

УДК 911.2

Т.И. Харитонова¹, Е.Ю. Новенко²

ПРИЧИНЫ И ПЕРИОДИЧНОСТЬ ВОЗНИКНОВЕНИЯ НИЗОВЫХ ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ В ЮГО-ВОСТОЧНОЙ МЕЩЕРЕ (ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ДЕНДРОХРОНОЛОГИЧЕСКОГО АНАЛИЗА)

На основе дендрохронологического анализа кернов, отобранных из пожарных подсушин и здоровых стволов сосен на трех ключевых участках в юго-восточной Мещере, датированы низовые пожары и установлена их повторяемость в разных типах ландшафтов. Возгорания на ключевых участках преимущественно не согласованы во времени. Найдена достоверная, но слабая статистическая связь между возникновением низовых пожаров и климатическими характеристиками. Сделан вывод о том, что высокая периодичность низовых пожаров в юго-восточной Мещере не является естественным процессом для рассмотренной территории и является следствием действия антропогенных факторов.

Ключевые слова: дендрохронология, низовые пожары, пожарные подсушины, Мещерская низменность

Введение. Последнее время в научной литературе природные пожары получают двойственную оценку. С одной стороны, лесной пожар представляет собой несомненное бедствие для природы и людей [Жаринов, Голубева, 2017], погибают целые экосистемы, в почвах накапливаются токсичные продукты горения [Цибарт, Геннадиев, 2011]. С другой стороны, доказана важная роль лесных пожаров в поддержании биоразнообразия и, в целом, устойчивой разновозрастной структуры лесов [Фурьев, 1996; Whitlock et al., 2010]. Существует немало работ, обосновывающих пользу контролируемых низовых пожаров для предотвращения катастрофических событий [Leopold, 1963; Biswell, 1989]. Дальнейшее развитие и распространение пожара, однажды возникшего под воздействием природного или антропогенного фактора и при благоприятных погодных условиях, зависит от свойств ландшафта – типа леса, почвенной влаги, рельефа [Zackrisson, 1977; Adámek et al., 2015]. На Восточно-Европейской равнине самыми частыми и интенсивными пожарами характеризуются ландшафты полесского рода – сосновые и елово-сосновые леса флювиогляциальных равнин. В работе С.Н. Санникова и Й. Гольдаммера [Sannikov, Goldammer, 1996] показано, что интервал между лесными пожарами в борах зеленомошниках сокращается в направлении с запада на восток от 58–70 лет в Скандинавии до 40–42 лет на Урале. В борах беломошниках межпожарный интервал гораздо короче и составляет 46 и 30 лет соответственно. В Сибири пожары в сухих сосняках происходят еще чаще – в среднем, каждые 13 лет в Восточной Сибири и каждые 7–8 лет в Забайкалье.

Ряд ученых считает, что полесский род ландшафтов является одновременно причиной и следствием пожарной динамики [Фурьев, 1996; Громцев,

2008; Дьяконов и др., 2017; Санников, 2019; Novenko et al., 2016]. Преимущественно песчаный субстрат полесских почв, легко теряющих атмосферную влагу, лишайниковый и моховой напочвенный покров, сухая подстилка приводят к легкой воспламеняемости нижних ярусов лесов и, при относительно густом подлеске, – переходу пожара к верховому типу. В пожаре погибает подлесок и подрост ели, которая в случае продолжительных сукцессий могла бы потеснить сосну в составе полесских лесов. Сосна относительно легко переносит низовой пожар – от высоких температур практически не страдает ее глубокая корневая система, толстая кора предохраняет от ожога камбий, а в случае верхового пожара возобновление сосны намного опережает другие породы деревьев за счет лучшей сохранности семенного материала [Фурьев, 1996; Sannikov, Goldammer, 1996]. Таким образом, пожар способствует сосне «много к украшенью».

На европейской территории России хорошо памяты пожары 2010 года, охватившие густонаселенные районы южной части лесной зоны и достигшие своей максимальной интенсивности в полесских ландшафтах Московской, Владимирской, Рязанской, Нижегородской областей и Мордовии. В связи с этим изучение того, насколько низовые пожары низкой интенсивности способны уменьшить вероятность катастрофических событий, является крайне актуальным.

Сложность изучения динамики низовых пожаров состоит в том, что они плохо распознаются на космических снимках [Барталев, 2017]. В случае датировки пожаров по отметинам в древесине мы получаем несколько искаженную хронологию за счет того, что: а) пожары низкой, а в ряде случаев и высокой, интенсивности могут не оставить пожарных

¹ Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет, кафедра физической географии и ландшафтоведения, доцент, канд. геогр. н.; e-mail: kharito2010@gmail.com

² Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет, кафедра физической географии и ландшафтоведения, вед. науч. с., докт. геогр. н.; e-mail: lenanov@mail.ru

отметин [Taylor, Skinner, 1998]; б) мы имеем дело с пережившими пожар деревьями, а датирование пожаров, приведших к гибели деревьев, затрудняется плохой сохранностью останков. Таким образом, дендрохронологический метод неизбежно занижает частоту и площадь пожаров. Но можно предположить, что если в районе массовых пожаров 1972 и 2010 гг. мы обнаружим уцелевшие участки леса, отмеченные низовыми пожарами в другие годы, это будет говорить в пользу теории предписанного горения лесных экосистем, выдвинутой Леопольдом [Leopold, 1963].

Представленные исследования проведены на юго-востоке Мещерской низменности. По данным изучения пожарных слоёв в торфяных залежах болот в этом регионе установлено, что для территории исследований были характерны различные типы пожарных режимов на протяжении голоцена (последние 11 700 тысяч лет). Периоды с высокой частотой пожаров (от 15–20 до 120 лет) сменялись интервалами, когда пожары происходили с частотой от 500–600 до 1800 лет, [Дьяконов и др., 2017]. Однако современная пожарная динамика лесных экосистем, частота пожаров, особенно, низовых пожаров в течение последних 100–200 лет в Мещере до настоящего времени оставались неизученными. Не менее актуальный вопрос – являются ли современные лесные пожары в Мещере естественным, климатически обусловленным природным явлением. Основной целью работы было выявить режим низовых пожаров на территории: провести их датировку, установить связь с климатическими факторами и выявить последствия низовых пожаров для разных типов леса. Также в работе решалась важная методическая задача определения чувствительности дендрохронологического метода для реконструкции низовых пожаров. Представленное исследование – это первая работа, касающаяся данной проблематики.

Территория исследований. Отбор древесного материала для последующего датирования низовых пожаров проводился в полесских ландшафтах юго-восточной части Мещерской низменности, в Клепиковском районе Рязанской области (N 55,1° с. ш.; E 40,9° в. д.). Территория исследования дренируется рекой Гусь и относится к самой высокой ступени рельефа Рязанской Мещеры, сформированной ледниковыми, водно-ледниковыми и аллювиальными отложениями среднечетвертичного возраста [Кривцов, Водорезов, 2006]. Сочетание относительно возвышенных и низменных равнин с почвообразующими породами различного состава определяет разнообразие ландшафтной структуры территории. Работы велись на трех ключевых участках, представляющих наиболее типичные для территории виды ландшафтов – моренно-водноледниковый, долинно-зандровый и заандровый. В первом ландшафте доминируют плоские моренные равнины с сырыми елово-сосновыми лесами, но источниками пожаров часто становятся верей с сухими борами. Данный ландшафт наиболее освоен, лесные участ-

ки чередуются с полями и лугами, возраст деревьев составляет в среднем 50 лет. В долинно-зандровом ландшафте сочетаются урочища долинных заандров с влажными субориями и свежими борами и песчаных террас с борами беломошниками и зеленомошниками. Это преимущественно лесохозяйственный ландшафт, возраст лесов регулируется вырубками и достигает в среднем 90 (до 140) лет. Заандровый ландшафт представлен бугристыми и грядово-волнистыми песчаными равнинами с влажными елово-сосновыми черничными и брусничными зеленомошными лесами, осложненными сырыми луговыми западинами. Возраст сосен 90 (до 120) лет.

Материалы и методы. Основная часть образцов древесины отобрана буром Пресслера, их дополняют три спила деревьев с пожарными ранами, сделанные бензопилой из порубочных остатков на вырубленном участке.

На выбранных ключевых территориях производился поиск деревьев с пожарными ранами, или «подсушинами». У каждого пораненного дерева отбирались три образца – два со стороны ранения и один с противоположной, сохранной, стороны. У сильно пострадавших деревьев с двумя или тремя подсушинами отобрано больше проб. Раненые деревья обычно располагались не одиночно, а кластерами, и в каждом кластере отбирались образцы здоровых деревьев в двукратном повторении по принятой методике [Шиятов и др., 2000; Pilcher et al., 1990; Coulthard, Smith, 2013]. Всего было получено 153 керн из 26 горевших и 30 фоновых деревьев.

Датировка пожаров по кернам представляет ряд трудностей. Прежде всего, возникновение подсушины не всегда связано с горением внешней части ствола. Воздействие высокой температуры, достигающей при низовом пожаре 600° [McBride, 1983], вызывает отмирание клеток камбия с последующим локальным нарушением формирования древесины. Лесоведы довольно точно распознают на спилах характерные трещины, отделяющие древесные кольца до и после термического ожога [Мелехов, 1948], но при датировке по кернам мы можем уверенно опираться только на обугленные кольца. В результате материал, полученный из четырех деревьев с подсушинами, не был использован из-за отсутствия в нем угля.

Далее, заживление огневой раны происходит постепенно, в результате чего у ее края формируется характерный завиток из древесных колец (рис. 1). Таким образом, в зависимости от формы завитка какие-то кольца могут не попасть в извлеченный керн, а какие-то, наоборот, могут попасть дважды, поэтому при определении года пожара нельзя опираться на подсчет колец после него. В данной работе датирование произведено на основании хода прироста дерева до его повреждения. Если дерево пережило пожар в возрасте 30 лет и более, а именно достигнув этого возраста, сосны наиболее устойчивы к воздействию огня [Sannikov, Goldammer, 1996], то его дата с высокой точностью устанавливается

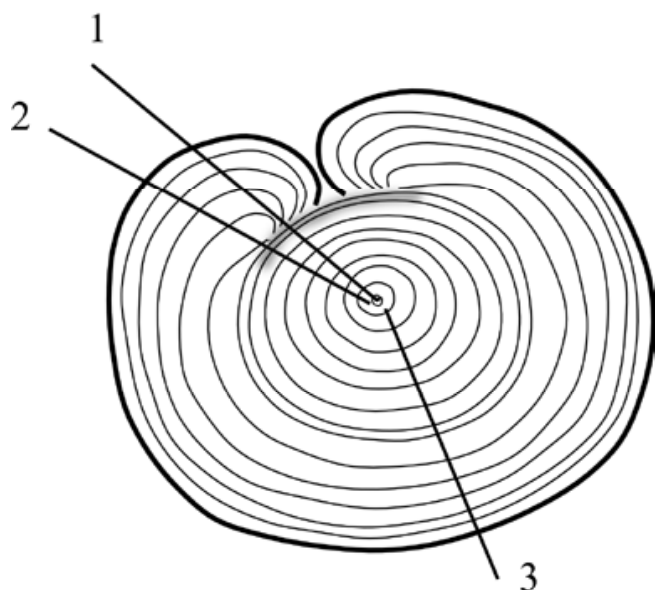


Рис. 1. Структура древесных колец поврежденной сосны и положение участков отбора образцов (линии 1, 2, 3)

Fig. 1. Tree-ring pattern of a fire-scarred pine and orientation of kernel sampling (lines 1, 2, 3)

путем перекрестного датирования [Pilcher et al., 1990] кривой допожарного прироста и прироста ненарушенной части ствола (рис. 2). В нескольких случаях, когда дерево переживало пожар в раннем возрасте (8–10 лет), обугленное кольцо проецировалось на противоположный относительно сердцевины участок извлеченного керна и методом перекрестного

датирования устанавливалась его дата со здоровой стороны. Во избежание ошибок датировки за счет ложных или пропадающих колец у раненого дерева предварительно проводилась процедура перекрестного датирования прироста ненарушенной части ствола со здоровыми деревьями исследуемого кластера.

И наконец, взрослые сосны способны пережить и довольно крупный пожар без существенных ранений, толстая кора обладает низкой теплопроводностью и способна уберечь сосну от ожога. Но если дерево получило ранение, то с высокой вероятностью смолистый рубец будет гореть в последующих пожарах, с этой точки зрения подсушины являются надежными летописцами пожаров [McBride, 1983]. Действительно, ряд отобранных кернов и все спилы носили следы нескольких пожаров. Но повторное обугливание с повторным формированием завитка вносит ошибку в подсчет количества лет между пожарами. В таких случаях мы проводили сопоставление предполагаемых дат с выявленными на всей территории исследования.

Перекрестное датирование годовых колец, измеренных на приборе LINTAB 6, проводилось в программе TSAP. Основой для принятия решения служила величина комплексного индекса перекрестного датирования **CDI** (cross-dating index), включающего в себя *t*-критерий для двух сравниваемых ходов прироста и индекс *Gleichläufigkeit*, рассчитываемый как процент однонаправленных участков двух кривых [RinnTech, 2005; Speer, 2010].

Исследование вклада климатического сигнала в изменение ширины годовых колец проводилось

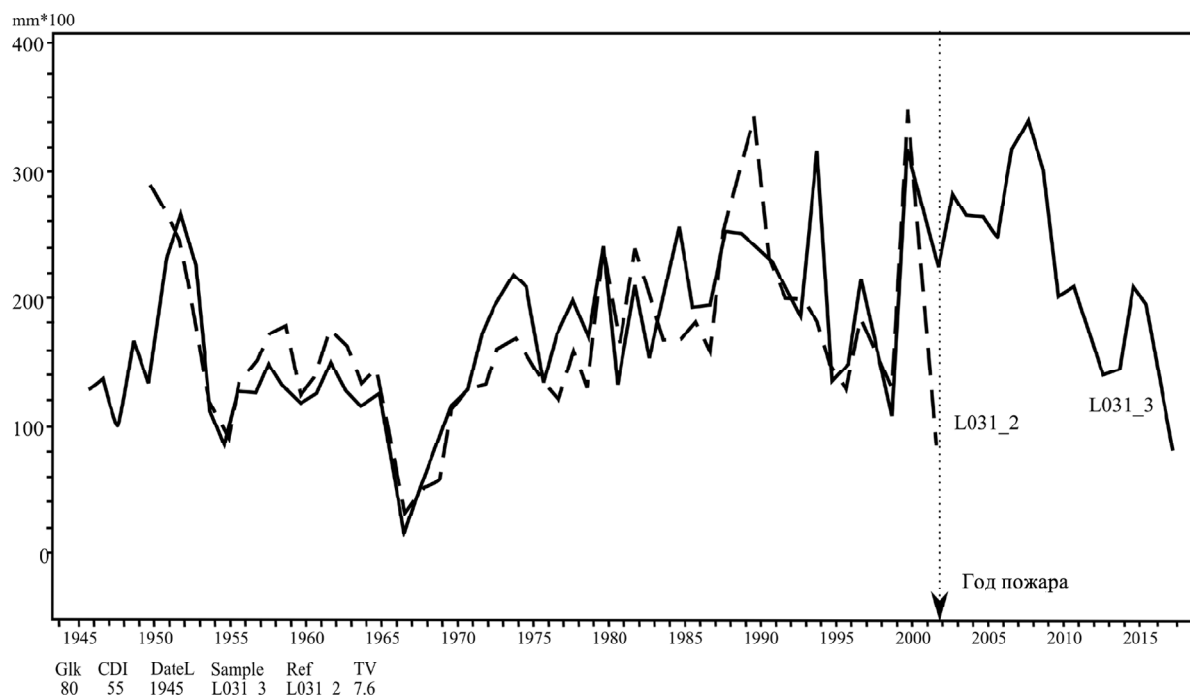


Рис. 2. Датировка пожарного кольца (L031_2) методом перекрестного датирования с образцом, отобранным с неповрежденной стороны ствола (L031_3)

Fig. 2. Dating of a burned ring (L031_2) by cross-dating with a kernel from the intact side of the tree (L031_3)

Статистический анализ проводился в программе Statistica. Примененные методы – регрессионный, дисперсионный и дискриминантный анализы

Физико-географической основой работы служила ландшафтная карта масштаба 1:50 000, составленная Г.Н. Анненской и И.И. Мамай [1979].

Результаты и их обсуждение. Датирование низовых пожаров. В результате исследования для территории было установлено 16 пожарных лет (табл. 1). Датирование признавалось надежным в случае, когда индекс перекрестного датирования CDI [RinnTech, 2005] со здоровой стороной дерева

Даты пожаров, установленные дендрохронологическим методом

№ дерева		1921	...	1937	...	1947	1949	1951	...	1966	...	1972	1974	...	1977	1979	...	1983	1985	...	1989	...	1996	...	2000	2002					
Моренно-водноледниковый ландшафт																															
L001	1965 → ●																		x												
L003	1968 → ●																x			x											
L005	1981 → ●																					x									
L008	1981 → ●																					x									
L009	1971 → ●																					x									
L012	1982 → ●																													x	
L014	1973 → ●																										x				
Долинно-зандровый ландшафт																															
L024	1957 → ●									x																					
L025	1943 → ●																		x												
L031	1946 → ●																									x					
L032	1921 ●									x																					
L035	1969 → ●												x																		
L055	1925 → ●					x		x																							
Зандровый ландшафт																															
L044	1911●	x																													
L046	1915●	x																													
L047	1928 → ●			x																											
L048	1916●	x					x																								
Dsk1	1952 → ●											x			x			x													
Dsk2	1953 → ●																		x					x							
● – год начала жизни дерева; x – год пожара																															

достигал значений выше 20, в большинстве случаев CDI был еще выше, до 49. Надо отметить, что это высокий показатель синхронности для данного региона – индекс CDI для радиального прироста здоровых деревьев на одной площадке составляет от 13 до 54. Из-за отсутствия в керне угля или сложной структуры поврежденных колец 10 образцов были забракованы.

Следует отметить редкое совпадение годов пожаров на ключевых участках и даже в кластерах одного участка, расположенных на расстоянии 200–700 м друг от друга. Различие в 4–12 лет при датировке пожаров на соседних участках свидетельствует не о возможных ошибках измерений, но о низкой интенсивности и локальном характере возгораний. Единственный пожарный год – 1985 – прослежен на всех ключевых участках. Характерно, что он не отличается благоприятными погодными условиями для природных возгораний.

Ключевому участку на *моренно-водноледниковой равнине* присуща наиболее выраженная согласованность хода радиального прироста и пожарных событий (рис. 3). Неглубокое залегание моренных суглинков определяет относительно повышенную влажность и трофность условий местообитания, благоприятствующих произрастанию ели. Последние 17–28 лет на территории не наблюдалось пожаров, и в настоящее время ель сформировала густой II ярус древостоя, сосна практически не возобновляется, а нижние ярусы леса занимают подрост ели, дуба и кустарники. Наложенные на построенные хронологии годы пожаров показывают волнообразную динамику прироста сосны, приблизительно с 20-летним периодом, которая может быть описана конкурентными отношениями с елью:

постепенно снижающаяся толщина годовых колец резко повышается после пожарных событий, в которых страдает, в первую очередь, ель.

Долинно-зандровый ландшафт характеризуется более высоким разнообразием местообитаний, здесь больше мелких эрозионных форм и западин, разделяющих участки залесенных равнин, поэтому асинхронность прироста и пожарных событий в разных урочищах здесь наиболее ярко выражена. В условиях свежего бора лишайниково-зеленомошного ель отсутствует в древесном ярусе, но встречается единично в подросте, поэтому здесь мы не прослеживаем регулярные конкурентные циклы сосна–ель (рис. 4). Пожар 1966 года был, очевидно, высокой интенсивности, так как несмотря на различие условий, он прослеживается в нескольких кластерах участка. Возможно, он привел к усыханию большого количества деревьев, в результате чего продуктивность выживших особей резко повысилась. Пожару 1985 г. соответствует снижение общего прироста, но такой уровень колебаний характерен и для лет без выявленных пожаров. Следует отметить, что на точках регулярного наблюдения стационара Лесуново с похожим типом леса были зафиксированы низовые пожары в 1972 и 2010 гг., но древесный ярус при этом никак не пострадал. В исследуемом кластере кора многих деревьев носит следы копоты и угля, но камбий и древесина не нарушены – редкий подлесок и почти отсутствующий травяной ярус не обеспечивают огонь горючим материалом.

В *зандровом* ландшафте в условиях сложных березово-елово-сосновых лесов с густым подлеском происходят низовые пожары самой высокой интенсивности, здесь сильнее всего изранены деревья, на некоторых стволах насчитывается 3–4 под-

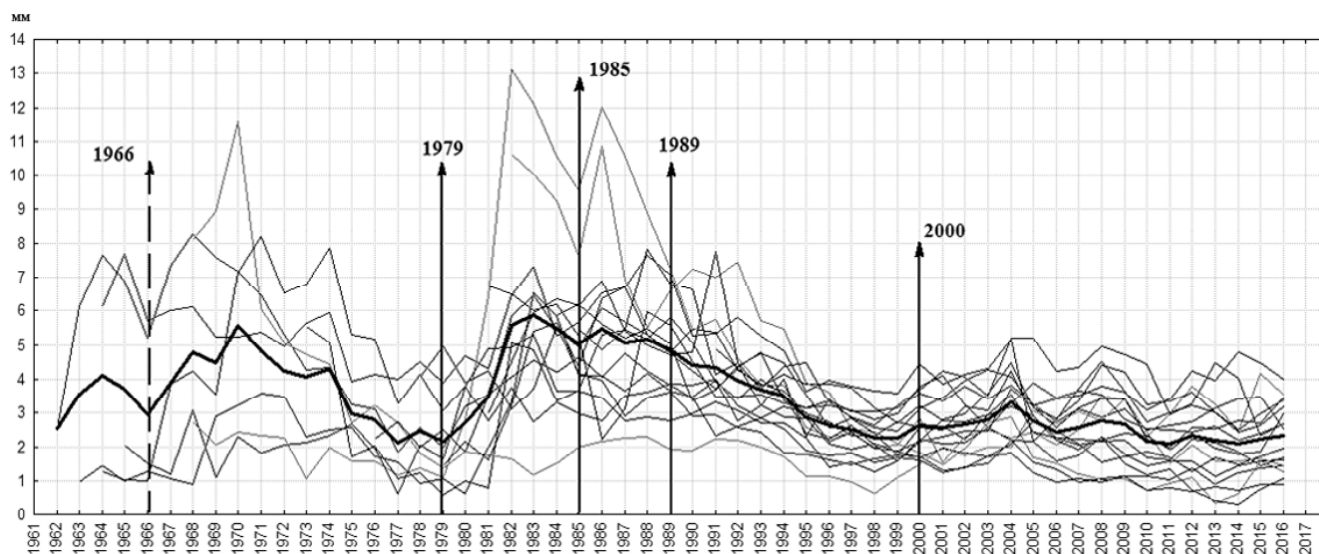


Рис. 3. Кривые радиального прироста сосны обыкновенной на моренно-водноледниковой равнине. Жирной линией показана обобщенная хронология по ключевому участку, цифрами – годы выявленных пожаров

Fig. 3. Radial growth curves of *Pinus sylvestris* trees at moraine-fluvioglacial plain. Bold line shows the generalized chronology for the key site, figures indicate years of detected fires

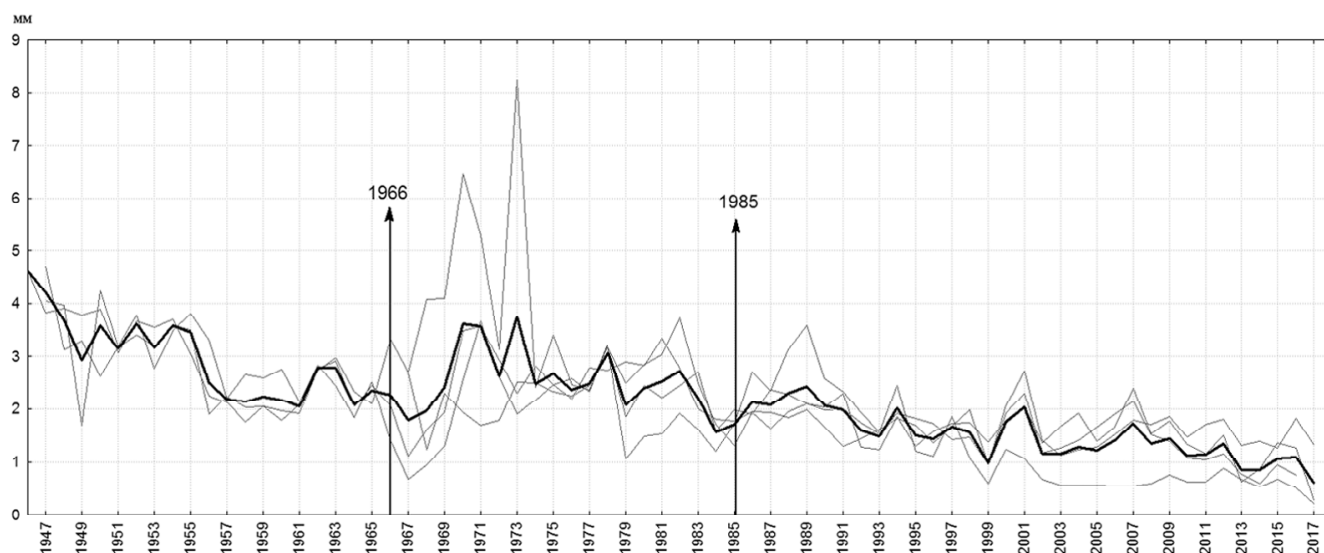


Рис. 4. Кривые радиального прироста сосны обыкновенной в бору лишайниково-зеленомошном на долинно-зандровой равнине. Жирной линией показана обобщенная хронология по ключевому участку, цифрами – годы выявленных пожаров

Fig. 4. Radial growth curves of *Pinus sylvestris* trees from lichen–green moss pine forest at alluvial outwash plain. Bold line shows the generalized chronology for the key site, figures indicate years of detected fires

сушины, в кернах датируется 2–3 обугленных кольца. Влияние пожаров здесь сказывается негативно на всю экосистему, не только на ель, мы видим значительное снижение радиального прироста сосны после каждого пожара (рис. 5).

Связь низовых пожаров с климатом. Многомерный регрессионный анализ показал, что ход прироста деревьев достоверно (вероятность ошибки $p < 0,05$) описывается среднегодовой температурой и осадками июня и июля, но при этом коэффициент детерминации R^2 находится в пределах 0,12–0,17, то есть вклад климатических показателей достоверен, но крайне мал. Очевидно, что самые резкие изменения ширины годичных колец связаны с пожарными событиями, а не с засушливыми и жаркими условиями, которые служат катализаторами пожаров. Так, построенные хронологии не показывают значительных отклонений от тренда в 1972 и 2010 гг. (годы сильных засух и интенсивных пожаров в регионе), так как они практически не затронули участки исследования.

Для проверки обусловленности выявленных пожарных событий погодными условиями анализировались следующие переменные: 1) накопленный за теплый период года комплексный показатель пожарной опасности (КППО); 2) индекс пожароопасности, рассчитанный как количество дней в году с КППО, превышающим 4000°C (высокая и чрезвычайная степень пожарной опасности согласно Приказу ... [2011]); 3) количество дней в году с грозами; 4) грозовой индекс, рассчитанный как количество дней с грозами, только с введенными весовыми коэффициентами для гроз низкой, средней и высокой интенсивности. В группирующей би-

нарной переменной единица соответствовала годам с выявленными пожарами, ноль – годам без пожаров.

Комплексный показатель пожарной опасности оценивает сумму полуденных температур выше точки росы в дни без осадков, в дни с осадками выше 3 мм показатель приравняется к нулю. Суммарный КППО за период с 15 апреля по 30 сентября отражает пожароопасность погодных условий всего теплого сезона. На территории исследования средний накопленный КППО составляет $268\,000^\circ$. Резко выделяются по степени пожароопасности три года – 1972, 2002 и 2010, накопленный КППО в эти годы 3–5 раз превышает средний показатель за последние 50 лет. Индекс пожароопасности варьирует в пределах от нуля (таких лет – десять) до 126, составляя в среднем 20 дней в год с условиями высокой и чрезвычайной опасности.

За этот же период насчитывается в среднем до 50 дней с грозами. Высокая вариабельность числа дней с грозами средней и высокой интенсивности (от 0 до 39) вызвала необходимость расчета грозового индекса, учитывающего вклад гроз разной силы.

Дискриминантный и дисперсионный анализ не выявил достоверных связей пожарных событий с проверяемыми климатическими факторами. Исследование проводилось с оговоркой, что выбранный подход будет занижать количество пожаров, в том числе в благоприятные годы. Ярким доказательством служит тот факт, что не было выявлено ни одного следа низового пожара 2010 г., хотя вблизи ключевых участков находятся большие площади выгоревших в этот год лесов. В то же время,

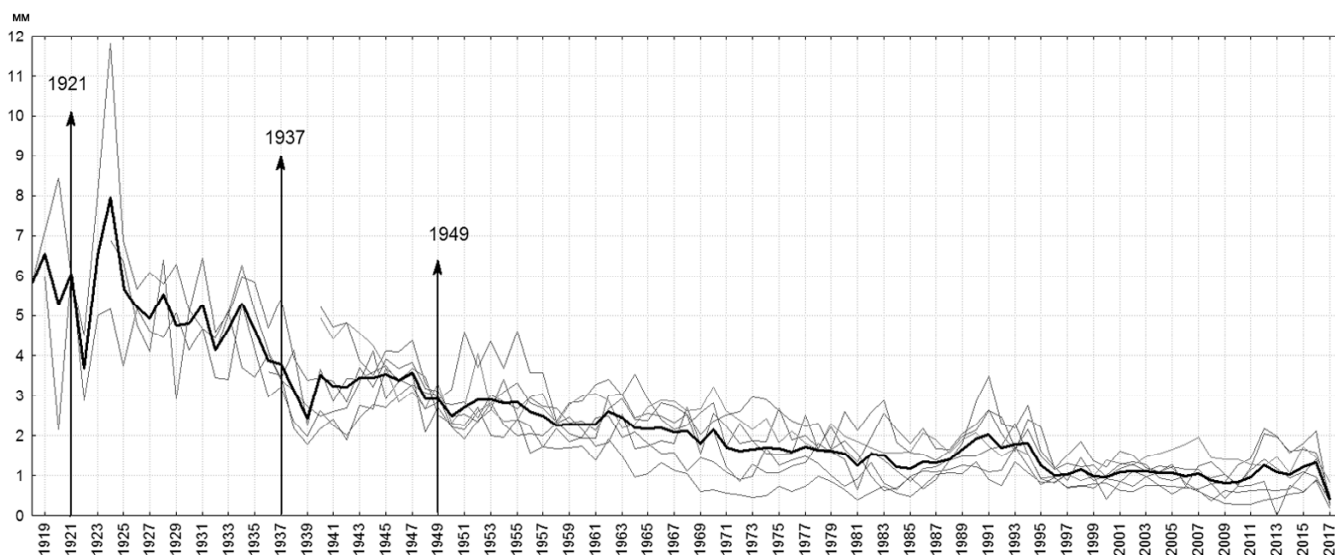


Рис. 5. Кривые радиального прироста сосны обыкновенной в березово-елово-сосновых лесах на зандровой равнине. Жирной линией показана обобщенная хронология по ключевому участку, цифрами – годы выявленных пожаров

Fig. 5. Radial growth curves of *Pinus sylvestris* trees from birch-spruce-pine forest at outwash plain. Bold line shows the generalized chronology for the key site, figures indicate years of detected fires

некоторые пожары вспыхнули на фоне низких и средних показателей пожароопасности. К похожим выводам приходили и другие исследователи динамики пожаров [Zackrisson, 1977; McBride, 1983]. Короткий ряд данных и непараметрический характер исследуемой величины сокращают возможности применения статистического анализа. Для исследования совместного влияния погоды и метеорологических явлений была составлена таблица частоты пожарных событий при индексе пожароопасности и грозовом индексе выше и ниже среднего (табл. 2).

Частотный анализ показывает, что в целом датированные нами пожары происходили в условиях благоприятствующей метеорологической обстановки, но слабая статистическая связь пожарных событий с климатическими параметрами свидетельствует о действии иных факторов. Возникновение большинства выявленных низовых пожаров носит локальный и случайный характер, и на этом основании мы делаем заключение об антропогенных причинах возгораний.

Отдельно следует отметить пожар 1985 года, следы которого наблюдаются по всей территории исследования. В отличие от других событий, пожар

1985 года не был обусловлен климатически и соответствует условиям влажного безгрозового теплого периода. Таким образом, его можно отнести к пожарам исключительно антропогенного происхождения и причины его возникновения требуют дополнительного изучения по историческим источникам.

Выводы:

– высокая периодичность низовых пожаров в юго-восточной Мещере не является естественным процессом для рассматриваемой территории. Низовые пожары наблюдаются локально, их проявление имеет слабую статистическую связь с климатическими характеристиками теплого сезона года и, очевидно, они вызваны деятельностью человека. По этой причине крайне неравномерна их динамика – на некоторых участках пожары не фиксируются последние 95 лет, а на других повторяются с частотой 5–11 лет. Высокая повторяемость (4–6 лет) низовых пожаров, отмеченная у отдельных деревьев, не говорит в пользу теории контролируемых пожаров, по крайней мере, для полесских родов ландшафтов;

– низовые пожары с высокой долей достоверности могут быть восстановлены на основе анали-

Таблица 2

Частота пожаров в условиях низких и высоких значений индексов пожароопасности и гроз

Годы пожаров		Индекс пожароопасности	
		Выше среднего	Ниже среднего
Грозовой индекс	Выше среднего	1974	2000, 1989, 1983, 1977
	Ниже среднего	2002, 1996, 1979, 1972	1985

за хода радиального прироста сосен. Во влажных субориях за пожаром следует увеличение толщины годовичных колец, в свежих сложных субориях за пожаром следует временное снижение прироста. В сухих и свежих борах зависимость между пожаром и шириной колец прослеживается хуже всего;

– в местообитаниях, благоприятных для произрастания ели, при отсутствии пожаров в течение

17–28 лет, возобновление сосны прекращается, ель формирует густой II ярус древостоя, а нижние ярусы леса занимают подрост ели, дуба и кустарники. Таким образом показано, что частые пожары даже низкой интенсивности в ландшафтах полесского типа снижают ценоотическое разнообразие при доминировании сосновых лесов разной степени влажности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Анненская Г.Н., Мамай И.И. Результаты крупномасштабной ландшафтной съемки Рязанской Мещеры // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5. География. 1979. № 1. С. 24–32.

Барталев С.А., Стыцено Ф.Б., Хвостиков С.А., Луян Е.А. Методология мониторинга и прогнозирования пирогенной гибели лесов на основе данных спутниковых наблюдений // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2017. Т. 14. № 6. С. 176–193.

Громцев А.Н. Основы ландшафтной экологии европейских таежных лесов России. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2008. 238 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 // Доклады Академии наук. 2017. Т. 477. № 2. С. 233–239.

Жаринов С.Н., Голубева Е.И. Экономическая оценка последствий лесных пожаров (на примере Тверской области) // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5. География. 2017. № 3. С. 61–69.

Кривцов В.А., Водорезов А.В. Особенности строения и формирования рельефа на территории Рязанской области. Рязань, 2006. 279 с.

Мелехов И.С. Влияние пожаров на лес. М.:Л.: Гослестехн. изд-во, 1948. 126 с.

Приказ Федерального агентства лесного хозяйства от 5 июля 2011 г. N 287 «Об утверждении классификации природной пожарной опасности лесов и классификации пожарной опасности в лесах в зависимости от условий погоды». 2011.

Пузаченко Ю.Г. Математические методы в экологических и географических исследованиях. М.: Academia, 2004. 416 с.

Санников С.Н. Эколого-генетическая классификация типов леса на основе экодинамических рядов развития биогеоценозов // Сибирский лесной журнал. 2019. № 1. С. 3–15.

Фураев, В.В. Роль пожаров в процессе лесообразования. Новосибирск: Наука, 1996. 252 с.

Цибарт А.С., Геннадиев А.Н. Ассоциации полициклических ароматических углеводородов в пройденных пожарами почвах // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5. География. 2011. № 3. С. 13–19.

Шиятов С.Г., Ваганов Е.А., Кирдянов А.В., Круглов В.Б., Мазепин В.С., Наурызбаев М.М., Хантемиров Р.М. Методы дендрохронологии. Часть 1. Основы дендрохронологии. Сбор и получение древеснокольцевой информации. Красноярск: Изд-во Краснояр. ун-та, 2000. 80 с.

Adámek M., Bobek P., Hadincová V., Wild J., Kopecky M. Forest fires within a temperate landscape: A decadal and millennial

perspective from a sandstone region in Central Europe // Forest Ecology and Management. 336. 2015. P. 81–90.

Biswell H.H. Prescribed burning // California wildlands vegetation management. Berkeley: University of California Press; 1989. 255 p.

Cook E.R., Peters K. The smoothing spline: a new approach to standardizing forest interior tree-ring width series for dendroclimatic studies // Tree-Ring Bulletin. Vol. 41. 1981. P. 45–53.

Coulthard B.L., Smith D.J. Dendrochronology // Elias S.A., Mock C.J. (Eds) Encyclopedia of Quaternary Science (Second Edition). Elsevier. 2013. P. 453–458.

Leopold A.S. Wildlife management in the national parks. US National Park Service, 1963. 22 p.

McBride J.R. Analysis of tree rings and fire scars to establish fire history // Tree-Ring Bulletin. 1983. T. 43. P. 51–67.

Novenko E., Tsyganov A., Volkova E., Kupriyanov D., Mironenko I., Babeshko K., Utkina A., Popov V., Mazei Yu. Mid- and Late Holocene vegetation dynamics and fire history in the boreal forest of European Russia: A case study from Meshchera Lowlands // Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology. 2016. Vol. 459. P. 570–584.

Pilcher J.R., Schweingruber F.H., Kairiukstis L., Shiyatov S., Worbes M., Kolishchuk V.G., Vaganov E.A., Jagels R., Telewski F.W. Primary Data // Cook E.R., Kairiukstis L.A. (Eds) Methods of Dendrochronology. Springer, Dordrecht. 1990. P. 23–96.

RinnTech, 2005. TSAP-Win. Time series analysis and presentation for dendrochronology and related application. Vers. 0.53 (www.rinntech.com).

Sannikov S.N., Goldammer J.G. Fire ecology of pine forests of northern Eurasia // Fire in ecosystems of boreal Eurasia. Springer, Dordrecht, 1996. P. 151–167.

Speer J.H. Fundamentals of tree-ring research. University of Arizona Press, 2010. 509 p.

Taylor A.H., Skinner C.N. Fire history and landscape dynamics in a late-successional reserve, Klamath Mountains, California, USA // Forest Ecology and Management. 1998. T. 111. № 2–3. P. 285–301.

Zackrisson O. Influence of Forest Fires on the North Swedish Boreal Forest // Oikos. 1977. Vol. 29(1). P. 22–32.

Whitlock C., Higuera P.E., McWethy D.B., Briles C.E. Paleocological Perspectives on Fire Ecology: Revisiting the Fire-Regime Concept // The Open Ecology Journal. 2010. Vol. 3. P. 6–23.

Поступила в редакцию 11.03.2019

После доработки 06.04.2019

Принята к публикации 15.04.2019

T.I. Kharitonova¹, E.Yu. Novenko²

**ORIGIN AND FREQUENCY OF SURFACE WILDFIRES
IN SOUTH-EASTERN MESCHERA LOWLAND
(ACCORDING TO DENDROCHRONOLOGICAL DATA)**

Dating and frequency analysis of surface wildfires in different types of landscapes were performed for three key sites in South-Eastern Meschera lowland by means of dendrochronological methods. Material for dating was sampled from pines with fire scars and from neighboring intact trees. Dynamics of fires was not consistent between sites. The statistical relation between wildfires and climatic characteristics was very weak but rather reliable. The conclusion is that high frequency of surface wildfires in South-Eastern Meschera was not a natural process in the region and was stimulated by anthropogenic factors.

Key words: dendrochronology, surface wildfires, fire scars, Meschera lowland

REFERENCES

- Adámek M., Bobek P., Hadincová V., Wild J., Kopecký M. Forest fires within a temperate landscape: A decadal and millennial perspective from a sandstone region in Central Europe // *Forest Ecology and Management* 336 (2015) P 81–90.
- Annenskaia G.N., Mamai I.I. Rezultaty krupnomasshtabnoj landshaftnoj s'emki Ryazanskoj Meschery [Results of large-scale landscape survey of the Ryazan Meshchera] // *Vestnik Moskovskogo un-ta. Seriya 5, Geografija*. 1979. № 1. P. 24. (In Russian)
- Bartalev S.A., Stytsenko F.V., Khvostikov S.A., Loupian E.A. Metodologiya monitoringa i prognozirovaniya pirogennoj gibeli lesov na osnove dannyh sputnikovyh nablyudenij [Methodology of post-fire tree mortality monitoring and prediction using remote sensing data] // *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*. 2017. V. 14. № 6. P. 176–193. (In Russian)
- Biswell H.H. Prescribed burning // *California wildlands vegetation management*. Berkeley: University of California Press; 1989. 255 p.
- Cook E.R., Peters K. The smoothing spline: a new approach to standardizing forest interior tree-ring width series for dendroclimatic studies // *Tree-ring Bulletin*, Vol. 41, 1981. P. 45–53.
- Coulthard B.L., Smith D.J. Dendrochronology // Elias S.A., Mock C.J. (eds) *Encyclopedia of Quaternary Science* (Second Edition). Elsevier. 2013. P. 453–458.
- Dyakonov K.N., Novenko E.Y., Mironenko I.V., Kuprijanov D.A., Bobrovsky M.V. Rol pozharov v dinamike landshaftov yugo-vostochnoj Meschery v golotsene [The role of fires in the Holocene landscape dynamics of the southeastern part of Meshchera Lowlands] // *Doklady Earth Sciences*. 2017. V. 477, № 2. P. 233–239. (In Russian)
- Furyaev V.V. Rol pozharov v protsesse lesoobrazovaniya [Role of Fires fires in the Forest Regeneration regeneration Processprocess]. Novosibirsk: Nauka, 1996. 252 p. (In Russian)
- Gromtsev A.N. Osnovy landshaftnoj ekologii evropejskikh taezhnyh lesov Rossii [Fundamentals of landscape ecology of the European taiga forests of in Russia]. Karelian Research Center RAS. Petrozavodsk. 2008. 238 p. (In Russian)
- Krivtsov V.A., Vodoretzov A.V. Osobennosti stroeniya i formirovaniya reliefa na territorii Ryazanskoj oblasti [Peculiarities of structure and formation of the relief on the territory of the Ryazan region] // *Ryazan State University for S.A. Yesenin*. Ryazan, 2006. 279 p. (In Russian)
- Leopold A.S. Wildlife management in the national parks. US National Park Service, 1963. 22 p.
- McBride J.R. Analysis of tree rings and fire scars to establish fire history // *Tree-Ring Bulletin*. 1983. T. 43. P. 51–67.
- Melekhov, I.S. Vliyanie pozharov na les [Effect Impact of fires on forest]. Moscow-Leningrad: Goslesteckhisdat, 1948. 126 p. (In Russian)
- Novenko E., Tsyganov A., Volkova E., Kupriyanov D., Mironenko I., Babeshko K., Utkina A., Popov V., Mazei Yu. Mid- and Late Holocene vegetation dynamics and fire history in the boreal forest of European Russia: A case study from Meshchera Lowlands // *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*. 2016. Vol. 459. P. 570–584.
- Pilcher J.R., Schweingruber F.H. et al. Primary Data // Cook E.R., Kairiukstis L.A. (eds) *Methods of Dendrochronology*. Springer, Dordrecht. 1990. P. 23–96.
- Prikaz Federalnogo agentstva lesnogo hozyaistva ot 5 iyulya 2011 g. № 287 The order of Federal Forestry Agency from July 5, 2011. № 287 «Ob utverzhdenii klassifikacii prirodnoj pozharnej opasnosti lesov i klassifikacii pozharnej opasnosti v lesah v zavisimosti ot uslovij pogody» [The Order of Federal Forestry Agency of July 5, 2011. № 287] (In Russian)
- Puzachenko Yu.G. Matematicheskie metody v ekologicheskikh i geograficheskikh issledovaniyakh [Mathematical methods in ecological and geographical research]. Moscow: Academia, 2004. 416 p. (In Russian)
- RinnTech, 2005. TSAP-Win. Time series analysis and presentation for dendrochronology and related application. Vers. 0.53 (www.rinntech.com).
- Sannikov S.N. Ekologo-geneticheskaja klassifikacija tipov lesa na osnove jekodinamicheskikh rjadov razvitija biogeocenozov [Ecological-genetic classification of forest types basing on the ecodynamic rows of biogeocenoses evolution] // *Siberian Journal of Forest Science*. 2019. № 1. P. 3–15. (In Russian)
- Sannikov S.N., Goldammer J.G. Fire ecology of pine forests of northern Eurasia // *Fire in ecosystems of boreal Eurasia*. Springer, Dordrecht, 1996. P. 151–167.
- Shiyatov S.G., Vaganov E.A. et al., Metody dendrokhronologii. Sbor i poluchenie drevesnokoltsevoj informatsii [Dendrochronology Methodsmethods. Part 1. Grounds of Dendro chronology.

¹ Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Department of Physical Geography and Landscape Science, Associate Professor, PhD. in Geography; e-mail: kharito2010@gmail.com

² Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Department of Physical Geography and Landscape Science, Leading Scientific Researcher, D.Sc. in Geography; e-mail: lenanov@mail.ru

Collection of Treering tree ring Information[information]. Krasnojarsk: Izdatel'stvo Krasnojarskogo universiteta, 2000. 80 p. (In Russian)

Speer J.H. Fundamentals of tree-ring research. University of Arizona Press, 2010. 509 p.

Taylor A.H., Skinner C.N. Fire history and landscape dynamics in a late-successional reserve, Klamath Mountains, California, USA // Forest Ecology and Management. 1998. T. 111. № 2–3. С. 285–301.

Tsibart A.S., Gennadiev A.N. Assotsiatsii politsiklicheskih aromatischeskih uglevodorodov v projdennyh pozharami pochvah [Associations of polycyclic aromatic hydrocarbons in fire-affected

soils] // Vestnik Moskovskogo Universiteta. Seria 5, Geografia. 2011. № 3. P. 13–19. (In Russian)

Whitlock C., Higuera P.E., McWethy D.B., Briles C.E. Paleoecological Perspectives on Fire Ecology: Revisiting the Fire-Regime Concept // The Open Ecology Journal. 2010. Vol. 3. P. 6–23.

Zackrisson O. Influence of Forest Fires on the North Swedish Boreal Forest // Oikos, 1977. Vol. 29(1). P. 22–32.

Zharinov S.N.I., Golubeva E.I. Ekonomicheskaya otsenka posledstvij lesnyh pozharov (na primere Tverskoj oblasti) [Economic evaluation of forest fires effects (case study of the Tver Oblast)] // Vestnik Moskovskogo un-ta. Seria 5, Geografia. 2017. № 3. P. 61–69. (In Russian)

Received 11.03.2019

Revised 06.04.2019

Accepted 15.04.2019