

Научная статья

УДК 630\*9:528:502

DOI: 10.37482/0536-1036-2026-1-90-102

## Ветровалы в лесах юго-западной части Сахалина под воздействием циклонов

*Р.Н. Сабиров, ст. науч. сотр.*; ResearcherID: [AAG-6821-2021](https://orcid.org/0000-0003-3427-8572),

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3427-8572>

*В.А. Мелкий, д-р техн. наук, вед. науч. сотр.*; ResearcherID: [AAG-6771-2021](https://orcid.org/0000-0001-8919-8508),

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8919-8508>

*А.А. Верхотуров<sup>✉</sup>, канд. техн. наук, ст. науч. сотр.*; ResearcherID: [JCO-4468-2023](https://orcid.org/0000-0002-3826-7339),

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3826-7339>

Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, ул. Науки, д. 1Б, г. Южно-Сахалинск, Россия, 693022; r.sabirov@imgg.ru, vamelkiy@mail.ru, ussr-91@mail.ru<sup>✉</sup>

---

Поступила в редакцию 24.09.24 / Одобрена после рецензирования 13.12.24 / Принята к печати 15.12.24

---

**Аннотация.** Тропические циклоны, действующие в западной части Тихого океана в летне-осеннее время, периодически заходят далеко на север, трансформируясь во внутропические. В 2014–2015 гг. при прохождении циклонов в юго-западной части Сахалина были нарушены значительные площади лесов. Цель работы – исследовать масштабы и характер повреждений в лесных насаждениях, подвергнувшихся катастрофическим ветровалам при прохождении внутропических циклонов над юго-западными районами о-ва Сахалина. Оценка повреждений лесов проводилась как наземными, так и дистанционными методами. На пробных площадях, заложенных в различных типах леса, проводился пересчет деревьев, установление необходимых лесотаксационных характеристик, а затем определение запасов сохранившегося древостоя и его погибшей части. Лесные насаждения по степени нарушенности ветровалами были подразделены на 3 категории: полная гибель древостоя или с большой долей погибших деревьев (выше 60 %), средней долей (30–60 %) и незначительной долей (менее 30 %) от их исходных объемов. Для пространственного анализа ветровальных прогалин использовались доступные снимки с космического аппарата Sentinel-2, полученные с 2016 по 2017 гг. Космические снимки исследуемой территории в комбинации каналов 11-8-4 подвергались классификации «с обучением». Обучающая выборка включала набор пикселей, представляющих изображение эталонных участков, на которых выполнялись полевые геоботанические и лесотаксационные исследования. В результате дешифрирования снимков выявлено, что суммарная площадь ветровалов в Холмском и Невельском районах юго-западной части о-ва Сахалина составила 22 735 га. Для исследуемой территории был рассчитан нормализованный относительный индекс растительности (NDVI) и проанализированы его значения с целью обособления участков с различной степенью повреждений. При этом установлено, что в юго-западной части Сахалина полностью или большой долей погибшие лесонасаждения занимают 19,85 % площади, в средней степени поврежденные – 41,86 %, незначительно поврежденные – 38,29 %.

**Ключевые слова:** ветровал, внутропические циклоны, космические снимки, геоинформационный анализ, лесные земли, древостой, нарушенность

*Для цитирования:* Сабиров Р.Н., Мелкий В.А., Верхотуров А.А. Ветровалы в лесах юго-западной части Сахалина под воздействием циклонов // Изв. вузов. Лесн. журн. 2026. № 1. С. 90–102. <https://doi.org/10.37482/0536-1036-2026-1-90-102>

Original article

## Windfalls in the Forests of the Southwestern Sakhalin under the Influence of Cyclones

*Rinat N. Sabirov*, Senior Research Scientist; ResearcherID: [AAG-6821-2021](https://orcid.org/0000-0003-3427-8572),

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3427-8572>

*Vyacheslav A. Melkiy*, Doctor of Engineering, Leading Research Scientist;

ResearcherID: [AAG-6771-2021](https://orcid.org/0000-0001-8919-8508), ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8919-8508>

*Aleksey A. Verkhoturov*<sup>✉</sup>, Candidate of Engineering, Senior Research Scientist;

ResearcherID: [JCO-4468-2023](https://orcid.org/0000-0002-3826-7339), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3826-7339>

Institute of Marine Geology and Geophysics Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences, ul. Nauki, 1B, Yuzhno-Sakhalinsk, 693022, Russian Federation; r.sabirov@imgg.ru, vamelkiy@mail.ru, ussr-91@mail.ru<sup>✉</sup>

---

Received on September 24, 2024 / Approved after reviewing on December 13, 2024 / Accepted on December 15, 2024

---

**Abstract.** Tropical cyclones operating in the western Pacific Ocean in the summer and autumn periodically go far north, transforming into extratropical ones. In 2014–2015, significant areas of forests were disrupted during the passage of cyclones in the southwestern part of Sakhalin. The aim of the research has been to investigate the scale and nature of damage in forest stands subjected to catastrophic windfalls during the passage of extratropical cyclones over the southwestern regions of Sakhalin Island. Forest damage assessment has been carried out using both ground-based and remote sensing methods. In the sample plots established in various types of forest, the trees have been tallied, the necessary forest inventory characteristics have been established, and then the stocks of the remaining stand and its dead part have been determined. Forest stands have been divided into 3 categories according to the degree of damage caused by windfalls: complete loss of a stand or with a large (above 60 %), average (30–60 %) or insignificant (less than 30 %) proportion of dead trees from their original volumes. The available images from the Sentinel-2 spacecraft, obtained from 2016 to 2017, have been used for the spatial analysis of windfall glades. Satellite images of the study area in a combination of channels 11-8-4 have been classified “with training”. The training sample has included a set of pixels representing the image of reference sites where field geobotanical and forest inventory studies have been performed. As a result of image interpretation, it has been revealed that the total area of windfalls in the Kholmsky and Nevelsky Districts of the southwestern part of Sakhalin Island has amounted to 22,735 ha. For the study area, the normalized difference vegetation index (NDVI) has been calculated and its values have been analyzed to isolate areas with varying degrees of damage. At the same time, it has been established that in the southwestern part of Sakhalin, completely or largely dead forest stands occupy 19.85 % of the area, moderately damaged – 41.86 %, and slightly damaged stands account for 38.29 %.

**Keywords:** windfall, extratropical cyclones, satellite images, geoinformation analysis, forest lands, stand, disturbance

**For citation:** Sabirov R.N., Melkiy V.A., Verkhoturov A.A. Windfalls in the Forests of the Southwestern Sakhalin under the Influence of Cyclones. *Lesnoy Zhurnal* = Russian Forestry Journal, 2026, no. 1, pp. 90–102. (In Russ.). <https://doi.org/10.37482/0536-1036-2026-1-90-102>

### Введение

В бореальных лесах часто происходят ветровалы малой интенсивности, что приводит к усложнению морфоструктуры лесных биоценозов [4, 29, 30]. В случае катастрофических ветровалов наносится огромный ущерб лесному хозяйству и экономике в целом [13, 22, 25, 26]. Если в других регионах России катастрофические ветровалы наблюдаются сравнительно редко, раз в 50–70 и более лет [5], то в лесах Дальнего Востока и сопредельных территорий они возникают регулярно во время прохождения различных циклонов или тайфунов, сопровождаемых ураганными ветрами [6, 7, 31].

Тайфуны – это атмосферные вихри, разновидность тропических циклонов, проходящие с мая по ноябрь (не исключены и в другие месяцы) над северо-западной частью Тихого океана [10, 14]. Снижение давления в центральной части некоторых циклонов достигает 895 мбар, при этом устойчивые ветра, возникающие в атмосферном вихре, могут иметь скорость до 50 м/с, а порывы – до 280 км/ч. Прохождение тайфунов над побережьями и островами восточной окраины Евразии сопровождается не только сильными порывистыми ветрами, но и большим количеством осадков. Циклоны в тропических лесах с крупномасштабными ветровалами происходят значительно чаще, чем в бореальной зоне [24, 31]. Тропические циклоны при перемещении к более северным широтам трансформируются во внетропические. Характеристика внетропических циклонов с ураганными ветрами, прошедшими над территорией дальневосточной окраины России и прилегающими к ней островами, сопровождавшихся значительными ветровальными явлениями в лесах, приведена в табл. 1. Эта информация дает представление о возрастании количества случаев смещений траекторий внетропических циклонов на север.

Таблица 1

**Основные характеристики сильных тихоокеанских внетропических циклонов, проследовавших по Дальнему Востоку России [21, 32]**  
**The main characteristics of strong Pacific extratropical cyclones that passed through the Russian Far East [21, 32]**

Тайфун	Даты	Категория SSHWS	Давление в центре, мбар	Скорость устойчивого ветра, м/с	Скорость порывов ветра, м/с
Китти	27.08–2.09.1949	3	952	35–40	57
Эмма	01–11.09.1956	4	930	35–40	69
Элси (Нарсинг)	16–28.09.1969	5	895	45–50	78
Ирвинг	07–18.08.1979	2	955	25–30	42
Филлис	02–05.08.1981	Тропический шторм	975	25–30	38
Джуди	21–26.07.1989	4	910	35–43	57
Мелисса	11–19.09.1994	4	910	35–43	57
Талас	23.08–07.09.2011	Тропический шторм	970	22–27	40
Болавен	19.08–1.09.2012	4	910	45–51	63

Окончание табл. 1

Тайфун	Даты	Категория SSHWS	Давление в центре, мбар	Скорость устойчивого ветра, м/с	Скорость порывов ветра, м/с
Халонг	28.07–5.08.2014	5	915	45–55	72
Чой-ван	01–10.10.2015	Тропический шторм	965	25–31	36
Лайонрок	16–31.08.2016	4	940	35–46	60
Талим	08–22.09.2017	4	935	45–49	61

Наиболее разрушительным среди указанных циклонов, нанесшим огромный ущерб населению и экономике Сахалинской области, был тайфун «Филлис» августа 1981 г. Большое количество осадков, сопровождавшее прохождение этого тайфуна вызвало оползни и обвалы, селевые потоки, катастрофический подъем уровней воды в реках и, следовательно, наводнения, которые уничтожили урожай на огромных площадях сельскохозяйственных угодий, повредили долинным лесам, а также многим объектам инфраструктуры в южной части острова. Среднемасштабные и локальные нарушения лесного покрова на о-ве Сахалине, ставшие следствием других тайфунов, произошедших в прошлые десятилетия, освещены в ряде работ [2, 15]. Кроме этого, при прохождении тайфунов «Халонг» в августе 2014 г. и «Чой-ван» в октябре 2015 г. в юго-западной части острова были уничтожены лесные массивы на значительной площади – названные тайфуны носили уже катастрофический характер.

Целью настоящей работы было исследование масштабов и характера повреждений, полученных лесными насаждениями в результате прохождения внутротропических циклонов «Халонг» и «Чой-ван» в юго-западных районах о-ва Сахалина.

#### Объекты и методы исследования

Исследование проводилось на юго-западе о-ва Сахалина в лесах, в различной степени поврежденных тайфунами 2014–2015 гг. В рассматриваемой части острова зональной лесной растительностью, согласно геоботаническому районированию Сахалина [18], являются темнохвойные леса с преобладанием пихты сахалинской (*Abies sachalinensis* F. Schmidt) и ели аянской (*Picea ajanensis* (Lindl. et Gord.) Fisch. ex Carr.) с примесью ряда широколиственных пород. Лесные пожары и промышленные рубки в XX в. значительно изменили коренной состав древостоев, который ранее был представлен в основном пихтово-еловыми лесами. Современные леса – это производные сообщества с доминированием не только темнохвойных пород, но в большей степени березы каменной (*Betula ermanii* Cham.) [27]. В возрастном спектре лесов преобладают средневозрастные и приспевающие древостои. Кроме этого, весьма заметную роль в лесном фонде играют лесные культуры различных хвойных пород. Леса, где проводилось исследование, относятся к Невельскому и Холмскому лесничествам. Преобладают пихтово-еловые и каменноберезовые сообщества (рис. 1). Представленные диаграммы наглядно показывают, что, несмотря на близость территорий и сходство природных условий, породный состав древостоев исследуемых районов заметно отличается: доминирование в количественном отношении темнохвойных пород в Невельском лесничестве связано с меньшим воздействием на эту территорию пожаров и промышленных рубок в XX веке.

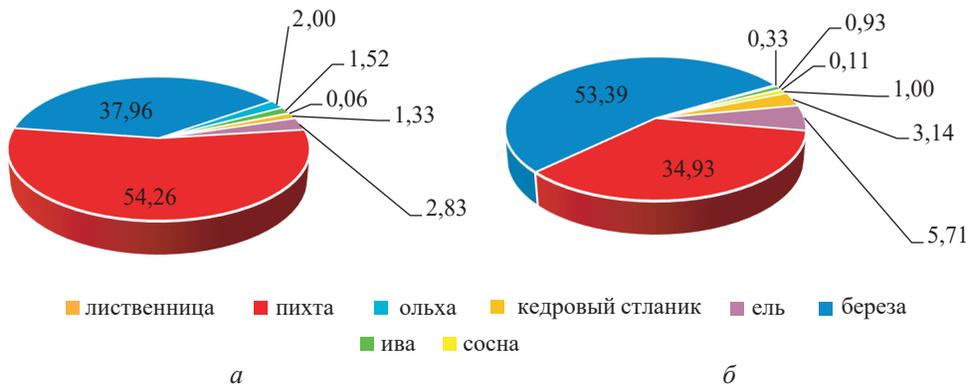


Рис. 1. Породный состав лесов в лесничествах юго-западной части Сахалина, %:  
 а – Невельское лесничество; б – Холмское

Fig. 1. Forest species composition in the forestries of the southwestern part of Sakhalin, %:  
 а – Nevelsky; б – Kholmsky

Наземные полевые исследования лесов на ветровальных участках осуществлялись по известным в лесоведении и лесной таксации методикам [11, 17]. Размеры пробных площадей в зависимости от рельефа конфигурации таксационного выдела и степени нарушений насаждений варьировали от 0,25 до 0,38 га. На каждой пробной площади проводились пересчет деревьев, установление необходимых лесотаксационных характеристик, а затем определение запасов сохранившегося древостоя и его погибшей части. Их суммарные объемы составляли исходный, доветровальный, запас насаждения. Для камеральной обработки данных полевых работ были задействованы региональные нормативно-справочные материалы [12, 16].

При исследованиях изменений лесных территорий широкое распространение получили методы анализа космических снимков [8, 23]. При дистанционном анализе ветровальных прогалов использовались доступные изображения с космического аппарата Sentinel-2 [28]. Для этой цели были отобраны снимки с минимальным количеством облаков, выполненные в летний период 2016 г. (июль–август). Площади, подвергнувшиеся ветровалам, выделены на синтезированных снимках (средний инфракрасный спектр – ближний инфракрасный спектр – зеленый спектр) с выполнением последующей классификации [3]. Обучающая выборка основана на спектральных характеристиках эталонных участков, на которых производились подспутниковые наблюдения (лесотаксационные работы и геоботанические описания). Безлесные территории при обучении выборки не учитывались, и их площадь была исключена из подсчета ущерба от циклонов. Для анализа ветровальных повреждений на исследуемой территории был рассчитан нормализованный относительный индекс растительности [19, 20] и на его основе выделены участки с различной степенью разрушения древостоев.

#### *Результаты исследования и их обсуждение*

Тайфуны 2014–2015 гг. в зависимости от типа леса, состава древостоя, экспозиции, крутизны склона, высоты над уровнем моря и других особенностей экотопа оказали на лесной покров юго-западной части о-ва Сахалина

различное воздействие. Соответственно, размеры, строение и конфигурация ветровальных окон или прогалин имеют неоднородный характер. На одних лесных участках рассматриваемой территории произошли массовые ветровалы и буреломы, а на других разрушения коснулись древостоев в средней или меньшей степени (табл. 2).

Таблица 2

**Характер повреждения лесных сообществ ветровалами  
в юго-западной части о-ва Сахалина  
The nature of damage to forest communities by windfalls  
in the southwestern part of Sakhalin Island**

Квар-тал; выдел	Тип леса	Состав древостоя	Высота, м	Диаметр, см	Возраст, лет	Плотность	Запас, м <sup>3</sup> /га	Доля (%) гибели древостоя от исходного запаса, по породам
<i>Невельское лесничество</i>								
82; 2	Елово-пихтовый зеленомошный	6П1Е 3Б <sub>к</sub>	19	28	100	0,5	230	П – 47; Е – 40; Б <sub>к</sub> – 4
82; 4		5П1Е 4Б <sub>к</sub>	21	32	120	0,6	310	П – 74; Е – 88; Б <sub>к</sub> – 7
82; 6	Каменноберезняк с курильским бамбуком	7Б <sub>к</sub> 1Р6 2П	16	28	100	0,4	70	Б <sub>к</sub> – 10; Р6 – 0; П – 62
127; 3	Елово-пихтовый зеленомошный	4П3Е 3Б <sub>к</sub>	17	26	80	0,4	160	П – 55; Е – 76; Б <sub>к</sub> – 0
130; 17	Пихтарник с курильским бамбуком	6П3Б <sub>к</sub> 1Брх	18	28	100	0,3	130	П – 59; Б <sub>к</sub> – 3; Брх – 0
131; 1	Елово-пихтовый с курильским бамбуком	6П1Е 2Б <sub>к</sub> 1Ол	16	24	80	0,4	140	П – 74; Е – 85; Б <sub>к</sub> – 8; Ол – 0
132; 11	Елово-пихтовый папоротниковый	5П2Е 3Б <sub>к</sub>	18	32	90	0,5	190	П – 50; Е – 77; Б <sub>к</sub> – 9
<i>Холмское лесничество</i>								
20; 22	Елово-пихтовый с курильским бамбуком	4П3Е 3Б <sub>к</sub>	18	24	90	0,6	250	П – 95; Е – 90; Б <sub>к</sub> – 70 Б <sub>к</sub> – 70
21; 20	Лиственничник папоротниковый (лесные культуры)	8Лц2П	15	18	60	0,7	180	Лц – 93; П – 88
22; 4	Елово-пихтовый папоротниковый	4П1Е 3Б <sub>к</sub> 1Р6 1Брх	14	18	60	0,7	170	П – 64; Е – 62; Б <sub>к</sub> – 50; Р6 – 52; Брх – 60
45; 3	Елово-пихтовый зеленомошный (лесные культуры)	8П2Е	18	22	74	0,7	290	П – 35; Е – 40;
45; 10	Каменноберезняк кустарниковый	6Б <sub>к</sub> 2П 1Лц1Р6	16	20	80	0,5	110	Б <sub>к</sub> – 30; П – 35; Лц – 40; Р6 – 25
46; 8	Елово-пихтовый зеленомошный	7П1Е 1Лц1Б <sub>к</sub>	18	22	90	0,6	240	П – 50; Е – 45; Лц – 35; Б <sub>к</sub> – 30
53; 7	Елово-пихтовый кустарниковый	3Е1П 1Лц5Б <sub>к</sub> <sup>к</sup> ед. Р6	14	16	60	0,5	130	Е – 65; П – 45; Лц – 45; Б <sub>к</sub> – 35

Примечание: П – пихта сахалинская; Е – ель аянская; Б<sub>к</sub> – береза каменная; Р6 – рябина смешанная; Брх – бархат сахалинский; Ол – ольха волосистая; Лц – лиственница Каяндера.

В связи с этим лесные насаждения по степени нарушенности ветровалами были подразделены на 3 категории: полная гибель древостоя или с большой долей погибших деревьев (выше 60 %), в средней степени (30–60 %) и незначительно поврежденные (менее 30 % от исходного количества).

Наибольшее влияние тайфуны оказали на древостой с доминированием темнохвойных пород. Почти на всех участках ель и пихта, независимо от типа леса и условий местопрорастания, подверглись ветровалам в сильной и средней степени. В частности, доля гибели этих пород в Невельском лесничестве варьировала от 40 до 88 %, а в Холмском лесничестве достигала 90–95 %. Такая высокая уязвимость перед ветровалами ели и пихты обусловлена прежде всего особенностями их корневой системы [1, 9], она является поверхностной и не позволяет им выстоять против ураганных ветров. Наряду с этим береза каменная, имеющая более мощные корни, следовательно, обладая высокой ветроустойчивостью, характеризовалась незначительной долей гибели. Например, в Невельском лесничестве в каменноберезняках (квартал 82, выдел 6) гибель древостоя не превышала 10 %, а у берез темнохвойных лесов ветровальных деревьев оказалось еще меньше (до 9 %).

В Холмском лесничестве доля гибели березы каменной варьировала от 30 до 70 %, рябины смешанной (*Sorbus commixta* Hedl.) – от 25 до 52 %, а бархата сахалинского (*Phellodendron sachalinense* (Fr. Schmidt) Sarg.), обладающего развитой корневой системой, составила 60 %. Даже в лесных культурах лиственницы Каяндера (*Larix cajanderi* Mayr) с глубокими стержневыми корнями доля погибшей части древостоя достигала 93 % (квартал 21, выдел 20). Такие показатели обусловлены, на наш взгляд, спецификой местных горных ландшафтов: их более крутыми склонами и значительными высотными отметками по сравнению с Невельским районом. Наибольшее разрушительное воздействие ветровалы оказали на древостой, расположенные на крутых верхних частях склонов. Незначительная нарушенность лесных массивов наблюдалась в долинах рек, а также в нижней части пологих горных склонов [15].

Изучение по данным дистанционного зондирования лесов, подверженных катастрофическим ветровалам, показало, что различие между покрытой и непокрытой лесом территорией имеет ярко выраженный характер, поэтому их выявление при дешифрировании спутниковых снимков не вызывает затруднений. Ветровалы, как гари и вырубки, отображаются на синтезированных снимках в красноватых и синеватых оттенках (в комбинации каналов 11–8–4). Вырубки на снимках отличаются по близким к правильным, в основном линейным границам, указывающим на их искусственное происхождение, к тому же в их пределах хорошо просматриваются оставленные семенные куртины, на снимках более высокого разрешения выделяются единичные сохранившиеся во время рубок деревья или их небольшие группы. На гаях в большинстве случаев погибшие деревья отображаются разнонаправленно по территории, наряду с этим хаотично распределяются одиночные сохранившиеся деревья или их куртины. На ветровальных участках вываленные деревья хорошо видны как штрихи, ориентированные главным образом в одном направлении, особенно хорошо выделяющиеся на снимках с высоким разрешением.

Синтезированные космические снимки изучаемой территории подвергались классификации «с обучением». При составлении обучающей выборки на диаграммах рассеивания участки ветровалов достаточно четко обособляются по спектральным характеристикам от других классов. Вместе с тем следует отметить, что по спектральным характеристикам массовые ветровалы проявляют большое сходство с безлесными территориями и рядом других открытых пространств, а также селитебных зон. В связи с этим такие участки были предварительно выделены на снимках и исключены из рассмотрения.

На основе индексных изображений (NDVI) отмечены участки с различной степенью повреждений по структуре и распределению ассимиляционной поверхности, представленной сохранившимися зелеными деревьями и куртинами, а также подлеском и подростом. Геоинформационный анализ пространственного распределения значений NDVI в пределах ветровальных участков позволил выделить повреждения лесонасаждений различного характера от воздействия внетропических циклонов (табл. 3) [15].

Таблица 3

**Характеристика нарушенности лесных массивов юго-западной части  
о-ва Сахалина**  
**The characteristics of disturbance of forest areas in the southwestern part  
of Sakhalin Island**

Степень нарушенности лесных массивов, % от общего числа деревьев	Характеристика степени нарушенности	Значение NDVI	Площадь, га	Доля, %
>60 %	Полная или большая доля гибели древостоя	<0,5	4513,61	19,85
60–30	Средняя	0,5–0,6	9515,44	41,86
<30	Незначительная	>0,6	8705,95	38,29
<i>Итого</i>			22 735,00	100

Показано, что нарушенность лесных массивов в результате ветровалов носит различный характер. Наибольшие площади лесов были повреждены в средней степени и составили 9,515 тыс. га (41,86 %). При этом полностью погибшие леса или леса с большим количеством погибших древостоев занимали 19,85 % площади ветровальных участков, а незначительно поврежденные – 38,29 %. В целом на рассматриваемой территории доля лесов, пострадавших от действия циклона в сильной и средней степени, равнялась более 60 %.

Лес на периферии ветровальных пятен, на участках с локальными понижениями рельефа, а также в долинах рек и нижней части горных склонов повреждается в меньшей степени, что хорошо заметно на снимках. После прохождения циклонов вокруг уцелевших групп деревьев – потенциальных источников семян, происходит постепенное зарастание подвергшихся негативному влиянию участков. Однако на юго-западе о-ва Сахалина, где доминируют бамбучниковые типы леса, на участках с уничтоженными деревьями наблюдается интенсивное разрастание курильского бамбука (*Sasa kurilensis* (Rurp.) Makino et Shibata), заметно тормозящего естественные лесовосстановительные процессы.

В результате дешифрирования космических снимков и геоинформационного анализа было выявлено, что суммарная площадь ветровалов в Холмском

и Невельском лесничествах Сахалина составила 22 735 га, или 9,20 %, от лесопокрытой площади. Распределение поврежденных внетропическими циклонами участков леса отражено на рис. 2. Как можно заметить, произошедшие циклоны обусловили ветровалы древостоев на всей юго-западной части о-ва Сахалина, и они носили катастрофический характер.

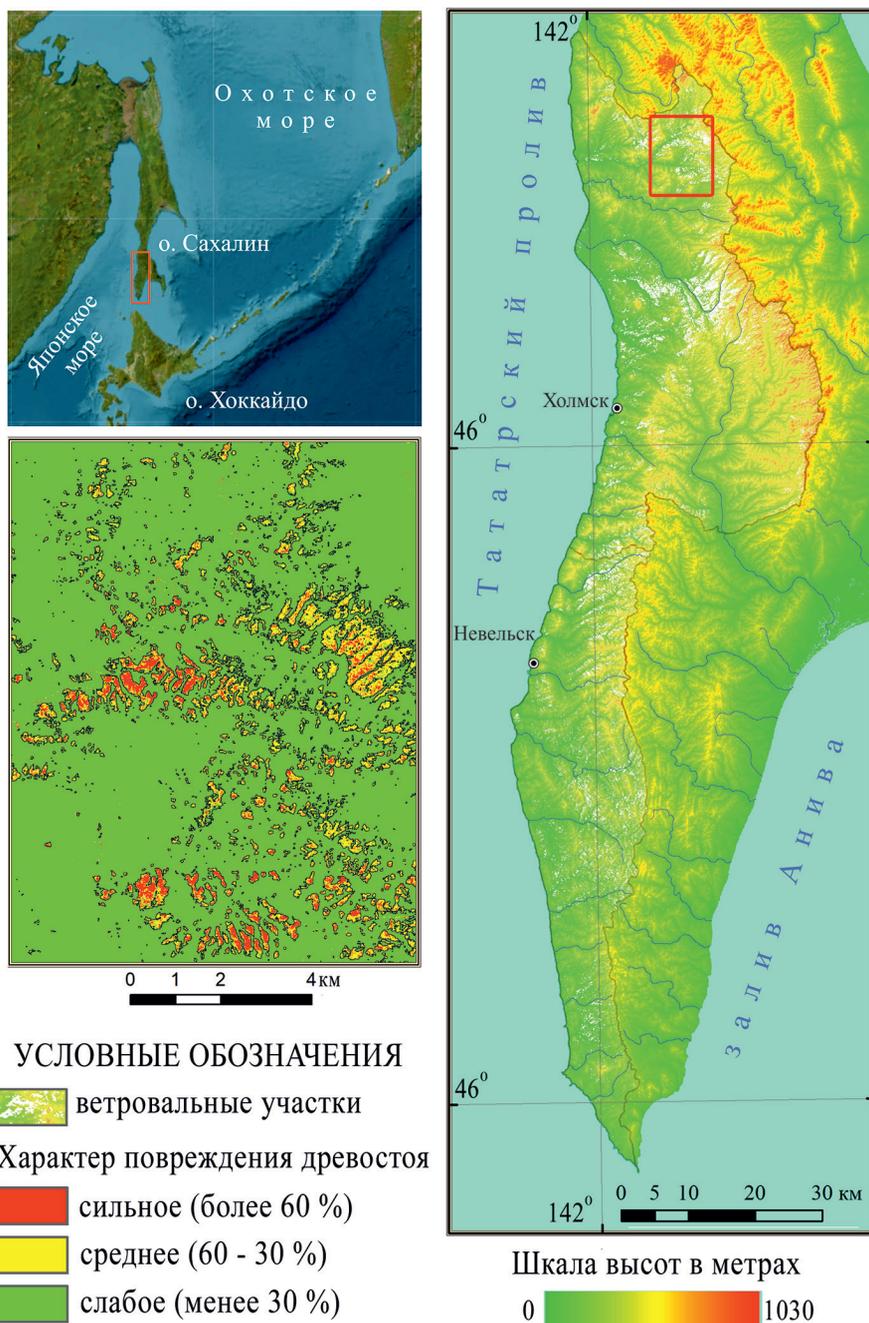


Рис. 2. Поврежденные внетропическими циклонами участки леса (во врезке – характер повреждения древостоя)

Fig. 2. The forest areas damaged by extratropical cyclones (the inset shows the nature of damage to the stand)

*Заключение*

Последовательные внетропические циклоны 2014–2015 гг. в юго-западной части о-ва Сахалина обусловили значительные нарушения лесных массивов и массовые ветровалы. Комплексная наземная и дистанционная оценка ветровальных участков позволила установить масштабы и характер повреждений лесов в юго-западной части острова. При этом площадь лесных насаждений с полной или большой долей погибших деревьев составила 4513,61 га, со средней – 9515,44 га и в меньшей степени поврежденных – 8705,95 га. Доля лесов, пострадавших в сильной и средней степени, равнялась более 60 % площади исследованных ветровальных участков.

Степень повреждения лесов внетропическими циклонами зависит от типа леса, состава древостоя и его положения в рельефе. Наибольшее влияние циклоны оказали на древостой с доминированием темнохвойных пород. Почти на всех участках района исследования ель и пихта, независимо от типа леса и условий местопроизрастания, подверглись ветровалам в сильной и средней степени. В большей степени были подвержены ветровалам участки с крутыми склонами, в их средней и верхней частях – для всех пород. В то же время в речных долинах и в нижней части горных склонов отмечалось лишь незначительное повреждение древостоев.

Ветровалы стали причиной сильнейшей трансформации лесных экосистем на значительных пространствах, что проявилось в гибели древостоев, формировании ветровальных окон, а также в изменении состава и структуры нижних ярусов растительного покрова. Общая площадь ветровалов на территории Холмского и Невельского лесничеств составила 22 735 га, или 9,2 %, от их лесопокрытой площади. Масштабы и характер повреждений, вызванных внетропическими циклонами, лесов в юго-западной части о-ва Сахалина позволяют рассматривать изученные циклоны в качестве катастрофических ветровалов.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

1. Агеенко А.С., Васильев Н.Г., Глоба-Михайленко Д.А., Холявко В.С. Древесная флора Дальнего Востока. М.: Лесн. пром-сть, 1982. 224 с.

Ageenko A.S., Vasil'ev N.G., Globa-Mikhajlenko D.A., Kholyavko V.S. *Arboreal Flora of the Far East*. Moscow, Lesnaya promyshlennost' Publ., 1982. 224 p. (In Russ.).

2. Братков В.В., Воробьев В.А., Мелкий В.А., Верхотуров А.А. Картографирование динамики растительных сообществ северной части бореальных лесов острова Сахалин на основе данных дистанционного зондирования Земли // Мониторинг. Наука и технологии. 2020. № 3(45). С. 6–13.

Bratkov V.V., Vorob'ev V.A., Melkiy V.A., Verkhoturorov A.A. Mapping of Dynamics of Plant Communities of the Northern Part of the Boreal Forests of Sakhalin Island by Remote Sensing Data. *Monitoring. Nauka i tekhnologii* = Monitoring. Science and Technologies, 2020, no. 3(45), pp. 6–13. (In Russ.). <https://doi.org/10.25714/MNT.2020.45.001>

3. Бучнев А.А., Пяткин В.П. Классификация гиперспектральных данных дистанционного зондирования земли // Журн. Сиб. федер. ун-та. Сер.: Техника и технологии. 2019. Т. 12, № 5. С. 536–541.

Buchnev A.A., Pyatkin V.P. Classification of the Hyperspectral Data of the Earth Remote Sensing. *Zhurnal Sibirskogo federal'nogo universiteta. Seriya: Tekhnika i tekhnologii* = Journal of Siberian Federal University. Series: Engineering & Technologies, 2019, vol. 12, no. 5, pp. 536–541. (In Russ.). <https://doi.org/10.17516/1999-494X-0109>

4. Восточноевропейские леса: история в голоцене и современность: в 2 кн. / ЦЭПЛ РАН. Кн. 1 / отв. ред. О.В. Смирнова. М.: Наука, 2004. 479 с.

*Eastern European Forests: History in the Holocene and the Present Day*: in 2 books. Centre for Forest Ecology and Productivity of the Russian Academy of Sciences. Book 1. Ed.-in-chief O. V. Smirnova. Moscow, Nauka Publ., 2004. 479 p. (In Russ.).

5. Георгиевский А.Б. Фаза окон в коренных еловых лесах южной тайги // Ботан. журн. 1992. Т. 77, № 6. С. 52–62.

Georgievskij A.B. Window Phase in the Indigenous Spruce Forests of the Southern Taiga. *Botanicheskij zhurnal* = Botanical Journal, 1992, vol. 77, no. 6, pp. 52–62. (In Russ.).

6. Громько М.Н. Первые результаты изучения катастрофического влияния тайфуна Лайонрок на лесные экосистемы Сихотэ-Алинского заповедника // Тез. докл. XII дальневосточ. конф. по заповедному делу. Биробиджан: ИКАРП ДВО РАН, 2017. С. 35–37.

Gromyko M.N. The First Results of the Study of the Catastrophic Impact of Typhoon Lionrock on the Forest Ecosystems of the Sikhote-Alin Nature Reserve. *Abstracts of the XII Far Eastern Conference on Nature Reserves*. Birobidzhan, Institute for Complex Analysis of Regional Problems Far Eastern Branch Russian Academy of Sciences, 2017, pp. 35–37. (In Russ.).

7. Иванов А.В., Сало М.А., Бондарчук С.Н., Замолодчиков Д.Г., Могилев А.В., Кочкаркина Н.А. Воздействие ветровалов на структуру и фитомассу древостоев кедровников и березняков Центрального Сихотэ-Алиня // Лесоведение. 2022. № 2. С. 132–143.

Ivanov A.V., Salo M.A., Bondarchuk S.N., Zamolodchikov D.G., Mogileva A.V., Kochkarina N.A. Windfall's Impact on Structure and Phytomass of the Siberian Pine and Birch Forests of the Central Sikhote-Alin. *Lesovedenie* = Russian Journal of Forest Science, 2022, no. 2, pp. 132–143. (In Russ.). <https://doi.org/10.31857/S0024114822020061>

8. Карпов А.А. Сокращение площади малонарушенных лесных территорий на примере Двинско-Пинежского междуречья // Изв. вузов. Лесн. журн. 2019. № 3. С. 152–158.

Karpov A.A. Area Reduction of Intact Forest Landscapes on the Example of the Dvina-Pinega Interfluve. *Lesnoy Zhurnal* = Russian Forestry Journal, 2019, no. 3, pp. 152–158. (In Russ.). <https://doi.org/10.17238/issn0536-1036.2019.3.152>

9. Леса Дальнего Востока. М.: Лесн. пром-сть, 1969. 392 с.

*Forests of the Far East*. Moscow, Lesnaya promyshlennost' Publ., 1969. 392 p. (In Russ.).

10. Мамедов Э.С., Павлов Н.И. Тайфуны. Л.: Гидрометеиздат, 1974. 140 с.

Mamedov E.S., Pavlov N.I. *Typhoons*. Leningrad, Gidrometeoizdat Publ., 1974. 140 p. (In Russ.).

11. Методы изучения лесных сообществ. СПб.: НИИХ СПбГУ, 2002. 240 с.

*Methods of Studying Forest Communities*. St. Petersburg, Institute of Chemistry of the St. Petersburg State University, 2002. 240 p. (In Russ.).

12. Нормативные материалы для таксации лесов Сахалина и Камчатки. Южно-Сахалинск: СахЛОС ДальНИИЛХ, 1986. 814 с.

*Regulatory Materials for the Forest Inventory in Sakhalin and Kamchatka*. Yuzhno-Sakhalinsk, Sakhalin Forest Experimental Station of the Far Eastern Research Institute of Forestry, 1986. 814 p. (In Russ.).

13. Последствия катастрофического ветровала для лесных экосистем. Екатеринбург: УрО РАН, 2000. 127 с.

*The Consequences of a Catastrophic Windfall for Forest Ecosystems*. Yekaterinburg, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, 2000. 127 p. (In Russ.).

14. Прох Л.З. Словарь ветров. Л.: Гидрометеиздат. 1983. 311 с.

Prokh L.Z. *Dictionary of Winds*. Leningrad, Gidrometeoizdat Publ., 1983. 311 p. (In Russ.).

15. Сабиров П.Н., Мелкий В.А., Верхотуров А.А. Оценка влияния ветровалов на лесной покров юго-западной части Сахалина с использованием наземных и дистанционных методов // Цифровые технологии в лесном секторе: материалы III Всерос.

науч.-техн. конф.-вебинара. СПб.: С.-Петербург. гос. лесотехн. ун-т им. С.М. Кирова, 2022. С. 83–86.

Sabirov R.N., Melkiy V.A., Verkhoturov A.A. Assessing the Impact of Windfalls on Forest Cover in the Southwestern Part of Sakhalin Using Ground-Based and Remote Sensing Methods. *Digital Technologies in the Forestry Sector: Proceedings of the III All-Russian Scientific and Technical Conference-Webinar*. St. Petersburg, St. Petersburg State Forest Technical University named after S.M. Kirov, 2022, pp. 83–86. (In Russ.).

16. Справочник для учета лесных ресурсов Дальнего Востока. Хабаровск: ДальНИИЛХ, 2010. 527 с.

*Handbook for Accounting of Forest Resources of the Far East*. Khabarovsk, Far Eastern Research Institute of Forestry Publ., 2010. 527 p. (In Russ.).

17. Сукачев В.Н., Зонн С.В. Методические указания к изучению типов леса. М.: АН СССР, 1961. 144 с.

Sukachev V.N., Sonn S.V. *Methodological Guidelines for the Study of Forest Types*. Moscow, USSR Academy of Sciences Publ., 1961. 144 p. (In Russ.).

18. Толмачев А.И. Геоботаническое районирование острова Сахалина. М.; Л.: АН СССР, 1955. 80 с.

Tolmachev A.I. *Geobotanical Zoning of Sakhalin Island*. Moscow, Leningrad, USSR Academy of Sciences Publ., 1955. 80 p. (In Russ.).

19. Черепанов А.С. Вегетационные индексы // Геоматика. 2011. № 2. С. 98–102.

Cherepanov A.S. Vegetation Indices. *Geomatika = Geomatics*, 2011, no. 2, pp. 98–102. (In Russ.).

20. Черепанов А.С., Дружинина Е.Г. Спектральные свойства растительности и вегетационные индексы // Геоматика. 2009. № 3. С. 28–32.

Cherepanov A.S., Druzhinina E.G. Spectral Properties of Vegetation and Vegetation Indices. *Geomatika = Geomatics*, 2009, no. 3, pp. 28–32. (In Russ.).

21. *Digital Typhoon: Typhoon Images and Information*. Available at: <https://agora.ex.nii.ac.jp/digital-typhoon/index.html.en> (accessed 27.06.24).

22. Eriksson M., Pouttu A., Roininen H. The Influence of Windthrow Area and Timber Characteristics on Colonization of Wind-Felled Spruces by *Ips typographus* (L.). *Forest Ecology and Management*, 2005, vol. 216, pp. 105–116.

<https://doi.org/10.1016/j.foreco.2005.05.044>

23. Karpov A.A. Method for Transferring Non-Forest Cover to Forest Cover Land Using Landsat Imageries. *Lesnoy Zhurnal = Russian Forestry Journal*, 2020, no. 3, pp. 83–92. (In Russ.). <https://doi.org/10.37482/0536-1036-2020-3-83-92>

24. Korznikov K.A., Kislov D.E., Belyaeva N.G. The First Record of Catastrophic Windthrow in Boreal Forests of South Sakhalin and the South Kurils (Russia) during October 2015 Tropical Cyclones. *Botanica Pacifica*, 2019, vol. 8, no. 1, pp. 31–38.

<https://doi.org/10.17581/bp.2019.08115>

25. Martin T.J., Ogden J. Wind Damage and Response in New Zealand Forests: A Review. *New Zealand Journal of Ecology*, 2006, vol. 30, no. 3, pp. 295–310.

26. Mitchell S.J. Wind as a Natural Disturbance Agent in Forests: A Synthesis. *Forestry*, 2013, vol. 86, iss. 2, pp. 147–157. <https://doi.org/10.1093/forestry/cps058>

27. Sabirov R.N., Melkiy V.A., Verkhoturov A.A. Analysis Transformation of Forests of the Southern Sakhalin by Remote Sensing Data Using Geoinformation Technologies. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 2021, vol. 806, art. no. 012027.

<https://doi.org/10.1088/1755-1315/806/1/012027>

28. Sentinel Missions. *The European Space Agency*. Available at: [https://www.esa.int/Applications/Observing\\_the\\_Earth/Copernicus/The\\_Sentinel\\_missions](https://www.esa.int/Applications/Observing_the_Earth/Copernicus/The_Sentinel_missions) (accessed 12.08.24).

29. Ulanova N.G. The Effects of Windthrow on Forests at Different Spatial Scales: A Review. *Forest Ecology and Management*, 2000, vol. 135, iss. 1–3, pp. 155–167.

[https://doi.org/10.1016/S0378-1127\(00\)00307-8](https://doi.org/10.1016/S0378-1127(00)00307-8)

30. Vodde F., Jõgiste K., Kubota Y., Kuuluvainen T., Köster K., Lukjanova A., Metslaid M., Yoshida T. The Influence of Storm-Induced Microsites to Tree Regeneration Patterns in Boreal and Hemiboreal Forest. *Journal of Forest Research*, 2011, vol. 16, no. 3, pp. 155–167. <https://doi.org/10.1007/s10310-011-0273-6>

31. Vozmishcheva A.S., Bondarchuk S.N., Gromyko M.N., Kislov D.E., Pimenova E.A., Salo M.A., Korznikov K.A. Strong Disturbance Impact of Tropical Cyclone Lionrock (2016) on Korean Pine-Broadleaved Forest in the Middle Sikhote-Alin Mountain Range, Russian Far East. *Forests*, 2019, vol. 10, no. 11. art. no. 1017. <https://doi.org/10.3390/f10111017>

32. Worldwide Tropical Cyclone Centers. *National Hurricane Center and Central Pacific Hurricane Center. National Oceanic and Atmospheric Administration*. Available at: <https://www.nhc.noaa.gov/aboutsmc.shtml> (accessed 27.08.24).

**Конфликт интересов:** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов  
**Conflict of interest:** The authors declare that there is no conflict of interest