

ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЕ СТАТЬИ

УДК 630*182.21

ВОЗДЕЙСТВИЕ ПОЖАРА И ВЕТРОВАЛА НА ФИТОЦЕНОЗ КЕДРОВО-ШИРОКОЛИСТВЕННОГО ЛЕСА (ПО ДАННЫМ МОНИТОРИНГА ЗА 60 ЛЕТ)

А. В. Иванов^{1,2}, М. А. Сало³, С. Н. Бондарчук³, Н. А. Кочкарина¹

¹ Приморская государственная сельскохозяйственная академия
692510, Уссурийск, ул. Блюхера, 44

² Дальневосточный научно-исследовательский институт лесного хозяйства
680020, Хабаровск, ул. Волочаевская, 71

³ Сихотэ-Алинский государственный природный биосферный заповедник им. К. Г. Абрамова
692150, Приморский край, Терней, ул. Партизанская, 44

E-mail: aleksandr86@mail.ru, salo_mihail@mail.ru, bonsal@mail.ru, tom.mmmm@yandex.ru

Поступила в редакцию 26.05.2020 г.

Представлены результаты анализа динамики лесного насаждения на постоянной пробной площади, расположенной на территории Сихотэ-Алинского заповедника (Приморский край) на месте бывшего высокопродуктивного кедровника, в котором в 20-е гг. XX в. произошел сильный пожар. Используются материалы ревизий за период 1958–2019 гг. В составе насаждения продолжают доминировать светолюбивые виды береза плосколистная *Betula platyphylla* Sukaczew и осина *Populus tremula* L., доля которых за весь период наблюдения снижается с 9 до 6 единиц. Последняя инвентаризация (2019 г.) отражает состояние насаждения после сильного ветровала вследствие тайфуна Lionrock в 2016 г.: запас насаждения снизился с 254 до 180 м³ · га⁻¹. Общий текущий прирост составляет 4.7–8.4 м³ · га⁻¹ · год⁻¹, отпад до ветровала по ревизионным периодам изменялся в пределах 1.4–3.0 м³ · га⁻¹ · год⁻¹, а в последнем периоде составил 12.0 м³ · га⁻¹ · год⁻¹. Достаточный для последующего восстановления главной породы (кедра корейского *Pinus koraiensis* Siebold & Zucc.) подрост присутствует только на учетных площадках без нарушения древостоя ветровалом (до 5 тыс. шт. · га⁻¹). По региональным аллометрическим уравнениям определена надземная фитомасса деревьев и древостоя для каждой инвентаризации насаждения. Чистый прирост фитомассы до ветровала составлял 1.31 т С · га⁻¹ · год⁻¹, что в 2 раза и более выше, чем средний удельный сток углерода в фитомассу лесов Тернейского лесничества, оцененный системой РОБУЛ. Запас фитомассы насаждения после ветровала снизился с 89 до 60 т С · га⁻¹. Насаждение развивалось по сценарию длительно-восстановительной смены, однако его дальнейшая динамика непредсказуема по причине неустойчивости оставшейся части древостоя.

Ключевые слова: лесное насаждение, постоянная пробная площадь, прирост, отпад, фитомасса.

DOI: 10.15372/SJFS20200501

ВВЕДЕНИЕ

Жизнь лесного насаждения представляет собой последовательность циклов, в которых происходят восстановление и смена видов лесообразователей. Переход на новый цикл обуславливается, как правило, нарушающими воздействиями пожаров, ветровалов и рубок (Кудинов, 2012; Сергиенко и др., 2015; Norden et al., 2015;

Anyomi et al., 2017 и др.). Понимание закономерностей лесовосстановительных сукцессий имеет ключевое значение для устойчивого лесоуправления. Современные инициативы в использовании, восстановлении, охране и защите лесов, учитывающие весь комплекс их экосистемных функций, должны быть научно обоснованными и в связи с ростом частоты аномальных погодных явлений (Алексеев и др., 2014; Chirici

et al., 2018; Taylor et al., 2017). Основной путь изучения реакций лесных насаждений на нарушающие воздействия и изменяющиеся условия среды – исследование динамики лесов разных формаций и разных типов (Сукачев, Зонн, 1961). Для этого часто прибегают к методу хронологических последовательностей, когда временной ряд развития лесного насаждения получают, анализируя пространственную изменчивость разновозрастных фитоценозов конкретного типа леса. Так, большая часть современных знаний о восстановительных циклах лесов мира (которые составляют одно и более столетий) основана именно на хронологических последовательностях. При этом показано, что сукцессионные пути сильно различаются даже у соседних древостоев с аналогичными условиями окружающей среды и историей нарушений (Norden et al., 2015). Альтернативным методом изучения динамики лесов является многолетний мониторинг лесных растительных сообществ на постоянных пробных площадях (ППП) (Рысин, Казанцева, 1975), отличающийся трудоемкостью и требующий преемственности поколений ученых. Сеть ППП начала формироваться в России в 30-е гг. XX в. и в основном в лесах особо охраняемых природных территорий (ООПТ).

Лесные экосистемы Приморского края, отличающиеся высоким биологическим разнообразием, сложностью морфологического строения, многообразием лесных формаций и типов леса, испытывают усиливающееся негативное воздействие пожаров, ветровалов, наводнений и интенсивных рубок (Колесников, 1956; Вагг, Sayer, 2012; Иванов и др., 2018a). Имеющиеся данные о структуре и динамике лесов Приморья (некоторые из них получены на ППП на территории Сихотэ-Алинского заповедника) немногочисленны и, как правило, не содержат прямых оценок регулирующих и поддерживающих экосистемных функций, но дают подробные лесоводственные описания конкретных растительных сообществ, их структуры и динамики (Соловьев, 1958; Флягина, 1982; Галанин и др., 2000; Кудинов, 2004, 2012; Корякин, 2007; Манько и др., 2009; Ухваткина, Омелько, 2013). В настоящее время в регионе отсутствует научно обоснованная система лесовосстановительных мероприятий (Иванов, Шашенок, 2018), концепция рубок лесных насаждений требует совершенствования. Управляющие воздействия на леса направлены на ускорение сукцессий (Taylor, Skinner, 1998), ведущих к формированию коренных типов, которые наиболее полно

реализуют экосистемные функции в конкретных условиях.

Такие нарушения структуры лесов, как пожары и ветровалы, резко меняют не только состав и пространственную структуру лесного насаждения, но и приводят к изменениям в круговороте вещества, сильно трансформируют видовой состав живых организмов на больших территориях. Особый ущерб они наносят лесным сообществам ООПТ, которые часто служат эталоном ненарушенного ландшафта и где осуществляется длительный мониторинг состояния популяций видов.

Цель настоящего исследования – проанализировать особенности динамики лесного насаждения на ППП за период 1958–2019 гг. под действием пожара и ветровала.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

ППП 4-1958 (размер 40 × 62.5 м) заложена на территории Сихотэ-Алинского заповедника на восточном макросклоне в бассейне р. Серебрянки (руч. Зимовейный) Ю. И. Манько и В. А. Розенбергом в 1958 г. Центр ППП имеет координаты 45°13'68" с. ш., 136°31'55" в. д. (рис. 1).

В начале минувшего столетия в урочище Зимовейный на месте ППП произрастал кедровник с елью *Picea A. Dietr.* и березой желтой *Betula alleghaniensis* Britton состава: 6 К (180–200–250 лет) 2 Е (180–200 лет) 2 Бж + Лп, Т полнотой 0.7 (Правдин, 1913). Второй ярус был образован пихтой белокорой *Abies nephrolepis* (Trautv. ex Maxim.) Maxim. Сильные лесные пожары полностью уничтожили коренную растительность в бассейне р. Серебрянки в период 1917–1924 гг. (Колесников, 1938; Пожары..., 2010). В дальнейшем здесь проходили повторные палы. К моменту закладки ППП в 1958 г. гарь заросла березой плосколистной *Betula platyphylla* Sukaczew и осинкой обыкновенной *Populus tremula* L. В подлеске доминировали аралия высокая *Aralia elata* (Miq.) Seem., калина Саржента *Viburnum sargentii* Koehne, бузина сибирская *Sambucus racemosa* subsp. *Sibirica* (Nakai) H. Hara. В 2016 г. в заповеднике на площади более 30 тыс. га произошел сплошной ветровал вследствие тайфуна Lionrock (Громыко, 2017). Действие тайфуна частично затронуло ППП 4-1958.

По данным метеостанции «Терней» среднегодовая температура в районе исследования + 3.4 °С. За период с апреля по октябрь выпадает 689 мм осадков, что составляет 90 % от годового

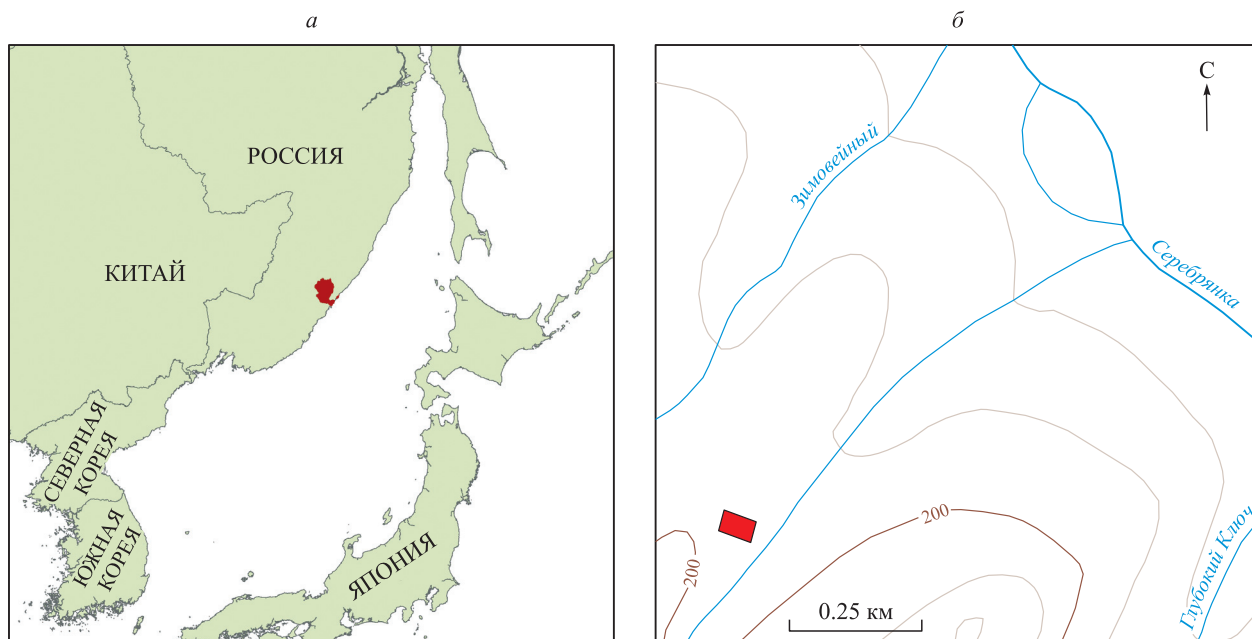


Рис. 1. Расположение заповедника (а) и ППП (б).

количества. Вегетационный период продолжается 174 дня, начинается в 1-й декаде мая, заканчивается в 3-й декаде октября.

На ППП выполнено 5 ревизий (инвентаризаций) насаждения: в 1958, 1993, 1999, 2004 и 2019 гг. Каждое дерево с диаметром 5 см и более относили к древостою и нумеровали. В ходе ревизии площадь размечалась рулетками и кольщиками на квадраты 10×10 м. У каждого дерева измеряли диаметр и высоту, указывали состояние (здоровое, усыхающее, сухостой, валеж). Подрост и подлесок таксировали на угловых учетных квадратах и четырех квадратах в центре ППП. В 2019 г. все деревья на ППП картировали – определяли их прямоугольные координаты (XУ) относительно сторон ППП и измеряли протяженность крон в четырех направлениях.

В таблицах Excel по данным каждой ревизии определяли таксационные показатели насаждения: средний диаметр, среднюю высоту по породам, густоту стояния деревьев, полноту и запасы стволовой древесины (Справочник..., 2010). При этом учитывали только те деревья сухостоя и валежа, которые образовались в конкретный межревизионный период.

Общий прирост и отпад вычисляли по формулам

$$\Delta = \frac{M_i^3 + M_i^c - M_{i-1}^3}{n_i - n_{i-1}}, \quad (1)$$

$$F = \frac{M_i^c}{n_i - n_{i-1}}, \quad (2)$$

где Δ – общий прирост, F – отпад, M^3 – запас сырорастающей древесины, M^c – запас сухостоя и валежа, n – год ревизии, i – номер ревизии.

Для древостоя на ППП по данным каждой инвентаризации определена надземная фитомасса. Для этого использовали региональные аллометрические уравнения (Иванов и др., 2018б). Для каждого дерева в перечетных ведомостях вычисляли надземную фитомассу в абсолютно сухом состоянии как сумму масс ствола, ветвей, коры и листьев. Фитомассу получали как функцию диаметра ствола на высоте 1.3 м. Значения приводили к площади 1 га. Для перевода запаса надземной фитомассы в запас углерода применяли коэффициент 0.5.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В таблице представлена характеристика насаждения на ППП 4-1958 за 5 ревизий.

В 1958 г. 90 % запаса насаждения составляли береза и осина, имеющие средний диаметр 10.0 и 8.7 см соответственно, что характеризует начальную стадию лесовозобновительного процесса. В 2004 г. их доля снижается до 70 %, а в 2019 г. – до 60 %. Таким образом, на ППП идет естественное восстановление хвойно-широколиственного леса. Различают коротко- и длительно-восстановительные смены растительности в кедровниках (Флягина, 1982). За 60 лет мониторинга господство в составе древостоя пород-пионеров сохранилось, в подросте доминирует пихта, присутствуют единичные де-

Основные таксационные показатели древостоя на ППП 4-1958 по материалам пяти ревизий

Порода	1958 г. состав: 6 Бб 3 Ос 1Ив P = 0.59						1993 г. состав: 7 Бб 2 Ос 1Лц P = 0.94					
	M _з	M _с	G _з	G _с	N _з	N _с	M _з	M _с	G _з	G _с	N _з	N _с
Бб	41.9	0.0	6.4	0.0	708	0	130.6	5.5	15.2	0.8	488	80
Бж	0.9	0.0	0.1	0.0	20	0	0.0	0.9	0.0	0.1	0	4
Брх	0.9	0.0	0.2	0.0	32	0	1.8	0.2	0.3	0.0	16	4
В	0.0	0.0	0.0	0.0	0	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	0
Д	0.2	0.0	0.0	0.0	8	0	1.3	0.0	0.2	0.0	4	0
Е	0.2	0.0	0.0	0.0	12	0	1.0	0.0	0.2	0.0	12	0
Ивк	3.7	0.0	0.6	0.0	136	0	3.5	0.1	0.5	0.0	20	4
Лп	0.6	0.0	0.1	0.0	24	0	2.1	0.0	0.3	0.0	20	0
Лц	0.8	0.0	0.1	0.0	8	0	11.2	0.0	0.9	0.0	8	0
Олх	1.5	0.0	0.2	0.0	20	0	5.4	0.0	0.6	0.0	16	0
Ос	24.0	0.0	3.9	0.0	604	0	38.0	4.8	4.0	0.6	148	44
П	0.1	0.0	0.0	0.0	8	0	21.7	0.0	5.0	0.0	193	0
Всего	74.8	0	11.6	0	1580	0	216.6	11.5	27.2	1.5	925	136
Порода	1999 г. состав: 7 Бб 2 Ос 1Лц P = 0.87						2004 г. состав: 5 Бб 2 Ос 2 П 1Лц P = 1.25					
	M _з	M _с	G _з	G _с	N _з	N _с	M _з	M _с	G _з	G _с	N _з	N _с
Бб	130.6	5.5	15.2	0.8	488	80	138.4	7.7	16.0	1.0	468	52
Бж	0.0	0.9	0.0	0.1	0	4	0.5	0.0	0.1	0.0	12	0
Брх	1.8	0.2	0.3	0.0	16	4	0.8	1.1	0.2	0.2	8	8
В	0.0	0.0	0.0	0.0	0	0	0.3	0.0	0.1	0.0	12	0
Д	1.3	0.0	0.2	0.0	4	0	4.6	0.0	0.7	0.0	92	0
Е	1.0	0.0	0.2	0.0	12	0	5.7	0.5	0.8	0.1	148	8
Ивк	3.5	0.1	0.5	0.0	20	4	2.3	0.2	0.3	0.1	8	8
Лп	2.1	0.0	0.3	0.0	20	0	4.9	0.8	0.8	0.1	88	4
Лц	11.2	0.0	0.9	0.0	8	0	11.5	0.1	1.0	0.0	28	12
Олх	5.4	0.0	0.6	0.0	16	0	3.7	2.0	0.4	0.2	12	4
Ос	38.0	4.8	4.0	0.6	148	44	41.0	2.7	4.2	0.3	132	16
П	30.7	0.0	6.3	0.0	227	0	40.6	0.0	7.7	0.0	924	16
Всего	225.6	11.5	28.5	1.5	959	136	254.3	15.1	32.3	2.0	1932	128
Порода	2019 г. состав: 5 Бб 1Ос 2 П 1Лц 1Д P = 0.75											
	M _з	M _с	G _з	G _с	N _з	N _с						
Бб	90.42	79.08	10.27	9.10	224	244						
Бж	0.00	0.59	0.00	0.07	0	12						
Брх	0.00	1.09	0.00	0.19	0	8						
В	0.00	0.35	0.00	0.07	0	12						
Д	6.52	2.54	0.83	0.40	44	52						
Е	3.35	3.56	0.48	0.56	52	96						
Ивк	0.00	3.37	0.00	0.44	0	8						
Лп	5.18	3.02	0.74	0.47	44	48						
Лц	8.82	8.55	0.74	0.72	12	16						
Олх	2.54	1.70	0.25	0.18	4	8						
Ос	21.76	34.35	2.19	3.42	52	80						
П	28.75	41.54	4.44	6.72	344	596						
Всего	167.34	179.74	19.94	22.34	776	1180						

Примечание. М – запас насаждения, м³ · га⁻¹; G – абсолютная полнота (сумма площадей сечений стволов деревьев на высоте 1.3 м), м² · га⁻¹; N – густота (число деревьев), шт. · га⁻¹; P – относительная полнота; индексы: з – здоровые (растущие деревья); с – сухостой и валеж; Бб – береза плосколистная *Betula platyphylla* Sukaczew; Бж – береза ребристая *Betula costata* Trautv.; Брх – бархат амурский *Phellodendron amurense* Rupr.; В – вишня Максимовича *Prunus maximowiczii* (Rupr.); Д – дуб монгольский *Quercus mongolica* Fisch. ex Ledeb.; Е – ели аянская *Picea jezoensis* (Siebold & Zucc.) Carrigere и корейская *Picea koraiensis* Nakai; Ивк – ива козья *Salix caprea* L.; Лп – липа амурская *Tilia amurensis* Rupr.; Лц – лиственница даурская *Larix gmelinii* (Rupr.) Kuzen.; Олх – ольха волосистая *Alnus hirsuta* (Spach) Rupr.; Ос – осина; П – пихта белокорая *Abies nephrolepis* (Trautv. ex Maxim.) Maxim.; Т – тополь Максимовича *Populus maximowiczii* A. Henry.

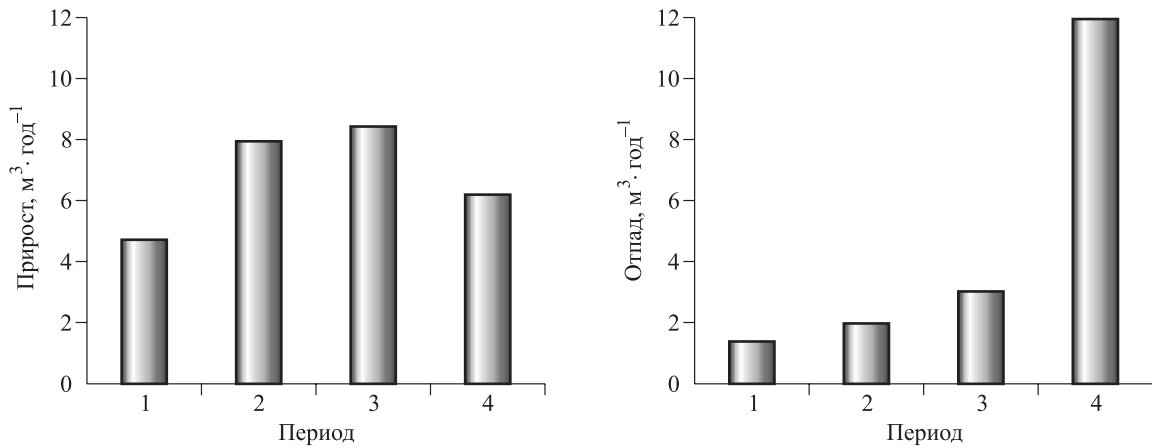


Рис. 2. Общий прирост и отпад за периоды между ревизиями ППП 4-1958.

ревья лиственницы. Это указывает на длительно-восстановительную смену: после распада березы и осины не произойдет быстрого восстановления коренной породы (кедра корейского *Pinus koraiensis* Siebold & Zucc.). Одним из факторов, определяющих сценарий сукцессии кедрово-широколиственного насаждения, является урожайность семян кедра в год нарушения. В случае слабого урожая сразу после пожара затрудняется массовое возобновление кедра в будущем (обильные урожаи у кедра корейского обычно повторяются через 4 года), когда светолюбивые виды сильно снижают освещенность в приземном слое.

Запас насаждения увеличивается с 74 в 1958 г. до 254 м³ · га⁻¹ в 2004 г., а затем уменьшается почти в 2 раза к 2019 г. в связи с ветровалом 2016 г., при этом относительная полнота березняка уменьшается с 1.25 до 0.75. Мертвая древесина (сухостой и валеж), отмеченная в 2019 г. в объеме 180 м³ · га⁻¹, образовалась в основном во время тайфуна – в ночь с 31 августа на 1 сентября 2016 г.

На рис. 2 представлены значения общего прироста и отпада. Исследуемое насаждение является средневозрастным и находится на стадии интенсивного накопления запаса, на что указывает и восходящий тренд годовых приростов запаса (см. первые три столбца на рис. 2).

Общий текущий прирост запаса по периодам наблюдений колеблется в пределах 4.7–8.5 м³ · га⁻¹ · год⁻¹. Некоторые исследователи при анализе динамики древостоев приводят значения общего или чистого текущего прироста.

Ниже представлены значения общего прироста во вторичных лесах, возникших на месте коренных кедровников южной части Приморья в результате сильных деструктивных нарушений,

м³ · га⁻¹ · год⁻¹: 8.12 в свежем мелкотравно-разнокустарниковом березняке со средним возрастом 40 лет и полнотой 0.7; 4.83 в свежем мелкотравно-разнокустарниковом осиннике 80 лет полнотой 1.0; 4.5 во влажном крупнотравно-папоротниковом осиннике 90 лет полнотой 0.93 (Кудинов, 2012), что близко к полученным в настоящем исследовании значениям. Так, при различных возрасте и полноте насаждений с господством березы и осины, восстанавливающихся после сильных нарушений, чистый прирост находится преимущественно в пределах 3–8 м³ · га⁻¹ · год⁻¹. На ППП 4-1958 вклад березы плосколистной в прирост уменьшается и составляет по периодам наблюдений (1–4) 55, 65, 44 и 34 % соответственно. За три последних ревизионных периода на фоне увеличения годового прироста насаждения в целом происходит уменьшение прироста березы. До тайфуна отпад на ППП увеличивается с 1.4 до 3.0 м³ · га⁻¹ · год⁻¹, что иллюстрирует процесс естественного изреживания полога пород-пионеров. В упомянутых уже поспирогенных березняках и осинниках, описанных А. И. Кудиновым (2012), годичный отпад составлял 1.5–3.2 м³ · га⁻¹ · год⁻¹, что указывает на общность процессов накопления и потерь запаса на начальных стадиях послепожарного восстановления насаждений кедровой формации Среднего и Южного Сихотэ-Алиня. Ветровал 2016 г. приводит к единовременному переходу в валеж почти половины древостоя. За ревизионный период 15 лет образовалось 167.3 м³ · га⁻¹ крупных древесных остатков (сухостоя и валежа), в среднем 12 м³ · га⁻¹ · год⁻¹, хотя фактически больше 100 м³ выпало из древостоя за несколько часов во время тайфуна.

Естественное возобновление в насаждении на ППП описывали на восьми учетных пло-

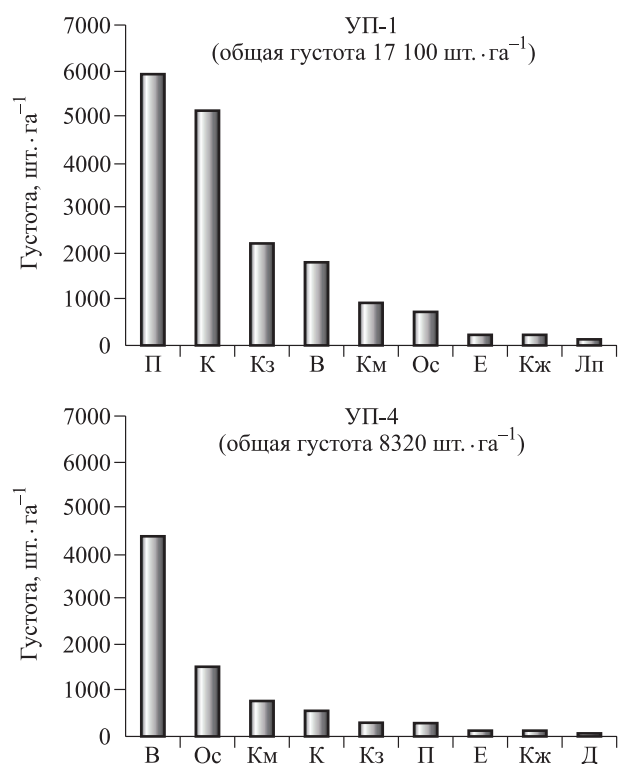


Рис. 3. Состояние подроста на двух учетных площадках ППП 4-1958 (ревизия 2019 г.): Кз – клен зеленокорый *Acer tegmentosum* (Maxim.) Maxim.; Км – клен Моно *Acer mono* Maxim.; Кж – клен желтый *Acer ukurunduense* Trautv. & С. А. Меу.

щадках (УП) с весьма неоднородным породным составом подроста, общая плотность которого по площадкам очень сильно различалась – от 8.1 до 17.4 тыс. шт. · га⁻¹. На рис. 3 представлены результаты учета подроста на двух наиболее контрастных учетных площадках: УП-1 расположена в части ППП, не подверженной ветровалу, УП-4 – в противоположном углу, где выпал почти весь древостой.

Благодаря тому, что ветровал затронул лишь часть ППП, предоставляется возможность сравнения состояния подроста в условиях без ветровала (пример – УП-1) и после ветровала (пример – УП-4). На УП-1 доля подроста кедра и пихты составляет 35 и 30 % соответственно, или 5900 и 5100 шт. · га⁻¹, что является вполне достаточным для успешного восстановления кедрово-широколиственного насаждения. При этом средняя высота кедрового подроста составляет 0.52 м. В 1958 г. плотность подроста кедра и пихты на УП-1 составляла 1700 шт. · га⁻¹. В исследованиях И. А. Флягиной (1982), выполненных в лесах Сихотэ-Алинского заповедника, наличие в нарушенных кедровниках подроста плотностью 1.0 тыс. шт. · га⁻¹ признается достаточным. По

данным А. И. Кудинова (2012), численность хвойного подроста в березняке через 23 года после пожара составила 3.0 тыс. шт. · га⁻¹, а в другом насаждении с доминированием березы через 50 лет после пожара подрост кедра и пихты составил 2.3 тыс. шт. · га⁻¹, что, по мнению автора, является удовлетворительным.

На УП-4 благодаря ветровалу сформировался подрост иного состава. Общая плотность здесь в 2 раза меньше, чем на УП-1. При этом плотность подроста кедра всего 0.56 тыс. шт. · га⁻¹, или 6.7 %, в то время как в 1958 г. плотность кедра и пихты здесь была 2400 шт. · га⁻¹. Доминирует в подрасте вишня Максимовича, образующая сомкнутые куртины средней высотой 2.1 м. В таких условиях восстановление коренной породы (кедра) отодвигается действием ветровала на десятилетия по сравнению с ненарушенными участками. В среднем на всех восьми УП за 61 год плотность подроста кедра и пихты, несмотря на ветровал, увеличилась с 3.5 до 5.6 шт. · га⁻¹. Вариация плотности между УП в годы учета подроста одинаково высокая – 48 и 55 % (1958 и 2019 гг. соответственно), что иллюстрирует постоянство гар-мозаики подроста. Состав подроста в 2019 г. 3 К 2 П 2 В 2 Кл 1 Ос, общая плотность 13.6 тыс. шт. · га⁻¹, средняя высота доминирующих пород, м: 0.38 – кедр, 0.58 – пихта, 1.2 – вишня, 1.3 – клен, 1.7 – осина. Вероятно, ключевое значение при оценке воздействия ветровала на лесовосстановление имеет высота подроста главной породы. Даже обильный подрост на начальных стадиях онтогенеза в результате скачкообразного развития светолюбивых пионерных видов заглушается ими. Таким образом, ветровалы сильно затормаживают естественное восстановление производных лесов, близких по составу и генезису к насаждению на исследуемой ППП.

Для оценки поддерживающих и регулирующих функций лесных экосистем используют ряд показателей, которые традиционно не определяются при лесоводственном описании. Одним из них является фитомасса. В настоящей работе дана оценка надземной фитомассы древостоя, динамика запаса которой показана на рис. 4.

К 2004 г. запас живой надземной фитомассы березняка на ППП составил 89 т С · га⁻¹. Средний запас углерода фитомассы для лесов Тернейского лесничества оценивается системой РОБУЛ (по материалам Государственного лесного реестра на 01.01.2018 г.) в 61 т С · га⁻¹ (Замолотчиков и др., 2018). Таким образом, в результате послепожарной сукцессии к началу тысячелетия насаждение сформировало в основном за счет

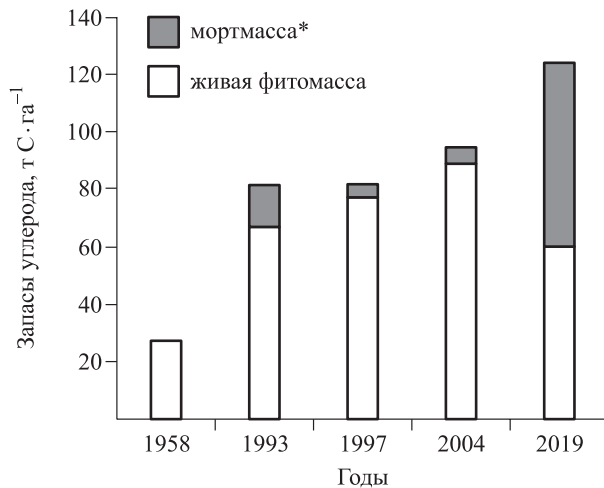


Рис. 4. Динамика запаса надземной фитомассы древостоя на ППП 4-1958; * – показана мортмасса, образованная за межревизионный период.

пород-пионеров большой запас углерода фитомассы. В кедровниках Уссурийского лесничества (Южное Приморье) средний запас углерода фитомассы оценивается в $118 \text{ т С} \cdot \text{га}^{-1}$ (Иванов и др., 2018б).

За все время наблюдений происходит линейный рост общей надземной фитомассы древостоя со средним годичным приростом $1.55 \text{ т С} \cdot \text{га}^{-1} \cdot \text{год}^{-1}$ (с учетом отпада). Аналогичный показатель для средневозрастных и приспевающих сосняков Коми составляет $1.7\text{--}3.1 \text{ т С} \cdot \text{га}^{-1} \cdot \text{год}^{-1}$ (Осипов, 2013). В Сихотэ-Алинском заповеднике вторичный лес имеет меньший прирост, вероятно, по причине распада старшего поколения березы.

Чистый прирост фитомассы на ППП до ветровала составляет в среднем $1.31 \text{ т С} \cdot \text{га}^{-1} \cdot \text{год}^{-1}$. Согласно оценке бюджета углерода лесов по модели РОБУЛ, средний его сток в фитомассу лесов Тернейского лесничества Приморского края (на части которого расположен Сихотэ-Алинский заповедник) составляет $0.45 \text{ т С} \cdot \text{га}^{-1} \cdot \text{год}^{-1}$ (Замолотчиков и др., 2018). Разница объясняется тем, что большая часть лесов лесничества относится к приспевающим насаждениям, когда накопление фитомассы снижается. Сток углерода в фитомассу средневозрастных кедровых лесов Южного Приморья, по оценке А. В. Иванова с соавторами (2018б), составляет $0.36 \text{ т С} \cdot \text{га}^{-1} \cdot \text{год}^{-1}$.

С 2004 до 2016 г. на ППП продолжалось интенсивное накопление запаса фитомассы, прирост за этот период составил около $30 \text{ т С} \cdot \text{га}^{-1}$. После ветровала к 2019 г. половина общей над-

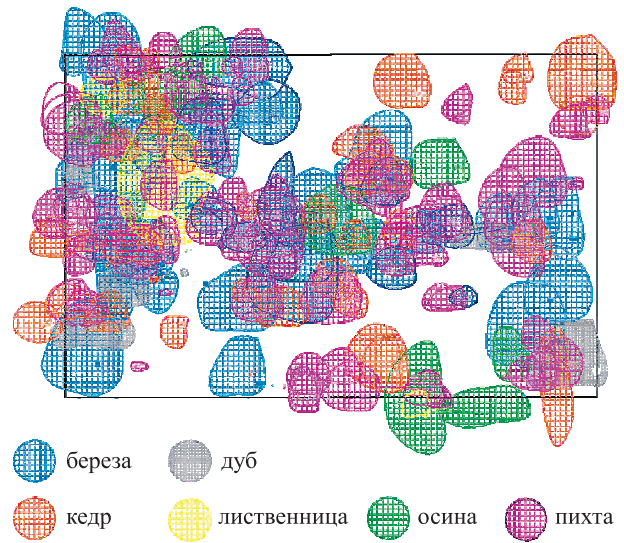


Рис. 5. Пространственная структура насаждения (основные породы) ППП 4-1958 (2019 г.).

земной фитомассы ($60 \text{ т С} \cdot \text{га}^{-1}$) перешла в пул мортмассы. Доля выпавшей части запаса у пород в составе насаждения изменялась от 29 до 100 %. Полностью выпали виды, представленные несколькими деревьями, – береза ребристая и бархат амурский. Из доминирующих пород наиболее устойчивым к ветровалу (по доле выпавшей фитомассы) оказался дуб монгольский, наименее – осина обыкновенная.

Для общей характеристики воздействия ветровала на древостой насаждения на ППП приведен план пространственного размещения деревьев с кронами, построенный в нескольких слоях графического редактора AutoCad (рис. 5).

От ветровала пострадала преимущественно восточная часть ППП, в то время как у западной границы пространственная структура древостоя соответствует насаждению, не подвергнутому воздействию тайфуна. Характер выпадения деревьев в масштабе как ППП, так и всего заповедника определяется, прежде всего, скоростью ветра: при сильных его порывах (более $20 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$) деревья выпадают независимо от индивидуальных особенностей (Anyomi et al., 2017). Более подробный анализ пространственной структуры насаждения будет выполнен в дальнейшем.

ВЫВОДЫ

Пожары – основной фактор динамики лесов Приморья, поэтому результаты длительного мониторинга, полученные тремя поколениями лесоводов, работавших в Сихотэ-Алинском заповеднике на ППП 4-1958, дополняют немного-

численные, но актуальные региональные сведения о развитии древостоев во времени.

В наблюдаемом насаждении происходит длительно-восстановительная смена: спустя более 100 лет после пожара кедр, господствовавший здесь в XIX в., присутствует на ППП преимущественно в виде подроста высотой до 1.5 м (лишь отдельные экземпляры перешли из подроста в древостой). Распадающийся полог из березы и осины постепенно замещается широколиственными видами и пихтой белокорой. К 2004 г. насаждение имело запас древесины $254 \text{ м}^3 \cdot \text{га}^{-1}$ и запас углерода фитомассы $89 \text{ т С} \cdot \text{га}^{-1}$, т. е. было относительно высокопродуктивным.

Тайфун Lionrock в 2016 г. стал причиной масштабных ветровалов в Центральном Сихотэ-Алине, в том числе и на исследуемой ППП. Половина запаса фитомассы перешла в пул сухостоя и валежа (60 т). Выпадение деревьев по площади не является равномерным. Влияние ветровала на дальнейший ход лесовосстановления оценивается как негативное: на ветровальных участках количество подроста главной породы (кедра) в несколько раз меньше, чем на участках без ветровала.

Устойчивость древостоя к повторным ветровым ударам снижена. Развитие насаждения непредсказуемо, при этом худшим сценарием дальнейшей динамики насаждения является резкое (от повторного ветровала) или постепенное (по причине ослабления) выпадение оставшихся деревьев. Это приведет к повторному появлению пионерных видов (осины и березы плосколистной) с одновременным резким повышением пожарной опасности и риска вспышек размножения стволовых вредителей.

Системный анализ динамики лесных насаждений на всех имеющихся в Сихотэ-Алинском заповеднике стационарных объектах позволит сформулировать региональную стратегию адаптации лесных экосистем восточного макросклона Сихотэ-Алиния к масштабным ветровалам.

БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы выражают особую благодарность старшему научному сотруднику Сихотэ-Алинского заповедника М. Н. Громыко за ценные консультации и директору заповедника С. В. Сутыриной за помощь в организации работ во время полевых исследований.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект № 19-77-30015).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ (REFERENCES)

- Алексеев Г. В., Ананичева М. Д., Анисимов О. А., Ашик И. М., Бардин М. Ю., Богданова Э. Г., Булыгина О. Н., Георгиевский В. Ю., Груза Г. В., Данилов А. И., Еремина Т. Р., Золотокрылин А. Н., Кароль И. Л., Катцов В. М., Корзухин М. Д., Костяной А. Г., Кренке А. Н., Лобанов В. Б., Малкова Г. В., Мелешко В. П., Меццерская А. В., Павлова В. Н., Павлова Т. В., Попова Е. Н., Ранькова Э. Я., Ревич Б. А., Романовская А. А., Семенов С. М., Спорышев П. В., Стадник В. В., Хлебникова Е. И., Шалыгин А. Л., Шерстюков Б. Г., Школьник И. М., Ясюкевич В. В. Второй оценочный доклад Росгидромета об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. Техническое резюме. 2014. 93 с. [Alekseev G. V., Ananicheva M. D., Anisimov O. A., Ashik I. M., Bardin M. Yu., Bogdanova E. G., Bulygina O. N., Georgievskiy V. Yu., Gruza G. V., Danilov A. I., Eremina T. R., Zolotokrylin A. N., Karol' I. L., Kattsov V. M., Korzukhin M. D., Kostyanoy A. G., Krenke A. N., Lobanov V. B., Malkova G. V., Meleshko V. P., Meshcherskaya A. V., Pavlova V. N., Pavlova T. V., Popova E. N., Ran'kova E. Ya., Revich B. A., Romanovskaya A. A., Semenov S. M., Sporyshev P. V., Stadnik V. V., Khlebnikova E. I., Shalygin A. L., Sherstyukov B. G., Shkol'nik I. M., Yasyukevich V. V. Vtoroy otsenochny doklad Rosgidrometa ob izmeneniyakh klimata i ikh posledstviyakh na territorii Rossiyskoy Federatsii. Tekhnicheskoye rezyume (The second assessment report of Rosgidromet on climate change and its consequences on the territory of the Russian Federation. Tech. summary). 2014. 93 p. (in Russian)].
- Галанин А. В., Беликович А. В., Богачева А. В., Василенко Н. А., Галанин Д. А., Галанина И. А., Гамбарян С. К., Громыко Л. Т., Громыко М. Н., Ишикава Ю., Крестов П. В., Кузнецов В. Н., Скирина И. Ф., Смирнова Е. А., Флягина И. А., Черданцева В. Я. Растительный мир Сихотэ-Алинского заповедника: разнообразие, динамика, мониторинг. Владивосток: Биол.-почв. ин-т ДВО РАН, 2000. 373 с. [Galanin A. V., Belikovich A. V., Bogacheva A. V., Vasilenko N. A., Galanin D. A., Galanina I. A., Gambaryan S. K., Gromyko L. T., Gromyko M. N., Ishikava Yu., Krestov P. V., Kuznetsov V. N., Skirina I. F., Smirnova E. A., Flyagina I. A., Cherdantseva V. Ya. Rastitelny mir Sikhote-Alinskogo zapovednika: raznoobrazie, dinamika, monitoring (Flora of the Sikhote-Alin Reserve: diversity, dynamics, monitoring). Vladivostok: Biol.-pochv. in-t DVO RAN (Inst. Biol. Soil Sci., Far East Br., Rus. Acad. Sci.), 2000. 373 p. (in Russian)].
- Громыко М. Н. Первые результаты изучения катастрофического влияния тайфуна Лайонрок на лесные экосистемы Сихотэ-Алинского заповедника // XII Дальневост. конф. по заповедному делу. Мат-лы науч. конф., 10–13 окт. 2017 г., Биробиджан. Биробиджан, 2017. С. 35–37 [Gromyko M. N. Pervye rezul'taty izucheniya katastroficheskogo vliyaniya tayfuna Layonrok na lesnye ekosistemy Sikhote-Alinskogo zapovednika (The first results of studying the catastrophic effect of typhoon Lyonrok on forest ecosystems of the Sikhote-Alin Reserve) // XII Dalnevost. konf. po zapovednomu delu. Mat-ly nauch. konf., 10–13 okt. 2017 g. Birobid-

- zhan. Birobidzhan, 2017. (Proc. XII Far East conf. on conservation, 10–13 Oct., 2017, Birobidzhan. Birobidzhan, 2017). P. 35–37 (in Russian)].
- Замолодчиков Д. Г., Иванов А. В., Мудрак В. П. Запасы и потоки углерода на землях лесного фонда Приморского края при оценке по системе РОБУЛ // Агр. вестн. Приморья. 2018. № 2 (10). С. 46–50 [Zamolodchikov D. G., Ivanov A. V., Mudrak V. P. Zapasy i potoki ugleroda na zemlyakh lesnogo fonda Primorskogo kraya pri otsenke po sisteme ROBUL (Carbon pools and fluxes on forest fund lands of Primorsky Krai by assessment using ROBUL system) // Agr. vestn. Primorya (Agr. Bull. Primorye). 2018. N. 2 (10). P. 46–50 (in Russian with English abstract)].
- Иванов А. В., Гамаева С. В., Панфилова Е. В. Оценка видового разнообразия растений и жужелиц на пробных площадях в кедрово-широколиственных насаждениях постпирогенного происхождения // Сиб. лесн. журн. 2018а. № 3. С. 73–82 [Ivanov A. V., Gamaeva S. V., Panfilova E. V. Otsenka vidovogo raznoobraziya rasteniy i zhuzhelits na probnykh ploshchadyakh v kedrovo-shirokolistvennykh nasazhdeniyakh postpirogenogo proiskhozhdeniya (Assessment of species diversity of plants and carabid beetles at sample plots in Korean pine-broad-leaved stands of postfire origin) // Sib. lesn. zhurn. (Sib. J. For. Sci.). 2018а. N. 3. P. 73–82 (in Russian with English abstract)].
- Иванов А. В., Касаткин А. С., Мудрак В. П., Замолодчиков Д. Г. Надземная фитомасса древостоев хвойно-широколиственных лесов Южного Приморья // Лесоведение. 2018б. № 6. С. 454–463 [Ivanov A. V., Kasatkin A. S., Mudrak V. P., Zamolodchikov D. G. Nadzemnaya fitomassa drevostoev khvoyno-shirokolistvennykh lesov Yuzhnogo Primor'ya (Aboveground phytomass of mixed forests of Southern Primorie) // Lesovedenie (For. Sci.). 2018b. N. 6. P. 454–463 (in Russian with English abstract)].
- Иванов А. В., Шашенок Д. С. Сосна кедровая корейская *Pinus koraiensis* Siebold & Zucc. в подпологовых лесных культурах южной части Дальнего Востока // Сиб. лесн. журн. 2018. № 6. С. 80–90 [Ivanov A. V., Shashenok D. S. Sosna kedrovaya koreyskaya *Pinus koraiensis* Siebold & Zucc. v podpologovykh lesnykh kulturakh yuzhnoy chasti Dalnego Vostoka (Korean pine *Pinus koraiensis* Siebold & Zucc. in under-canopy forest crops of the southern part of Far East) // Sib. lesn. zhurn. (Sib. J. For. Sci.). 2018. N. 6. P. 80–90 (in Russian with English abstract)].
- Колесников Б. П. Растительность восточных склонов Среднего Сихотэ-Алиня // Тр. Дальневост. филиала АН СССР. Сер. бот. 1938. Вып. 1. С. 25–207 [Kolesnikov B. P. Rastitelnost' vostochnykh sklonov Srednego Sikhote-Alinya (Vegetation of the eastern slopes of the central Sikhote-Alin) // Tr. Dalnevost. filiala AN SSSR (Proc. Far East Br. USSR Acad. Sci.). Ser. bot. 1938. Iss. 1. P. 25–207 (in Russian)].
- Колесников Б. П. Кедровые леса Дальнего Востока // Тр. Дальневост. филиала им. В. Л. Комарова. Сер. бот. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1956. Т. 2 (4). 262 с. [Kolesnikov B. P. Kedrovye lesa Dalnego Vostoka (Korean pine forests of the Far East) // Tr. Dalnevost. filiala im. V. L. Komarova. Ser. bot. (Proc. V. L. Komarov Far East Br. Ser. Bot.). Moscow; Leningrad: USSR Acad. Sci. Publ. 1956. V. 2 (4). 262 p. (in Russian)].
- Корякин В. Н. Кедрово-широколиственные леса Дальнего Востока России. Хабаровск: ДальНИИЛХ, 2007. 359 с. [Koryakin V. N. Kedrovo-shirokolistvennye lesa Dalnego Vostoka Rossii (Stone pine-broadleaf forests of the Russian Far East). Khabarovsk: DalNIILKh (Far East For Res. Inst.), 2007. 359 p. (in Russian)].
- Кудинов А. И. Широколиственно-кедровые леса Южного Приморья и их динамика. Владивосток: Дальнаука, 2004. 367 с. [Kudinov A. I. Shirokolistvenno-kedrovye lesa Yuzhnogo Primor'ya i ikh dinamika (Broad-leaved stone pine forests of the Southern Primorye and their dynamics). Vladivostok: Dalnauka, 2004. 367 p. (in Russian)].
- Кудинов А. И. Динамика производных фитоценозов на юге Приморского края. Владивосток: Дальнаука, 2012. 139 с. [Kudinov A. I. Dinamika proizvodnykh fitotsenozov na yuge Primorskogo kraya (Dynamics of secondary phytocoenosis in the south of Primorsky Krai). Vladivostok: Dalnauka, 2012. 139 p. (in Russian)].
- Манько Ю. И., Гладкова Г. А., Бутовец Г. Н. Динамика усыхания пихтово-еловых лесов в бассейне р. Единка (Приморский край) // Лесоведение. 2009. № 1. С. 3–10 [Manko Yu. I., Gladkova G. A., Butovets G. N. Dinamika usykhaniya pikhtovo-elovykh lesov v bassejne r. Edinka (Primorsky Krai) (Dynamics of drying of fir-spruce forests in the river basin of Yedinka (Primorsky Territory)). Lesovedenie (For. Sci.). 2009. N. 1. P. 3–10 (in Russian with English abstract)].
- Осипов А. Ф. Биологическая продуктивность сосняков чернично-сфагновых средней тайги // ИВУЗ. Лесн. журн. 2013. № 1 (331). С. 43–51 [Osipov A. F. Biologicheskaya produktivnost' sosnyakov chernichno-sfagnovykh sredney taygi (Biological productivity of whortleberry-sphagnum pine forests in medium boreal taiga) // IVUZ. Lesn. zhurn. (For. J.). 2013. N. 1 (331). P. 43–51 (in Russian with English abstract)].
- Пожары и их влияние на природные экосистемы Центрального Сихотэ-Алиня. Владивосток: Дальнаука, 2010. 263 с. [Pozhary i ikh vliyaniye na prirodnye ekosistemy Tsentral'nogo Sikhote-Alinya (Fires and their influence on the natural ecosystems of the Central Sikhote-Alin). Vladivostok: Dalnauka, 2010. 263 p. (in Russian)].
- Правдин П. Отчет по исследованию лесов в урочище бухта Терней Ольгинского лесничества Приморской области. Хабаровск: Гл. упр. землеустр., 1913. 61 с. [Pravdin P. Otchet po issledovaniyu lesov v urochishche bukhta Terney Olginskogo lesnichestva Primorskoy oblasti (Report on the study of forests in the tract Terney Bay Olginsky forestry district Primorskiy Oblast). Khabarovsk: Gl. upr. Zemleustroystva (Main Department of Land Management), 1913. 61 p. (in Russian)].
- Рысин Л. П., Казанцева Т. Н. Метод ценопопуляционного анализа в геоботанических исследованиях // Ботан. журн. 1975. Т. 60. № 2. С. 199–209 [Rysin L. P., Kazantseva T. N. Metod tsenopopulyatsionnogo analiza v geobotanicheskikh issledovaniyakh (The method of coenopopulation analysis in geobotanical research) // Bot. zhurn. (Bot. J.). 1975. V. 60. N. 2. P. 199–209 (in Russian)].
- Сергиенко В. Г., Власов П. В., Иванов А. М. Общие вопросы сохранения биологического разнообразия в

- хвойных древостоях Северо-Запада России при проведении рубок // Тр. СПбНИИЛХ. 2015. № 2. С. 4–19 [Sergienko V. G., Vlasov R. V., Ivanov A. M. Obshchie voprosy sokhraneniya biologicheskogo raznoobraziya v khvoynykh drevostoyakh Severo-Zapada Rossii pri provedenii rubok (General issues of conservation of biodiversity in coniferous stands of northwestern Russia at wood harvesting) // Tr. SPbNIIILKh (Proc. St. Petersburg For. Res. Inst.). 2015. N. 2. P. 4–19 (in Russian with English abstract)].
- Соловьев К. П. Кедрово-широколиственные леса Дальнего Востока и хозяйство в них. Хабаровск: Хабаровск. кн. изд-во, 1958. 367 с. [Solov'ev K. P. Kedrovo-shirokolistvennye lesa Dalnego Vostoka i khozyaystvo v nikh (Stone pine-broad-leaved forests of the Far East and their economy). Khabarovsk: Khabarovsk book publ., 1958. 367 p. (in Russian)].
- Справочник для учета лесных ресурсов Дальнего Востока. Хабаровск: ДальНИИЛХ, 2010. 528 с. [Spravochnik dlya ucheta lesnykh resursov Dalnego Vostoka (Handbook for the accounting of forest resources of the Far East). Khabarovsk: DalNIIILKh (Far East For. Res. Inst.), 2010. 528 p. (in Russian)].
- Сукачев В. Н., Зонн С. В. Методические указания к изучению типов леса. М.: Изд-во АН СССР, 1961. 144 с. [Sukachev V. N., Zonn S. V. Metodicheskie ukazaniya k izucheniyu tipov lesa (Guidelines for the study of forest types). Moscow: Izd-vo AN SSSR (USSR Acad. Sci. Publ.), 1961. 144 p. (in Russian)].
- Ухваткина О. Н., Омелько А. М. Оценка сукцессионного состояния древостоев хвойно-широколиственных лесов юга российского Дальнего Востока на основе популяционно-демографического подхода // Фундамент. иссл. 2013. № 11. Ч. 5. Вып. 5. С. 948–953 [Ukhvatkina O. N., Omelko A. M. Otsenka suksessionnogo sostoyaniya drevostoev khvoyno-shirokolistvennykh lesov yuga rossyskogo Dalnego Vostoka na osnove populyatsionno-demograficheskogo podkhoda (Evaluation of successional processes in conifer-broadleaved forests of the Russian Far East using a population-demographic approach) // Fundament. Issl. (Fundament. Stud.). 2013. N. 11. Pt. 5. Iss. 5. P. 948–953 (in Russian with English abstract)].
- Флягина И. А. Лесовозобновление в кедровых лесах на восточных склонах Сихотэ-Алиня. Владивосток: Дальиздат, 1982. 177 с. [Flyagina I. A. Lesovozobnovlenie v kedrovykh lesakh na vostochnykh sklonakh Sikhote-Alinya (Reforestation in stone pine forests on the eastern slopes of Sikhote-Alin). Vladivostok: Dal'izdat, 1982. 177 p. (in Russian)].
- Anyomi K. A., Mitchell S. J., Perera A. H., Ruel J.-C. Windthrow dynamics in boreal Ontario: A simulation of the vulnerability of several stand types across a range of wind speeds // Forests. 2017. N. 8 (7). P. 1–15.
- Barr C. M., Sayer J. The political economy of reforestation and forest restoration in Asia-Pacific: critical issues for REDD+ // Biol. Conserv. 2012. V. 154. P. 9–19.
- Chirici G., Botalico F., Giannetti F., Perugia B. D., Travaglini D., Nocentini S., Kutchartt E., Marchi E., Foderi C., Fioravanti M., Fattorini L., Bottai L., McRoberts R. E., Næssel E., Corona P., Gozzini B. Assessing forest windthrow damage using single-date, post-event airborne laser scanning data // Forestry. 2018. V. 91. Iss. 1. P. 27–37.
- Norden N., Angarita H. A., Bongers F., Martinez-Ramos M., Granzow-de la Cerda I., Breugel M., Lebrija-Trejos E., Meave J. A., Vandermeer J., Williamson G. B., Finegan B., Mesquita R., Chazdon R. L. Successional dynamics in Neotropical forests are as uncertain as they are predictable // PNAS. 2015. V. 112. Iss. 26. P. 8013–8018.
- Taylor A. H., Skinner C. N. Fire history and landscape dynamics in a late-successional reserve, Klamath Mountains, California, USA // For. Ecol. Manag. 1998. V. 111. Iss. 2. P. 285–301.
- Taylor A. R., MacLean D. A., McPhee D., Dracup E., Keys K. Salvaging has minimal impacts on vegetation regeneration 10 years after severe windthrow // For. Ecol. Manag. 2017. V. 406. Iss. 15. P. 19–27.

IMPACT OF WILDFIRE AND WINDFALL ON PHYTOCENOCIS OF STONE PINE-BROAD-LEAVED FOREST (BY THE DATA OF 60-YEARS MONITORING)

A. V. Ivanov^{1,2}, M. A. Salo³, S. N. Bondarchuk³, N. A. Kochkarina¹

¹ Primorsky State Agricultural Academy
Blukher str., 44, Ussuriysk, Primorsky Krai, 692510 Russian Federation

² Far Eastern Forestry Research Institute
Volochaevskaya str., 71, Khabarovsk, 680020 Russian Federation

³ Sikhote-Alin State Natural Biosphere Reserve named after K. G. Abramov
Partizanskaya str., 44, Terney, Primorsky Krai, 692150 Russian Federation

E-mail: aleksandr86@mail.ru, salo_mihail@mail.ru, bonsal@mail.ru, tom.mmmm@yandex.ru

We present the results of an analysis of forest stand dynamics on a permanent trial plot in the Sikhote-Alin biosphere reserve (Primorsky Krai). The materials of revisions for the period 1958–2019 were used, where the plot was established on young growth forest, which emerged after a strong wildfire in the 1920s succeeding in the place of which a highly productive pine trees. The last inventory (2019) reflects the state of the plantation after strong windfall due to the typhoon Lyonrock in 2016: the growing stock of the stand decreased from 254 to 180 m³ · ha⁻¹. Currently the total average (stock) increment is 4.7–8.4 m³ · ha⁻¹ · year⁻¹, losses due to windfall varied between 1.4–3.0 m³ · ha⁻¹ · year⁻¹ and were 12.0 m³ · ha⁻¹ · year⁻¹ for the last observation period. Sufficient seedlings for a further recovery of the main species (Korean pine *Pinus koraiensis* Siebold & Zucc.) are present only at sites without disturbance by windfall (up to five thousand plants ha⁻¹). Using regional allometric equations, the above-ground biomass of trees and stands was determined for each inventory period, which made it possible to estimate the net growth of the biomass at 1.31 t C · ha⁻¹ · year⁻¹, which is more than two times higher than the average specific carbon stock in the biomass of the forests of Terney forest district estimated by the ROBUL system. Windfall decreased the biomass stock in the forest stand from 89 to 60 t C · ha⁻¹. The stand developed following a long-term regeneration scenario, but further stand dynamics are unpredictable due to the instability of the rest of the stand.

Keywords: forest stand, permanent sample plot, increment, fall off, phytomass.

How to cite: Ivanov A. V., Salo M. A., Bondarchuk S. N., Kochkarina N. A. Impact of wildfire and windfall on phytocenocis of stone pine-broad-leaved forest (by the data of 60-years monitoring) // *Sibirskij Lesnoj Zurnal* (Sib. J. For. Sci.). 2020. N. 5. P. 3–13 (in Russian with English abstract and references).