: natural resource potential of the territory]. Chita: Poisk, 2002, pp. 27–31.
- [16] Yankova V.N. *Rastitel'nost'* [Vegetation]. *Ivano-Arakhleyskiy zakaznik: prirodno-resursnyy potentsial territorii* [Ivano-Arakhleisky reserve: natural resource potential of the territory]. Chita: Poisk, 2002, pp. 31–38.
- [17] Alekseev V.A. *Diagnostika zhiznennogo sostoyaniya derev'ev i drevostoy* [Diagnostics of the vital state of trees and stands]. *Lesovedenie*, 1989, no. 4, pp. 51–57.
- [18] Buryak L.V., Kalenskaya O.P. *Vliyaniye pozharov na formirovaniye nasazhdeniy Nizhnego Priangara* [Influence of fires on the formation of plantations in the Lower Angara region]. *Pushkino: VNIILM*, 2020, 140 p.
- [19] *Instruktsiya po opredeleniyu ushcherba, prichinyaemogo lesnymi pozharami. Utverzhdena prikazom Rukovoditelya Federal'noy sluzhby lesnogo khozyaystva Rossii ot 3 aprelya 1998 g. N 53*. [Instructions for determining the damage caused by forest fires. Approved by order of the Head of the Federal Forestry Service of Russia dated April 3, 1998 N 53]. Available at: <https://docs.cntd.ru/document/901863083> (accessed 05.01.2022).
- [20] Yashnov L.I., Kolpikov M.V. *O vozobnovlenii gorelykh ploshchadey Votskoy avtonomnoy oblasti. Po materialam ekspeditsii 1927 goda* [On the resumption of burnt areas of the Votskaya Autonomous Region. Based on the materials of the 1927 expedition]. *Izvestiya Kazanskogo instituta sel'skogo khozyaystvava i lesovodstva* [News of the Kazan Institute of Agriculture and Forestry], 1930, no. 1, pp. 58–87.
- [21] Yashina T.V. *Indikator y otsenki bioraznoobraziya na osobo okhranyaemykh prirodnnykh territoriyakh Altae-Sayanskogo ecoregiona* [Indicators for assessing biodiversity in specially protected natural areas of the Altai-Sayan ecoregion. User guide]. Krasnoyarsk, 2011, 56 p.
- [22] Malyshev L.I., Peshkova G.A. *Osobennosti i genezis flory Sibiri (Predbaykal'e i Zabaykal'e)* [Peculiarities and Genesis of Siberian Flora (Prebaikalia and Transbaikalia)]. Novosibirsk: Nauka, 1984, 265 p.
- [23] Sekulich I.R., Anenkhonov O.A. *Antropogennoye vozdeystvie na erniki Vitimskogoploskogoro'ya (Severnoye Zabaykal'e)* [Anthropogenic impact on the dwarf dwarf birches of the Vitim plateau (Northern Transbaikalia)]. *Geografiya i prirodnye resursy* [Geography and natural resources], 2011, no. 1, pp. 183–185.
- [24] *Krasnaya kniga Rossiyskoy Federatsii. Rasteniya i griby* [Red Book of the Russian Federation. Plants and mushrooms]. Moscow: *Tovarishchestvo nauchnykh izdaniy KMK* [Association of scientific publications KMK], 2008, 885 p.
- [25] *Krasnaya kniga Zabaykal'skogo kraya: Rasteniya* [Red Book of the Trans-Baikal Territory. Plants]. Ed. O.A. Popova. Novosibirsk: [House of Peace], 2017, 384 p.

Author's information

Makarov Vladimir Petrovich ✉ — Cand. Sci. (Biology), Senior Researcher at the Institute of Natural Resources, Ecology and Cryology of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Laboratory of Geography and Regional Nature Management, vm2853@mail.ru

Zhelibo Tat'yana Vital'evna — Junior Researcher at the Institute of Natural Resources, Ecology and Cryology of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Laboratory of Geography and Regional Nature Management, zhelibo@mail.ru

Malykh Ol'ga Fedorovna — Researcher at the Institute of Natural Resources, Ecology and Cryology of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Laboratory of Geography and Regional Nature Management, mas160@yandex.ru

Banshchikova Ekaterina Anatol'evna — Junior Researcher at the Institute of Natural Resources, Ecology and Cryology of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Laboratory of Geography and Regional Nature Management, kait1986@mail.ru

Zima Yuriy Vladimirovich — Cand. Sci. (Geograph.), Researcher at the Institute of Natural Resources, Ecology and Cryology of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Laboratory of Geography and Regional Nature Management, zima.yura@mail.ru

Received 18.02.2022.

Approved after review 29.04.2022.

Accepted for publication 15.08.2022.

Вклад авторов: все авторы в равной доле участвовали в написании статьи
Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов
Authors' Contribution: All authors contributed equally to the writing of the article
The authors declare that there is no conflict of interest