

УДК 502.333

## РИСКИ В СФЕРЕ ЛЕСОПОЛЬЗОВАНИЯ, СВЯЗАННЫЕ С ОПАСНЫМИ ПРИРОДНЫМИ ПРОЦЕССАМИ ЗИМНЕГО ПЕРИОДА

М.А. Мельник<sup>1</sup>, Е.С. Волкова<sup>1</sup>, С.А. Мельник<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН, Томск, Россия

<sup>2</sup>Национальный исследовательский Томский государственный университет, Томск, Россия



Предлагается унифицированная методика оценки рисков для зимнего лесопользования, представленного лесозаготовительной отраслью. Оценка проводится на основе анализа метеоданных и нормированных денежных потерь, произошедших из-за простоя лесозаготовительной техники и нарушения условий вывоза древесины в результате воздействия опасных природных процессов. Апробация подхода осуществлялась на примере Томской области по таким показателям, как сильный мороз, сильные ветры, метели, продолжительность функционирования ледовых переправ и зимников. Результаты показали, что в целом по области наблюдается высокая степень рисков и отмечается тенденция их роста.

**Ключевые слова:** риски лесопользования, опасные природные процессы, лесозаготовка, ущерб, зимний период.

### Введение

На территории России в последнее десятилетие отмечается увеличение случаев проявления природных опасностей гидрометеорологического характера. Статистика показывает, что в среднем ежегодный прирост составляет 14–15 случаев [Коршунов и др., 2010]. В этих условиях особенно уязвимой становится хозяйственная деятельность в сфере природопользования, поскольку ее устойчивое функционирование в значительной степени прямо или опосредованно зависит от воздействия природных факторов. Лесопользование, как один из видов природопользования, не исключение и является метеозависимой отраслью. В таежных лесах Западной Сибири основной вид лесопользования представлен заготовкой древесины, доходы от которой приносят ощутимый вклад в федеральный и региональные бюджеты. Однако лесозаготовительная деятельность, как правило, ведется в труднодоступных районах и сопряжена с существенными природными рисками. Для лесного хозяйства России природные риски, связанные с опасными и неблагоприятными погодными условиями, достаточно высокие, и площади погибших от их воздействия лесов из года в год варьируют от 20 до 460 тыс. га [Каткова, 2013].

Изучение и обобщение научных трудов по рискам, вызванных природными процессами [Ваганов, 2002; Кочуров, 2003; Акимов и др., 2004; Осипов, 2010], позволило в целом дать определение *природным рискам* как меры вероятности наступления опасного события природного характера в совокупности с величиной потерь, которые повлекло данное событие. Так как риск имеет место в процессе осуществления хозяйственной деятельности в условиях

опасности, то человек может оценивать его степень и принимать решения о приемлемости деятельности в сложившихся условиях, т.е. проводить анализ риска.

Риск-анализ подразумевает комплекс исследований по выявлению различных видов опасности, определению вероятности их наступления и оценку возможного ущерба, а также формирование адаптивных мероприятий по уменьшению рисков, иницируемых опасными факторами, при осуществлении каких-либо видов хозяйствования, в нашем случае – лесозаготовительной деятельности. Конечная цель анализа рисков состоит, по мнению Т.Е. Катковой [2011], в получении информации о структуре, свойствах объекта (системы) и присущих ему рисках, достаточной для принятия решений по уменьшению возможного ущерба.

Процедура риск-анализа для лесодобывающей промышленности имеет свою специфику и описана в научной литературе недостаточно полно, но ее значимость и прикладное значение отмечаются в ряде работ российских и зарубежных ученых [Каткова, 2011; Шальнев и др., 2016; Peltola et al., 2010; Naderpour et al., 2019]. Важность исследований подобного рода объясняется потребностью многих предприятий в объективной информации по оценке вероятности наступлений опасных событий и по ущербам, поскольку риск предпринимателя в лесозаготовительном секторе достаточно высок. Для снижения рисков субъекту лесопользования необходимо знать, какие породы обеспечат в будущем создание продуктивных устойчивых насаждений против болезней и ветровалов, какие опасные природные явления наиболее характерны для данной местности, их повторяемость, интенсивность и т.д. [Пет-

ров и др., 2001]. Оперативное и своевременное выявление территориальных особенностей, частоты проявления таких опасностей, величины наносимого от их воздействия ущерба лесозаготовительной деятельности позволяют организовывать систему мониторинга по предупреждению возможных рисков. Кроме того, результаты исследования имеют немаловажное значение в сфере страхования от стихийных бедствий для лесного хозяйства, поскольку система оценки рисков для данной отрасли практически не разработана [Сабиров, 2014].

Сложность реализации процедуры риск-анализа заключается, прежде всего, в отсутствии полномасштабной пространственно-временной базы по показателям природно-климатических опасностей, а также в недостатке информации о величине реального денежного ущерба для этих предприятий. Отсюда следует, что выбор того или иного способа количественной оценки рисков зависит, в первую очередь, от объема доступной информации о риске и требуемой точности оценок. Также приходится учитывать фактический уровень риска – чем меньше вероятность наступления опасного события, тем труднее измерить риск [Шальнев и др., 2016].

Наиболее проработанными в этом вопросе являются методики оценки ущербов и рисков лесного хозяйства для теплого периода года, наносимых пожарами природного и антропогенного характера [Моисеев, 2009; Петров, 2010; Каткова, 2011; Шихов, 2014; Brunette et al., 2015; Neale et al., 2016], болезнями и вредителями леса [Фарбер и др., 2003; Мельник и др., 2018; Aukema et al., 2011; Kenis et al., 2009], сильными ветрами [Шихов, 2014; Мельник и др., 2016]. Перечисленные природные опасности влияют на лесоресурсный потенциал территории, вызывая деградацию и гибель древостоя на обширных территориях. Соответственно, разработкой системы мониторинга и методологических подходов риск-анализа для таких видов опасностей занимаются многие научные коллективы. Опасности зимнего периода, оказывающие влияние в основном на лесозаготовительную деятельность и вывозку древесины, изучены гораздо хуже, хотя около 80 % перевозок заготовленного древесного сырья производится по зимникам [Мохирев и др., 2018]. В этом вопросе наибольшую популярность получили исследования таких негативных факторов, как сильные ветры [Nilsen et al., 2004; Blennow et al., 2010], метели [Журавлев и др., 2019], неустойчивое состояние зимних лесовозных дорог [Лукашевич, 2013].

Исходя из этого, целью данного исследования является создание унифицированной методики оценки степени возможных рисков для лесозаготовительной деятельности в зимний период на основе анализа метеоданных и нормированных денежных потерь. Под *природным риском лесозаготовитель-*

*ной деятельности* в зимний период понимается вероятность возможных ощутимых потерь от простоя лесозаготовительной техники и затруднений вывозки древесины, обусловленных комплексом опасных и неблагоприятных природных явлений. В работе авторы уходят от традиционной балльной оценки рисков, рассчитывая вполне реальный денежный ущерб, который может быть нанесен региональной сфере лесопользования в зимний период.

Апробация подхода осуществлялась для территории Томской области, которая является классическим примером региона с высоким древесно-сырьевым потенциалом и его интенсивным освоением в условиях сурового климата. Территория области имеет высокую лесистость (почти 60 %), здесь сосредоточено 20 % запасов древесины всего Западно-Сибирского региона, при этом расчетная лесосека установлена в размере 38,6 млн м<sup>3</sup>. Казалось бы, существуют большие перспективы развития отрасли, однако статистика показывает, что объем фактической заготовки древесины в области на расчетный 2017 г. составляет 5,09 млн м<sup>3</sup>, таким образом, расчетная лесосека осваивается лишь на 13,2 % [Лесной план..., 2018]. Причины такого положения кроются, прежде всего, в экономической ситуации развития регионального лесного сектора и в низкой транспортной доступности лесных ресурсов, но немаловажный вклад в лимитирование развития отрасли вносит спектр природных рискоформирующих факторов.

### Материалы и методы исследования

Анализ риска обычно начинается с его идентификации – выявления тех видов опасностей и рискоформирующих факторов, которые способны нанести ощутимый материальный урон. Влияние опасных явлений на лесозаготовительную деятельность главным образом выражается в простоях техники и рабочей силы, нарушениях условий как ручной, так и машинной валки, а также погрузки и транспортировки заготовленной древесины. В зимний период в Томской области наибольшие потери связаны, в первую очередь, с такими опасными метеорологическими явлениями, как морозы и сильные ветры, сопровождающиеся метелями. Из перечня Росгидромета для Западно-Сибирского УГМС в список такого рода опасных явлений попадают: сильный мороз ( $t_{\min} < -40^\circ\text{C}$  в течение 3 сут и более), аномально холодная погода ( $t_{\min} < -35^\circ\text{C}$  в течение 5 сут и более), очень сильный ветер (более 20 м/с), сильная метель (перенос снега с подстилающей поверхности сильным ветром продолжительностью 12 ч и более) [Перечень..., 2020]. Перечисленные опасности существенно влияют на все сферы жизнедеятельности человека и на все виды природопользования, в том числе и на лесопользование, однако

явления, наблюдающиеся ежегодно, но не достигающие критериев опасности, также могут наносить не меньший урон.

Уже при  $-35\text{ }^{\circ}\text{C}$  в течение даже одного дня или при скорости ветра более  $15\text{ м/с}$  лесозаготовительные компании прекращают работу, поскольку в данных условиях эксплуатации техники предельно снижается работоспособность аккумуляторных батарей, агрегатов трансмиссии, гидравлического и пневмогидравлических приводов, значительно затрудняются техническое обслуживание и ремонт инструмента и агрегатов машин. Помимо перерыва в основных лесозаготовительных работах в таких условиях приостанавливается процесс вывозки древесины. Сильные ветры усугубляют риски зимней лесозаготовки: ручная валка леса, сортиментная и хлыстовая заготовки запрещены при скорости ветра более  $10\text{ м/с}$ , при погрузке древесины работы приостанавливаются, если скорость превышает  $12,5\text{ м/с}$  [Шегельман и др., 2005]. В зимний период наибольшему негативному влиянию ветровой деятельности подвержены периферийные проселочные дороги и зимники – снежные заносы и «переметы» временно парализуют их функционирование [Мельник, Мельник, 2016]. Учитывая эти факторы, для территории Томской области выбраны следующие основные показатели, входящие в группу наиболее опасных для зимнего лесопользования природных процессов: дни с морозами ниже  $-35\text{ }^{\circ}\text{C}$ , дни с ветром более  $15\text{ м/с}$ , дни с метелями, сокращенные сроки действия ледовых переправ. Все они носят колебательный характер, меняются от года к году, имеют территориальные особенности, связанные не только с природными условиями, но и со степенью доступности древесно-сырьевых ресурсов.

Информационно-аналитическая база по выделенным показателям формировалась по данным Росгидромета за последний 15-летний зимний период по 18 метеостанциям, расположенным в Томской области и на территории близлежащих регионов. Дополнительные станции из соседних регионов были взяты для более точного пространственного моделирования с использованием базового ГИС-инструмента «Интерполяции» на основе метода обратно взвешенных расстояний.

Зимний период в Сибири – наиболее благоприятное время для транспортировки лесоматериалов из лесосек в связи со стабильной отрицательной температурой воздуха, и сроки данного периода находятся ориентировочно в промежутках между 10 ноября и 20 марта и зависят от наступления заморозков осенью и потепления весной [Мохи́рев и р., 2019]. Зимний сезон на территории Томской области включает три фазы (умеренно морозную, значительно морозную, предвесеннюю), которые продолжаются на территории области с начала ноября по конец марта [Фи-

ландышева, Сорока, 2013]. Дополнительные материалы по срокам функционирования ледовых переправ предоставлены МЧС России по Томской области за 2013–2018 гг.

Пожалуй, наибольшую сложность в ходе исследования вызывает процедура определения величины возможного ущерба в денежном выражении, ведущего к снижению предпринимательской прибыли от продажи древесины при произведенных затратах. В нашем случае для оценки суммы возможного ущерба использовались необходимые для проведения расчетов экономические показатели ряда лесозаготовительных предприятий Томской области малого и среднего бизнеса за последний десятилетний период.

Ущерб от опасных и неблагоприятных погодных явлений для лесопользования, главным образом, зависит от двух составляющих:

$$Y = Y_{\pi} + Y_{\text{в}}, \quad (1)$$

где  $Y_{\pi}$  – величина ущерба от простоя лесозаготовительных машин, руб./сут;  $Y_{\text{в}}$  – величина ущерба, связанного с дополнительными затратами на содержание лесовозных дорог, руб./сут.

Ущерб в случае простоев складывается из недополученного дохода и заработной платы лесозаготовительной бригады во время простоя. Для всех лесозаготовительных компаний унифицировать величину понесенных потерь представляется трудноразрешимой задачей, поскольку имеется территориальная дифференциация условий лесопользования: древесно-сырьевые ресурсы имеют свои категории качества, для их заготовки используется разная техника, варьирует заработная плата, отличаются дорожные условия и транспортная доступность. Однако зная значение прибыли, полученной в результате заготовки древесины, производительность техники и затраты в случае простоев, для каждого конкретного случая с использованием данной методики можно рассчитать суточный ущерб от проявления опасных природных явлений, повлекших за собой приостановку лесозаготовительной деятельности.

Удельная прибыль от заготовки одного кубометра древесины была рассчитана по формуле

$$П = P \cdot C - Z_3 - Z_{\text{в}} - Z_{\pi}, \quad (2)$$

где  $П$  – прибыль, руб./куб. м/сут;  $P$  – производительность, куб. м/сут;  $C$  – средняя рыночная цена древесины руб./куб. м;  $Z_3$  – затраты на заготовку древесины, в том числе на топливо, зарплату операторам лесозаготовительной техники, руб./сут;  $Z_{\text{в}}$  – затраты на вывозку древесины, в том числе на строительство и содержание лесовозных дорог, руб./сут;  $Z_{\pi}$  – постоянные затраты.

Согласно данным, полученным по итогам проведенного нами анкетирования ряда предприятий, входящих в лесопромышленный кластер Томской области, усредненное значение прибыли от заготовки одного кубометра древесины по Томской области

на 2019–2020 гг. составило 1 000 руб./м<sup>3</sup>. Данная величина, главным образом, отражает прибыль лесозаготовительных предприятий малого и среднего бизнеса, работающих с использованием современных комплексов Ponsse (харвестер – форвардер) и осуществляющих вывозку древесины по договору об оказании транспортных услуг со сторонним предприятием. Исходя из этого, величина недополученного дохода от вынужденного простоя лесозаготовительной техники, вызванного неблагоприятными природными условиями, в течение одних суток определялась в зависимости от удельной прибыли и производительности. Например, для комплекса Ponsse, имеющего производительность 300 куб. м/сут [Герасимов и др., 2012], недополученная прибыль будет составлять 300 тыс. руб./сут. Процедура округления значения прибыли позволяет пренебречь затратами на заработную плату бригады операторов в дни простоя, которая составляет в среднем 8 тыс. руб./сут. Следовательно, ущерб в результате простоя лесозаготовительной техники в течение суток может быть рассчитан следующим образом:

$$Y_{\text{п}} = \Pi \cdot P + Z_{\text{зп}} \approx 300 \text{ тыс. руб./сут.} \quad (3)$$

Ущерб от дополнительных затрат на содержание лесовозных дорог рассчитывается по формуле:

$$Y_{\text{в}} = l \cdot Z_{\text{од}}, \quad (4)$$

где  $Y_{\text{в}}$  – ущерб от дополнительных затрат на очистку лесных дорог, руб.;  $l$  – протяженность дороги, км;  $Z_{\text{од}}$  – затраты на очистку одного км дороги от снега, руб./км, что в среднем по области, по данным коммерческих предложений организаций, оказывающих услуги спецтехники, составляет 150 руб./км. Отметим, что в представленной работе расценки имеют усредненное значение и требуют дополнительного более детального экономического анализа применительно для конкретных условий заготовки (удаленность, степень доступности, площадь делянок, используемая техника и пр.).

Говоря о рисках лесопользования, нужно заметить, что ряд современных методик анализа риска основывается на таких популярных измерителях, как вероятность и последствия, а также на различных комбинациях этих характеристик [Акимов и др., 2004]. Вероятность события для опасных природно-климатических явлений, как правило, определяется через частоту проявления этих событий. Вероятностный метод анализа риска позволяет обеспечить приемлемую достоверность получаемых результатов при условии последующей тенденции опасных природных процессов. Дополнительная оценка величины ущерба, наносимого этими опасными событиями, позволяет рассчитать материальные потери, интерпретируемые в денежном эквиваленте. Отсюда вытекают две главные составляющие анализа риска – частота проявления опасных событий

(их вероятность) и величина возможного материального ущерба.

Риск-анализ лесопользования основывается на определении вероятностной функции распределения величины возможных ущербов от каждого вида опасностей и комплексного анализа полученных зависимостей, т.е. зависимостей числа дней с опасным явлением и вероятности их проявления. При этом если опасное явление наблюдается ежегодно не менее  $k$  раз, то данному значению  $k$  будет соответствовать вероятность 100%; аналогично рассчитывается вероятность для всех возможных значений числа дней с опасностью:

$$p = N_k / N, \quad (5)$$

где  $p$  – вероятность того, что в году будет наблюдаться  $k$  дней с опасным явлением;  $N_k$  – число лет, в которые наблюдается  $k$  дней с опасным явлением,  $N$  – общее число лет наблюдений.

Исходя из повторяемости опасного явления и среднего значения ущерба в день, вычисляются значения возможных ущербов, т.е. каждое значение числа дней с опасностью умножается на 300 тыс. руб./сут, в случае, если опасность ведет к простоя лесозаготовительной техники; если опасное явление приводит к нарушению транспортной доступности делянок, то число дней с опасностью умножается на 150 руб./км и на протяженность лесных дорог. Функция распределения вероятности представляется в табличном виде, где отражена информация о том, с какой вероятностью можно ожидать определенные значения ущербов.

Некоторые авторы [Ваганов, Ман-Сунг Им, 2001], вводя определения риска, предлагают рассматривать его как произведение вероятности возникновения опасного события на возможный ущерб от этого события. Полученные значения рисков имеют менее вариабельный характер, их максимальные значения можно рассматривать как наиболее оптимальные величины для принятия управленческих решений для минимизации ущербов.

Таким образом, на заключительном этапе проводится комплексный анализ распределения вероятностей возможных ущербов и рисков от всех опасностей, включенных в анализ, на основе которого можно делать выводы о целесообразности заготовки древесины, особенно для отдаленных и труднодоступных районов, но имеющих высокий лесоресурсный потенциал.

### Результаты исследования

В рамках данного исследования показано, что в целом по области наблюдается высокая степень рисков для сферы лесопользования от влияния опасных природно-климатических процессов зимнего периода. Отмечается общая тенденция роста проявления опас-



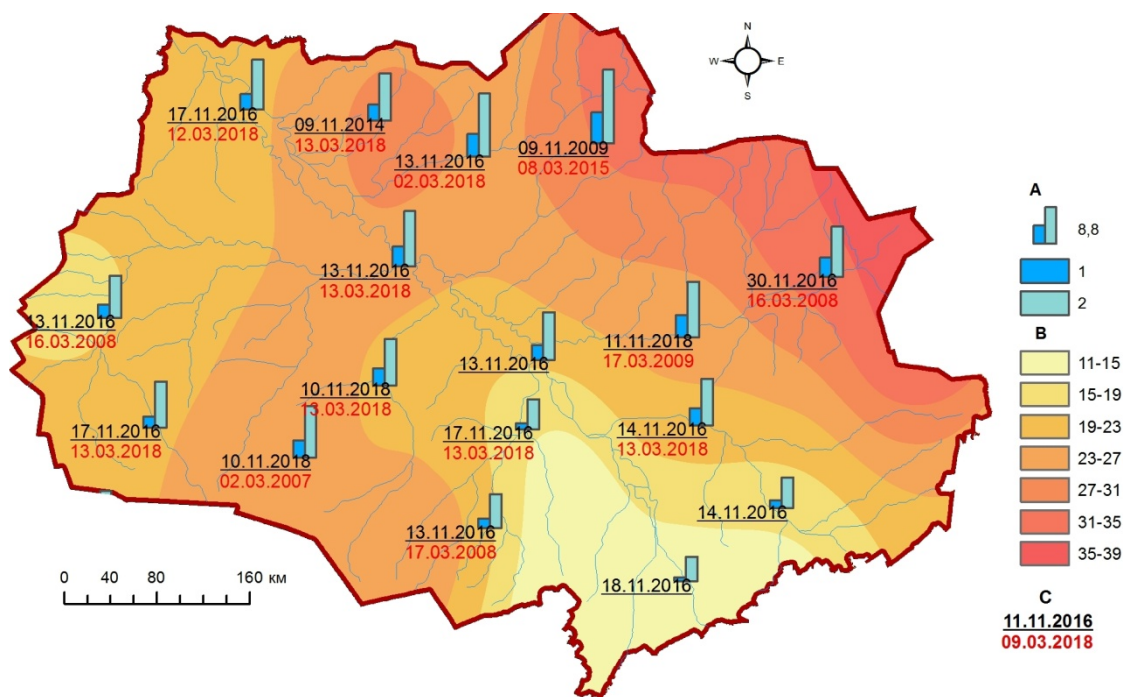
ных процессов, однако, по мнению [Игнатьева, Кнауф, 2020], для Томской области риск перехода опасных природных явлений в чрезвычайные ситуации слабый.

Рассматривая показатели опасных метеорологических явлений, предлагаемых Росгидрометом, можно отметить, что аномально холодная погода наблюдается на территории области не ежегодно. Наиболее неблагоприятным в этом отношении является север и северо-восток области, здесь за исследуемый период вероятность наступления аномально холодной погоды составляет более 60 %. Например, на станции Ванжиль-Кынак в зимний сезон 2005–2006 гг. было зафиксировано пять таких случаев. В центральной части области эта вероятность составляет порядка 20 %, а на юге только 13 %. Такое опасное явление, как сильный мороз, происходит несколько реже, чем аномально холодная погода, но имеет схожее временное и пространственное распределение. Наряду с Александровским районом сильные морозы часто фиксируются в Каргасокском и северо-восточной части Верхнекетского районах (рис. 1). В отдельные годы они могут продолжаться непрерывно до 22 дней.

Опасные явления, связанные с ветровой активностью, в Томской области также наблюдаются не каж-

дый год, и наиболее неблагоприятным в этом отношении является период с середины апреля по июнь. За исследуемый временной промежуток в зимний период года ветра с порывами более 25 м/с или средней скоростью более 20 м/с зарегистрировано не было. Для некоторых метеостанций в отдельные годы фиксировались единичные случаи с порывами ветра более 20, но менее 25 м/с, что не достигает критерия опасности, определенных Росгидрометом. Как правило, с такой силой ветер наблюдается на территории области в феврале и марте.

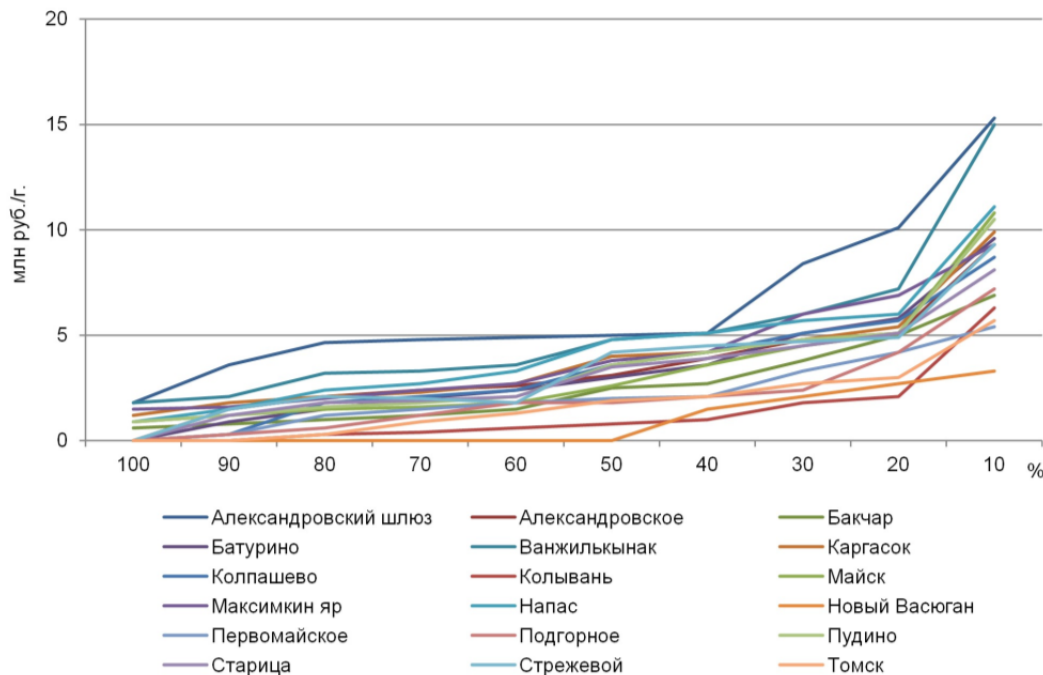
Анализируя такой основной показатель для оценки рисков лесопользования, вызванных морозами, как температура воздуха ниже  $-35^{\circ}\text{C}$ , можно отметить, что эта температура наблюдается ежегодно почти на всей исследуемой территории, но с разной вероятностью. Так, на юге области вероятность составляет 79 %, тогда как на северо-востоке она соответствует 100 %, здесь ежегодно наблюдается не менее 6 дней в году с такой температурой. С учетом вероятности и возможных значений ущерба от простоя лесозаготовительной техники, получено, что в Александровском, Верхнекетском и Каргасокском районах ежегодно с вероятностью 100 % минимальные значения недополученной прибыли составляют 1,8; 1,5 и 1,2 млн руб. соответственно (рис. 2).



**Рис. 1. Пространственное распределение среднего числа дней с морозами по территории Томской области за период 2005–2019 гг.**

*A* – среднегодовые значения дней с морозами 1) ниже  $-40^{\circ}\text{C}$ ; 2) ниже  $-35^{\circ}\text{C}$ . *B* – среднегодовые значения дней с морозами ниже  $-30^{\circ}\text{C}$ . *C* – даты самых ранних и самых поздних морозов  $-30^{\circ}\text{C}$  с ноября по март за исследуемый период

**Fig. 1. Spatial distribution of the average number of days with frosts across the Tomsk Oblast for years 2005–2019**  
*A* – average annual numbers of days with frosts 1) below  $-40^{\circ}\text{C}$ ; 2) below  $-35^{\circ}\text{C}$ . *B* – average annual numbers of days with frosts below  $-30^{\circ}\text{C}$ . *C* – the dates of the earliest and latest frosts  $-30^{\circ}\text{C}$  from November to March for the study period



**Рис. 2. Изменение величины недополученной прибыли от простоя лесозаготовительной техники в результате низких температур в зависимости от вероятности их наступления**

**Fig. 2. Variability of lost profit resulting from the logging equipment downtime due to the probability of low temperatures**

Максимальные возможные размеры недополученной прибыли также приходится на север области и могут превышать 15 млн руб./год, при этом вероятность возникновения таких потерь составляет 10 %. На юге области (Кожевниковский, Томский районы) данные показатели значительно ниже: минимальные ущербы здесь составляют 0,3 млн руб. и могут ожидаться с вероятностью менее 80 %, а максимальные – порядка 6 млн руб. с вероятностью 10 %. Важно подчеркнуть, что здесь и далее в расчетах данные по ущербам и рискам приводятся на один лесозаготовительный комплекс, если в заготовке участвует большее количество комплексов, то приведенные значения увеличиваются кратно. Исходя из того, что наибольшая заготовка древесины ведется в Верхнекетском, Первомайском и Томском районах области, анализ рисков для этих территорий представляет наибольший интерес.

Необходимо отметить, что эти районы области расположены в разных природно-климатических условиях и имеют неодинаковую степень доступности. Верхнекетский район, обладая значительными запасами древесно-сырьевых ресурсов (расчетная лесосека составляет 4302,5 тыс. м<sup>3</sup>) и располагаясь в средне-таежной подзоне таежной лесоболотной природной зоны, приравнивается к районам Крайнего Севера. Многие территории этого района не имеют круглогодичного сообщения с районным и област-

ным центрами. Зимой интенсивность работы некоторых лесозаготовительных компаний в сильной степени зависит от сроков эксплуатации ледовых переправ. Первомайский район также характеризуется довольно высокими значениями ежегодно допустимых объемов заготовки древесины (3 717,7 тыс. м<sup>3</sup>) и, находясь на юго-востоке области, наряду с Томским районом относится к южно-таежной подзоне. Климатические условия в зимний период Первомайского и Томского районов более благоприятны для ведения лесозаготовительных работ. При этом Томский район с объемом расчетной лесосеки в 1 686,6 тыс. м<sup>3</sup> с позиции транспортной доступности имеет самое выгодное положение.

Поскольку в этих трех районах наблюдается выраженная дифференциация природных условий и доступности, то ущербы при одних и тех же значениях вероятности в Верхнекетском районе в среднем в 2 раза превышают аналогичный показатель Первомайского района и в 2,5 раза – показатель Томского района. Функции распределения вероятностей недополученной прибыли от простоя лесозаготовительной техники, вызванной низкими температурами, представлены в табл. 1.

Если значения материального ущерба возрастают при уменьшении вероятности возникновения опасности, то величина рисков вычисляется как произведение вероятности и соответствующего

ущерба, и наибольшее значение имеет в пределах вероятности от 50 до 60 %. Это объясняется тем, что максимальные значения рисков показывают наиболее возможную величину недополученной прибыли: для Верхнекетского района – 1,9 млн руб., для Первомайского – 1,08, для Томского – 0,95 млн руб.

Другой немаловажный рискоформирующий климатический фактор для лесопользования в зимний период связан с ветровой активностью. Проанализировав показатель количества дней с порывами ветра более 15 м/с, можно говорить о том, что данное явление ежегодно и повсеместно случается на территории области, за исключением станции Томск (рис. 3).

Таблица 1  
Распределение значений недополученной прибыли и рисков от простоя лесозаготовительной техники, вызванных низкими зимними температурами

Table 1

Distribution of lost profit and risks from the logging equipment downtime due to low winter temperatures

| Район         | Вероятность, %       | 100   | 90    | 80    | 70    | 60           | 50           | 40    | 30    | 20    | 10    |
|---------------|----------------------|-------|-------|-------|-------|--------------|--------------|-------|-------|-------|-------|
| Верхнекетский | Ущерб, тыс. руб./год | 1 500 | 1 600 | 2 000 | 2 400 | 2 700        | 3 800        | 4 200 | 6 000 | 6 900 | 9 300 |
|               | Риск, тыс. руб./год  | 1 500 | 1 440 | 1 600 | 1 680 | 1 620        | <b>1 900</b> | 1 680 | 1 800 | 1 380 | 930   |
| Первомайский  | Ущерб, тыс. руб./год | –     | 300   | 1 200 | 1 500 | 1 800        | 2 000        | 2 100 | 3 300 | 4 200 | 5 400 |
|               | Риск, тыс. руб./год  | –     | 270   | 960   | 1 050 | <b>1 080</b> | 1 000        | 840   | 990   | 840   | 540   |
| Томский       | Ущерб, тыс. руб./год | –     | –     | 300   | 900   | 1 300        | 1 900        | 2 100 | 2 700 | 3 000 | 5 700 |
|               | Риск, тыс. руб./год  | –     | –     | 240   | 630   | 780          | <b>950</b>   | 840   | 810   | 600   | 570   |

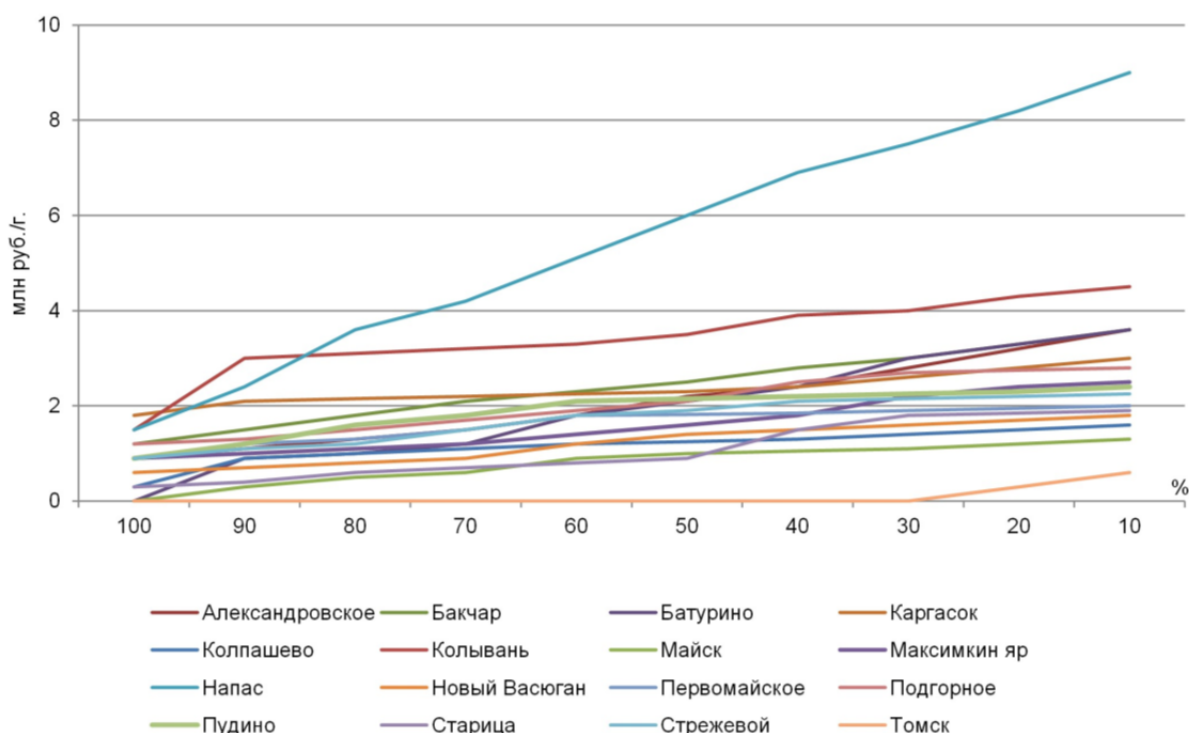


Рис. 3. Изменение величины недополученной прибыли от простоя лесозаготовительной техники в результате сильных ветров в зависимости от вероятности их наступления

Fig. 3. Variability of the lost profit resulting from the logging equipment downtime due to the probability of strong winds

Таблица 2

Распределения значений недополученной прибыли и рисков от простоя лесозаготовительной техники, вызванных сильными ветрами

Table 2

Distribution of lost profit and risks from the logging equipment downtime due to strong winds

| Район         | Вероятность, %        | 100 | 90         | 80    | 70    | 60           | 50    | 40    | 30    | 20        | 10    |
|---------------|-----------------------|-----|------------|-------|-------|--------------|-------|-------|-------|-----------|-------|
| Верхнекетский | Ущерб, тыс. руб./ год | 900 | 1 000      | 1 100 | 1 200 | 1 400        | 1 600 | 1 800 | 2 200 | 2 400     | 2 500 |
|               | Риск, тыс. руб./ год  | 900 | <b>900</b> | 880   | 840   | 840          | 800   | 720   | 660   | 480       | 250   |
| Первомайский  | Ущерб, тыс. руб./ год | 900 | 1 200      | 1 300 | 1 500 | 1 800        | 1 820 | 1 850 | 1 900 | 1 950     | 2 000 |
|               | Риск, тыс. руб./ год  | 900 | 1 080      | 1 040 | 1 050 | <b>1 080</b> | 910   | 740   | 570   | 390       | 200   |
| Томский       | Ущерб, тыс. руб./ год | —   | —          | —     | —     | —            | —     | —     | —     | 300       | 600   |
|               | Риск, тыс. руб./ год  | —   | —          | —     | —     | —            | —     | —     | —     | <b>60</b> | 60    |

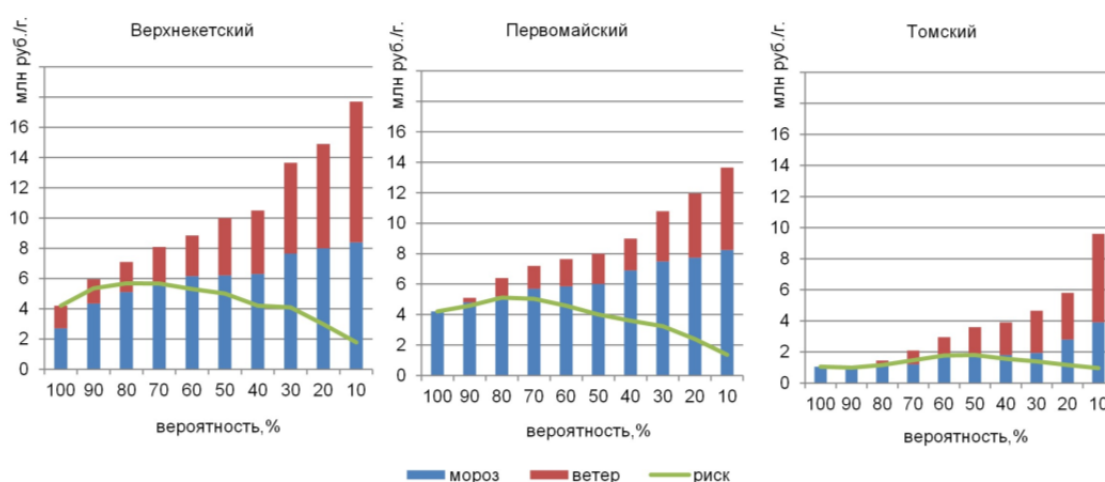


Рис. 4. Суммарные значения недополученной прибыли и рисков от простоя лесозаготовительной техники по трем районам Томской области с наиболее развитым лесодобывающим сектором

Fig. 4. Total amounts of lost profit and risks from the logging equipment downtime in three districts of Tomsk Oblast with the most developed forestry sector

На станции Томск вероятность возникновения данного неблагоприятного события в зимний сезон составляет лишь 20 %, что характеризует эту территорию по данному показателю как преимущественно благоприятную. Наибольшее число дней с порывами ветра более 15 м/с зафиксировано на территории, расположенной на границе с Новосибирской областью и находящейся в лесостепной зоне, здесь ежегодно наблюдается не менее пяти случаев. Высокая ветровая активность свойственна и северной части области (Александровскому и Каргасокскому районам), а также территориям, расположенным вдоль крупных рек области (Обь, Чулым). Данные представленного анализа по пространственному распределению ветровой активности согласуются с результатами коллег из Томского государственного университета, исследовавших наиболее опасные для области метеорологические явления [Евсеева, Ромашова, 2011].

Среди выделенных трех районов с наиболее развитой лесозаготовительной деятельностью примерно одинаковые ущербы от недополученной прибыли в результате воздействия сильных ветров приходятся на Первомайский и Верхнекетский районы. Здесь ежегодно наблюдается не менее трех случаев, а наибольшее число дней в году с сильными ветрами почти идентично: в Верхнекетском районе – 11 дней, в Первомайском – 10. Однако риск в Первомайском районе (1,08 млн руб./год) незначительно, но выше, чем в Верхнекетском (0,9 млн руб./год), что объясняется большей частотой встречаемости – 4–5 случаев с ветром более 15 м/с в год (табл. 2).

Суммарные риски от простоя лесозаготовительной техники могут достигать 5,7 млн руб./год для Верхнекетского района, 5,1 млн руб./год для Первомайского и 1,8 млн руб./год – для Томского района. При этом максимальные значения рисков в Верхнекетском и Первомайском районах наблюдаются при

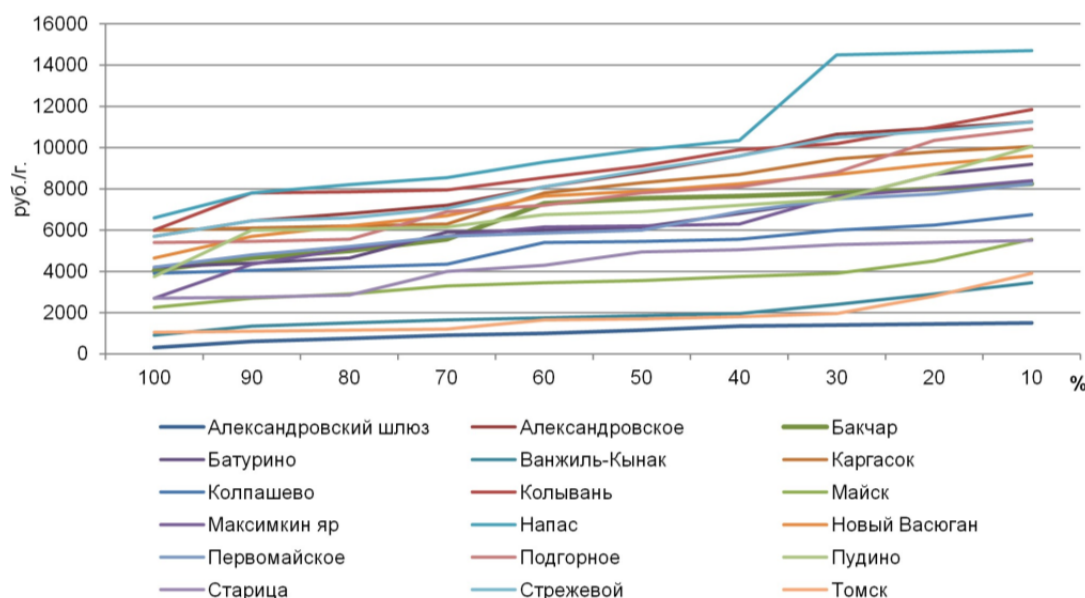


достаточно высокой вероятности, составляющей 80 %, в Томском районе – при 60 % (см. рис. 4). Из графиков видно, что ежегодный риск, случающийся при вероятности 100 %, соответствует наименьшему значению ущерба и составляет 4,2 млн руб./год для Верхнекетского и Первомайского районов и 1,05 млн руб./год – для Томского.

Заготовка древесины почти по всей области проводится на отдаленных и труднодоступных лесных территориях, и отсюда особо актуальным становится вопрос прокладки и содержания лесных дорог, зимников до лесозаготовительных деланок. Наиболее часто встречаемым на территории области негативным природным фактором, нарушающим их бесперебойное функционирование, являются метели. Согласно данным томских ученых о повторяемости метелей в Томской области [Журавлев и др., 2019] в среднем на территории региона ежегодно наблюдается до 30 дней с этим явлением. Вместе с тем авторы отмечают значительное снижение опасного природно-климатического явления – за указанный период число метелей уменьшилось в 3–5 раз. За 50-летний период наблюдений наибольшие среднеемноголетние значения числа дней с метелями варьируют от 20 до 30 дней в году и приходятся на станции Каргасок, Александровское, Колпашево, Первомайское и Тегульдэт. Для основных лесозаготовительных районов наиболее высокие значения рисков от воздействия метелей характерны для Первомайского района, затем идут Верхнекетский и Томский районы.

Немаловажным показателем природной опасности, ведущей к ущербам от дополнительных затрат на содержание лесовозных дорог, является также показатель дней с ветром с порывами более 10 м/с. Анализ повторяемости таких случаев показал, что на территории области в зимний период они происходят ежегодно от 7 до 26 случаев на юге области и от 44 до 98 случаев – на северо-востоке, в районе метеостанции Напас (рис. 5). Расчеты показали, что ежегодные дополнительные затраты на содержание лесных дорог на единицу длины колеблются по территории области довольно существенно: от 1,01 до 6,6 тыс. руб. Наиболее неблагоприятными в этом отношении являются не только северные (Александровский и Каргасокский районы), но и более южные территории (Бакчарский и Кожевниковский районы).

Результаты оценки ущербов и рисков по данному показателю в трех репрезентативных районах представлены в табл. 3. Видно, что значения по Верхнекетскому и Первомайскому району сопоставимы между собой и имеют незначительные отличия по максимальной величине рисков и составляют 4,08 и 4,32 тыс. руб./км соответственно. По Томскому району значения ниже, что объясняется в целом слабой ветровой активностью, фиксируемой на метеостанции Томск. Такие низкие показатели некоторые авторы объясняют влиянием увеличения защищенности ветроизмерительных приборов вследствие роста деревьев и высотной застройкой окружающей территории [Журавлев и др., 2019].



**Рис. 5. Изменение величины дополнительных затрат на содержание лесовозных дорог при нарушении условий транспортировки в результате неблагоприятных погодных условий в зависимости от вероятности их наступления**

**Fig. 5. Variability of additional costs required for the hauling roads maintenance depending on the probability of adverse weather conditions**

Таблица 3

Распределение величины ущерба и рисков от нарушений условий вывозки древесины, вызванных сильными порывистыми ветрами

Table 3

Distribution of material damage and risks arising from the disruption of timber hauling conditions caused by strong gusty winds

| Район         | Вероятность, %        | 100   | 90           | 80           | 70    | 60         | 50    | 40    | 30    | 20    | 10    |
|---------------|-----------------------|-------|--------------|--------------|-------|------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Верхнекетский | Ущерб, руб./год на км | 2 700 | 4350         | 5 100        | 5 700 | 6 150      | 6 200 | 6 300 | 7 650 | 8 000 | 8 400 |
|               | Риск, руб./год на км  | 2 700 | 3 915        | <b>4 080</b> | 3 990 | 3 690      | 3 100 | 2 520 | 2 295 | 1 600 | 840   |
| Первомайский  | Ущерб, руб./год на км | 4 200 | 4 800        | 5 200        | 5 700 | 5 850      | 6 000 | 6 900 | 7 500 | 7 750 | 8 250 |
|               | Риск, руб./год на км  | 4 200 | <b>4 320</b> | 4 160        | 3 990 | 3 510      | 3 000 | 2 760 | 2 250 | 1 550 | 825   |
| Томский       | Ущерб, руб./год на км | 1 050 | 1 100        | 1 150        | 1 200 | 1 650      | 1 700 | 1 800 | 1 950 | 2 800 | 3 900 |
|               | Риск, руб./год на км  | 1 050 | 990          | 920          | 840   | <b>990</b> | 850   | 720   | 585   | 560   | 390   |

Анализ рисков лесопользования в зимний период года для Томской области включает в себя помимо расчетов по морозам, сильным ветрам и метелям такой показатель, как доступность к освоению лесоресурсной базы региона. Этот показатель включает в себя несколько составляющих: протяженность дорог с разным типом покрытия, количество мостов, зимние переправы, тип ландшафта, геоморфологические особенности и т.д. [Мельник, Волкова, 2017]. Для зимнего периода наиболее важным показателем выступает период продолжительности функционирования зимников и ледовых переправ. Степень рисков, связанных с ним, зависит от густоты речной сети и определяется погодными условиями. По данным МЧС, на территории Томской области ежегодно вводятся в эксплуатацию порядка 90 наплавных мостов и ледовых переправ, сроки их функционирования напрямую влияют на продолжительность ведения лесозаготовительных работ на делянках, расположенных на другом берегу многочисленных рек. Так, например, основная доля лесоресурсного потенциала Верхнекетского района находится на правом берегу р. Кеть, через которую ежегодно строится шесть ледовых переправ. В отдельных случаях для обеспечения доступности лесных делян требуется строительство нескольких ледовых переправ, что значительно увеличивает риски лесопользования.

Анализ функционирования зимников и ледовых переправ показал значительные колебания как по срокам их открытия и закрытия, так и по продолжительности действия. За последнее десятилетие самым неблагоприятным был зимний сезон 2013–2014 гг. – отсутствие низких температур, необходимых для строительства переправ, длилось до середины января 2014 г. В этот год на всей территории области наблюдалось сокращение действия зимников на 25–45 дней по сравнению со среднемноголетними

значениями. Такая ситуация способна увеличить недополученную прибыль лесозаготовительных предприятий в дополнение к основным видам ущерба на сумму от 7,5 до 13,5 млн руб. в год. Ситуация зимнего периода 2019–2020 гг. также была крайне неблагоприятной – ледовые переправы закрылись значительно раньше среднемноголетних сроков. Например, через переправы р. Кеть 15 марта уже был ограничен тоннаж и запрещено передвижение лесовозов, а в первых числах апреля переправы были полностью закрыты (рис. 6).

Комплексная оценка рисков зимнего лесопользования является заключительным пунктом процедуры риск-анализа и проводится по предлагаемой методике на основе развернутой подробной информации для фактического лесозаготовительного участка. При этом требуемыми дополнительными данными для расчетов выступают следующие показатели: ежегодный объем пользования, протяженность лесовозных дорог, количество ледовых переправ, тип используемой техники и т.д. Особо стоит подчеркнуть, что итоговая комплексная оценка не может быть получена как прямое суммирование всех ущерба и рисков, поскольку величина недополученной прибыли от простоя лесозаготовительной техники в результате неблагоприятных явлений рассчитывалась для всего зимнего сезона и измерялась в тыс. руб./год, а дополнительные затраты на вывозку вычислялись на 1 км дороги и измерялись в руб./год на километр. Каждый конкретный случай достаточно индивидуален. В связи с этим как пример показаны сводные значения ущерба и рисков, рассчитанные по предлагаемой методике для лесозаготовительных делянок, расположенных в разных районах Томской области, но условно равноудаленных от основных транспортных артерий на 50 км при работе одного лесопромышленного комплекса (табл. 4).



Рис. 6. Ледовые переправы через р. Кеть 04.04.2020 г.

Fig. 6. Ice-crossings over the River Ket 04.04.2020

Таблица 4

Распределения суммарных значений недополученной прибыли и рисков, вызванных опасными для лесозаготовительной деятельности природными процессами

Table 4

Distribution of total amounts of lost profit and risks from caused by natural hazards for the timber harvesting activities

| Район         | Вероятность, %       | 100   | 90       | 80    | 70      | 60             | 50           | 40    | 30       | 20      | 10      |
|---------------|----------------------|-------|----------|-------|---------|----------------|--------------|-------|----------|---------|---------|
| Верхнекетский | Ущерб, тыс. руб./год | 2 535 | 2 817,5  | 3 355 | 3 885   | 4 407,5        | 5 710        | 6 315 | 8 582,5  | 9 700   | 12 220  |
|               | Риск, тыс. руб./год  | 2 535 | 2 535,75 | 2 684 | 2 719,5 | 2 644,5        | <b>2 855</b> | 2 526 | 2 574,75 | 1 940   | 1 222   |
| Первомайский  | Ущерб, тыс. руб./год | 1 110 | 1 740    | 2 760 | 3 285   | 3 892,5        | 4 120        | 4 295 | 5 575    | 6 537,5 | 7 812,5 |
|               | Риск, тыс. руб./год  | 1 110 | 1 566    | 2 208 | 2 299,5 | <b>2 335,5</b> | 2 060        | 1 718 | 1 672,5  | 1 307,5 | 7 81,25 |
| Томский       | Ущерб, тыс. руб./год | 52,5  | 55       | 357,5 | 960     | 1 382,5        | 1 985        | 2 190 | 2 797,5  | 3 440   | 6 495   |
|               | Риск, тыс. руб./год  | 52,5  | 49,5     | 286   | 672     | 829,5          | <b>992,5</b> | 876   | 839,25   | 688     | 649,5   |

Результаты комплексной оценки выбранного для исследования действующего модельного участка – лесного квартала № 412 Верхнекетского лесничества Лисицинского участкового лесничества Лисицинского урочища, также хорошо демонстрируют структуру суммарных рисков. Лесной квартал № 412 располагается на правом берегу р. Кеть, в 45 км от железнодорожной станции Белый Яр, куда поступает заготовленная древесина для дальнейшей транспортировки. Дорога состоит из участков с разным дорожным полотном и геоморфологическими условиями местности: 9 км она идет по пойме, более 1 км – по болоту, 10 км приходится на зимник, 20 км на гравийную дорогу по лесному массиву и 5 км дороги имеет асфальтовое покрытие в окрестностях п. Белый Яр. Дорога пересекает русла рек Широковская Анга, Карбинская Анга и Кеть.

Расчет рисков лесопользования, связанный с дополнительными затратами на содержания дорог до лесного квартала, рассчитывается как произведение

протяженности дороги вне населенных пунктов (40 км) на ранее полученные значения соответствующего показателя рисков для Верхнекетского района (4 080 руб./км). Другая составляющая представлена величиной рисков от простоя лесозаготовительной техники. Так для района, где расположен модельный участок, она равна 4,2 млн руб. Поскольку дорога до квартала пересекает русла рек, это предопределяет наличие третьей компоненты в общей структуре рисков, которая отвечает за сокращение сроков действия ледовых переправ и, как следствие, вывозки древесины. В итоге суммарное значение рисков для данного лесного квартала будет составлять 9,36 млн руб./год. Из этой суммы основная доля приходится на риски, вызванные сокращением действия ледовых переправ и зимников, далее следуют риски, связанные с простоями техники и на последнем месте стоят риски, обусловленные дополнительными вложениями на содержание дорог.

### Обсуждение

Региональная оценка распределения вероятностей рисков зимнего периода от воздействия каждого вида из представленных в данной работе опасных природных процессов дает основание говорить о том, что для многих лесодобывающих районов Томской области величина рисков довольно высока и может достигать нескольких миллионов рублей. При существующем низком уровне развития транспортной инфраструктуры, особенно в северных районах области, величина возможных материальных ущербов еще больше увеличивается. Соответственно, эффективность работы лесозаготовительных предприятий, деятельность которых происходит в отдаленных и труднодоступных районах, будет достаточно низкой.

Для территорий с высоким древесно-сырьевым потенциалом, даже при существовании ряда рискформирующих факторов, выбор возможных участков для лесозаготовки остается за самой компанией. И в этом случае наличие полной и достоверной информации о возможных природно-климатических опасностях и рисках способствует адекватному принятию наиболее эффективной стратегии их преодоления. Знание и анализ опасных и неблагоприятных процессов в их динамике позволяют заранее разрабатывать превентивные меры защиты, сокращая экономические потери в ходе эксплуатации лесных ресурсов.

Представленная в статье методика оценки рисков лесопользования в зимний период может быть применена как в региональном масштабе для сравнения условий лесозаготовительной деятельности по районам области, так и на локальном уровне, для оценки достоверной величины возможных потерь на конкретных участках. Выделенный в работе перечень опасных и неблагоприятных явлений для лесопользования в зимний период и разработанные для них региональная система критериев опасности и методика их оценки помогают просчитать возможные риски, а также составить рекомендации для уменьшения потерь в лесном секторе. Предлагаемые методологические подходы, выводы и рекомендации, апробированные на примере Томской области, на практике могут быть использованы для региональных и федеральных служб лесного хозяйства, представлять интерес для частного бизнеса лесозаготовительного сектора.

### Заключение

Подводя итоги, можно отметить следующее:

1. Основная группа природных опасностей для сферы лесопользования в течение зимнего периода на территории Томской области связана с сильными морозами, метелями и сильными ветрами, сокраще-

нием периода эксплуатации ледовых переправ и зимников. Наибольшее влияние этих негативных факторов испытывает лесозаготовительная деятельность из-за простоя техники и нарушения условий вывоза древесины. В целом по области пространственное распределение степени природных рисков увеличивается с юга на север и северо-восток и зависит не только от природных факторов, но и от доступности древесных ресурсов. Отсюда ущербы при одних и тех же значениях вероятности могут отличаться почти в 2 раза.

2. От воздействия низких зимних температур ежегодные минимальные значения недополученной прибыли при расчетах только на один лесозаготовительный комплекс на севере и северо-востоке области с вероятностью 100 % составляют от 1,2 до 1,8 млн руб., максимально возможные размеры могут превышать 15 млн руб., при этом вероятность возникновения таких потерь составляет 10 %. В более южных районах эти показатели значительно ниже: минимальные ущербы здесь составляют 0,3 млн руб. и могут ожидаться с вероятностью менее 80 %, а максимальные достигают порядка 6 млн руб. с вероятностью 10 %.

3. Величина ущербов от недополученной прибыли от простоя лесозаготовительной техники, наносимых сильными ветрами более 15 м/с, несколько ниже, чем от морозов. Для основных лесозаготовительных районов примерно одинаковые значения ущербов приходится на Первомайский и Верхнекетский районы. При этом риск при вероятности 90 % в Первомайском районе (1,08 млн руб./год) незначительно, но выше, чем в Верхнекетском (0,9 млн руб./год), что объясняется большей частотой встречаемости случаев с сильными ветрами. Значения рисков от нарушений условий вывозки древесины по Верхнекетскому и Первомайскому районам сопоставимы между собой и имеют незначительные отличия по максимальной величине рисков и составляют 4,08 и 4,32 тыс. руб./км соответственно.

4. Для зимнего периода одним из важных дополнительных показателей при расчете рисков, в первую очередь для лесозаготовительной деятельности, выступает период продолжительности функционирования зимников и ледовых переправ. Следует отметить, что сроки функционирования ледовых переправ и зимников за последние 15 лет значительно варьируют из года в год. В целом отмечается сокращение длительности их эксплуатации, что главным образом связано с уменьшением значительной морозной фазы зимнего периода. Недополученная прибыль для лесозаготовительных предприятий, находящихся в отдаленных и труднодоступных районах, в дополнение к основным видам ущербов может исчисляться от 7,5 до 13,5 млн руб. в год.

5. Комплексная суммарная оценка рисков зимнего лесопользования проводится по предлагаемой методике на основе развернутой подробной информации для конкретного лесозаготовительного участка. Для полномасштабной картины рисков необходимо использовать дополнительную информацию, учитывая индивидуальные особенности

участка, такие, например, как ежегодный объем пользования, протяженность лесовозных дорог, число ледовых переправ, тип и количество используемой техники и т.д.

*Работа выполнена в рамках государственного задания ИМКЭС СО РАН № АААА-А17-117013050034-9.*

## ЛИТЕРАТУРА

- Акимов В.А., Лесных В.В., Радаев Н.Н.** Риски в природе, техносфере, обществе и экономике. М. : Деловой экспресс, 2004. 352 с.
- Ваганов П.А.** Человек. Риск. Безопасность. СПб., 2002. 160 с.
- Ваганов П.А., Ман-Сунг Им.** Экологический риск. СПб. : Изд-во СПб. ун-та, 2001. 152 с.
- Герасимов Ю.Ю., Сенькин В.А., Вяттайнен К.** Производительность харвестеров на сплошных рубках // Resources and Technology. 2012. № 9 (2). С. 82–93.
- Евсеева Н.С., Ромашова Т.В.** Опасные метеорологические явления как составная часть природного риска (на примере юга томской области) // Вестник Томского государственного университета. 2011. № 353. С. 199–204.
- Журавлев Г.Г., Горбатенко В.П., Тунаев Е.Л.** Метели на территории Томской области // Труды Главной геофизической обсерватории им. А.И. Воейкова. 2019. № 594. С. 137–151.
- Игнатьева А.В., Кнауб Р.В.** Природные условия развития чрезвычайных ситуаций на территории Сибирского федерального округа // Геосферные исследования. 2020. № 1. С. 66–77. DOI: 10.17223/25421379/14/5
- Каткова Т.Е.** Развитие теории и методов риск-менеджмента в лесном хозяйстве // Экономические науки. 2011. № 7(80). С. 68–72.
- Каткова Т.Е.** Риски в лесном хозяйстве: сущность и виды в современных условиях хозяйствования // Проблемы анализа риска. 2013. Т. 10, № 2. С. 30–37.
- Коршунов А.А., Шаймарданов М.З., Шаймарданова И.Л.** Гидрометеорологическая безопасность и устойчивое развитие экономики России для обслуживания потребителей: результаты статистического анализа опасных условий погоды // Труды ВНИИГМИ-МЦД. 2010. Вып. 174. URL: <http://meteo.ru/publications/112-trudy-vniigmi/349-trudy-vniigmi-mts-vypusk-174-2010-g> (дата обращения: 15.02.2020).
- Кочуров Б.И.** Экодиагностика и сбалансированное развитие. М. : Смоленск: Маджента, 2003. 384 с.
- Лесной план** Томской области на 2019–2020 годы. Томск, 2018. 102 с. URL: <https://deplens.tomsk.gov.ru/documents/front/view/id/11898> (дата обращения: 12.01.2020).
- Лукашевич В.М.** Обоснование периода работы лесосечных и лесотранспортных машин с учетом сезонности лесозаготовок. Петрозаводск : ПетрГУ, 2013. 105 с.
- Моисеев Н.А.** Экономическая оценка стихийных и техногенных воздействий на состояние и ресурсный потенциал лесных экосистем // Лесное хозяйство. 2009. № 6. С. 5–8.
- Мельник М.А., Волкова Е.С.** Комплексная характеристика факторов, лимитирующих транспортную доступность удаленных и труднодоступных территорий Томской области // Вестник Кемеровского государственного университета. Серия: Политические, социологические и экономические науки. 2017. № 4. С. 48–53.
- Мельник М.А., Волкова Е.С., Биссирова Э.М., Кривец С.А.** Оценка эколого-экономического ущерба лесопользованию, вызванного инвазией уссурийского полиграфа в темнохвойные экосистемы // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. 2018. № 225. С. 58–75. DOI: 10.21266/2079-4304.2018.225.58-75
- Мельник М.А., Мельник С.А.** Сильный ветер как опасный фактор для лесопользования в южно-таежной зоне Западной Сибири // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2016. Новосибирск : СГУГиТ, 2016. Т. 3, № 3. С. 105–109.
- Мохирев А.П., Горяева Е.В., Мохирев М.П., Ившина А.В.** Планирование сроков эксплуатации зимних лесовозных дорог на основе анализа статистики климатических данных // Лесотехнический журнал. 2018. № 2 (30). DOI: 10.12737/article\_5b2406187a0061.41499175
- Мохирев А.П., Позднякова М.О., Гудень Т.С.** Влияние природно-производственных факторов на транспортные затраты лесозаготовительного производства // Лесотехнический журнал. 2019. № 2. С. 107–117. DOI: 10.34220/issn.2222-7962/2019.2/12
- Осипов В.И.** Управление природными рисками // Вестник Российской Академии наук. 2010. Т. 80, № 4. С. 291–297.
- Перечень** и критерии опасных природных явлений, действующие на территории деятельности ФГБУ «Западно-Сибирское УГМС». URL: <http://www.meteo-nso.ru/pages/115> (дата обращения: 12.02.2020).
- Петров А.П., Мелниш А., Талияров А., Наслунд Б.-А., Густафсон М.** Управление лесами в переходной экономике (опыт реформ в России и странах Балтии) : учеб. пособие. Пушкино : Техно-Лайт, 2001. 159 с.
- Петров В. Н.** Организация, планирование и управление в лесном хозяйстве : учеб. пособие. СПб. : Наука, 2010. 416 с.
- Сабиров А.А.** Проблемы страхования рисков в сельском и лесном хозяйствах от стихийных бедствий // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2014. Т. 9, № 4 (34). С. 51–52.
- Фарбер С.К., Соколов В.А., Баранчиков Ю.Н., Кондаков Ю.П.** Оценка потери древесины от вспышки сибирского шелкопряда в 90-х годах XX века // Лесная таксация и лесоустройство. 2003. Вып. 1 (32). С. 138–142.
- Филандышева Л.Б., Сорока А.С.** Изучение ритмов зимнего сезона на юго-западе Западно-Сибирской равнины в свете глобальных изменений климата // Вестник Тамбовского университета. Серия: Естественные и технические науки. 2013. Т. 18, № 2. С. 710–714.
- Шальнев А.С., Алексеев А.В., Хакимуллин А.Р., Леонтьев Э.В.** Экономические аспекты анализа рисков в лесном хозяйстве // Труды Санкт-Петербургского научно-исследовательского института лесного хозяйства. 2016. № 1. С. 31–40. DOI: 10.21178/2079-6080.2016.3.28



**Шихов А.Н.** Оценка последствий стихийных природных явлений для лесных ресурсов Пермского края по многолетним рядам данных космической съемки // *Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса*. 2014. Т. 11, № 1. С. 21–29.

**Шегельман И.Р., Скрыпник В.И., Галактионов О.Н.** Техническое оснащение современных лесозаготовок. СПб.: ПРОФИ-ИНФОРМ, 2005. 344 с.

**Aukema J.E., Leung B., Kovacs K., Chivers C., Britton K.O., Englin J., Frankel S.J., Haight R.G., Holmes T.P., Liebhold A.M., McCullough D.G., Von Holle B.** Economic impacts of non-native forest insects in the continental United States // *PLoS one*. 2011. V. 6. Iss. 9. P. 1–7.

**Blennow K., Andersson M., Sallnäs O., Olofsson E.** Climate change and the probability of wind damage in two Swedish forests // *Forest Ecology and Management*. 2010. V. 259. Iss. 4. P. 818–830. DOI: 10.1016/j.foreco.2009.07.004

**Brunette M., Holec J., Sedliak M., Tucek J., Hanewinkel M.** An actuarial model of forest insurance against multiple natural hazards in fir (*Abies Alba Mill.*) stands in Slovakia // *Forest Policy and Economics*. 2015. V. 55. P. 46–57.

**Kenis M., Auger-Rosenberg M.-A., Roques A., Timms L., Péré C., Cock M.J.W., Setelle J., Augustin S., Lopez-Vaamonde C.** Ecological effects of invasive alien insects // *Biological Invasions*. 2009. V. 11. Iss. 9. P. 21–45.

**Naderpour M., Mojaddadi Rizeei H., Khakzad N., Pradhan B.** Forest fire induced Natech risk assessment: A survey of geospatial technologies // *Reliability Engineering & System Safety*. 2019. V. 106558. DOI: 10.1016/j.ress.2019.106558

**Neale T., Weir J.K., McGee T.K.** Knowing wildfire risk: Scientific interactions with risk mitigation policy and practice in Victoria, Australia // *Geoforum*. 2016. V. 72. P. 16–25.

**Nilsson C., Stjernquist I., Barring L., Schlyter P., Jönsson A.M., Samuelsson H.** Recorded storm damage in Swedish forests 1901–2000 // *Forest Ecology and Management*. 2004. V. 199. Iss. 1. P. 165–173. DOI: 10.1016/j.foreco.2004.07.031

**Peltola H., Ikonen V. P., Gregow H., Strandman H., Kilpeläinen A., Venäläinen A., Kellomäki S.** Impacts of climate change on timber production and regional risks of wind-induced damage to forests in Finland // *Forest Ecology and Management*. 2010. V. 260. Iss. 5. P. 833–845. DOI: 10.1016/j.foreco.2010.06.001

#### Авторы:

**Мельник Мария Алексеевна**, кандидат географических наук, научный сотрудник, лаборатория самоорганизации геосистем, Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН, Томск, Россия.

E-mail: melnik-m-a@yandex.ru

**Волкова Елена Сергеевна**, кандидат географических наук, старший научный сотрудник, лаборатория самоорганизации геосистем, Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН, Томск, Россия.

E-mail: elevolko@yandex.ru

**Мельник Сергей Андреевич**, кандидат биологических наук, доцент, кафедра лесного хозяйства и ландшафтного строительства, Национальный исследовательский Томский государственный университет, Томск, Россия.

E-mail: melnik-sergej@yandex.ru

*Geosphere Research*, 2020, 4, 68–83. DOI: 10.17223/25421379/17/6

M.A. Melnik<sup>1</sup>, E.S. Volkova<sup>1</sup>, S.A. Melnik<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Institute of Monitoring of Climatic and Ecological Systems of the Siberian Branch of the RAS, Tomsk, Russia*

<sup>2</sup>*National Research Tomsk State University, Tomsk, Russia*

#### RISKS IN FOREST MANAGEMENT DEPENDING ON HAZARDOUS NATURAL PROCESSES IN WINTER PERIOD

In recent years, natural hazards have been noted with increased frequency throughout Western Siberia, having direct and indirect impacts on all types of environmental management, including forest management. The main type of forest management activities is timber harvesting, which brings a substantial part of income to federal and regional budgets. It is usually conducted in hard-to-reach taiga areas and involves significant natural risks. *Environmental risks* can be defined as probabilities of hazardous natural events leading to significant material losses. Such probabilities are calculated based on the actual frequency of hazardous events related to the probability of their occurrence. Risk analysis, conducted in this work, includes feasibility studies for various types of hazards, their probability calculation, and assessment of the resulting possible material damage to the forest management activities during winter periods. The purpose of the study is to offer a method of risk assessment for the timber harvesting activities during winter periods, based on the analysis of meteorological data and normalized monetary losses resulting from the impact of natural hazards.

The frequency analysis of natural hazards was done based on the factors having the greatest influence on the forestry sector: frost, strong winds, windstorms, duration of ice-crossing periods. The approach was tested for the Tomsk Oblast, which presents a classic example of a region with a high wood-resource potential and intensive timber harvesting conducted in severe climatic conditions. Information and analytical base for the calculations is comprised of the data collected by 18 meteorological stations and 86 ice-road stations located on the region's territory. The material damage to forest management from hazardous natural events was calculated for the following two factors: the damage from the logging equipment downtime and the damage from additional costs required for the hauling roads maintenance. The possible risks values were calculated based on the probability of hazardous events and estimated amount of the resulting damage.

The study has shown that, as a rule, the risks for forest management are increasing during the winter periods. In such conditions, considering the present levels of the transportation infrastructure development, the amounts of possible material damage can be very large. The main types of risks include shortening of the ice-roads operation periods and large number of days with frost, snowstorms and strong winds. All of these factors can vary significantly from year to year. Territorial differences in the amount of risks are also significant and depend not only on natural factors, but also on the proximity of wood resources. The highest levels of risks are noted in the northern and north-eastern parts of the Tomsk Oblast.

The article outlines the results of risk assessment conducted for the areas with the most intensive timber production, which are located in the Verkhneketsky, Pervomaysky and Tomsk district territories. According to our calculation, the average annual damage from the logging equipment downtime as a result of adverse weather conditions during winter period is estimated as 5.7 mln, 5.1 mln, and 1.8 mln rubles, respectively. Additional annual costs for the hauling roads maintenance vary from 1 to 4.3 thous. rubles per a kilometer of the road.

Using the distinguished types of hazardous natural events for winter-time forest management, and applying the regional risks assessment criteria developed for them, we can predict possible risks and make relevant recommendations in order to reduce material losses in the forestry sector at the regional and local levels.

**Keywords:** risks in forest management, hazardous natural processes, timber harvesting, material damage, winter.

### References

- Akimov V.A., Lesnykh V.V., Radaev N.N. *Riski v prirode, tekhnosfere, obshchestve i ekonomike* [Risks in nature, the technosphere, society and the economy]. Moscow: Delovoy Express, 2004. 352 p. In Russian
- Vaganov P.A. *Chelovek. Risk. Bezopasnost'* [Human. Risk. Safety.]. St. Petersburg, 2002. 160 p. In Russian
- Vaganov P.A., Man-Sung Im. *Ekologicheskiy risk* [Ecological risk] // St. Petersburg University Press, 2001. 152 p. In Russian
- Gerasimov Ju.Ju., Sen'kin V.A., Vjajatajnen K. *Proizvoditel'nost' harvesterov na sploshnyh rubkah* [Productivity of harvesters in clear cuttings] // Resources and Technology. 2012. No 9(2). pp. 82–93. In Russian
- Evseeva N.S., Romashova T.V. *Opasnyye meteorologicheskiye yavleniya kak sostavnaya chast' prirodnogo riska (na primere yuga Tomskoy oblasti)* [Hazardous meteorological phenomena as an integral part of natural risk (for example, the south of the Tomsk region)] // Tomsk State University Bulletin. 2011. No 353. pp. 199–204. In Russian
- Zhuravlev G. G., Gorbatenko V. P., Tunaev E. L. *Meteli na territorii Tomskoy oblasti* [Snowstorms of the Tomsk region] // Proceedings of Voeikov Geophysical Observatory. 2019. No 594. pp. 137–151. In Russian
- Ignat'eva A.V., Knaub R.V. *Prirodnye usloviya razvitiya chrezvychaynykh situatsiy na territorii Sibirskogo Federal'nogo okruga* [Natural conditions of development of emergency situations in the territory of the Siberian Federal District] // Geosphere Research. 2020. No 1. pp. 66–77. DOI: 10.17223/25421379/14/5. In Russian
- Katkova T.E. *Razvitie teorii i metodov risk-menedzhmenta v lesnom khozyaystve* [Development of the theory and methods of risk management in forestry] // Bulletin of the Mari State Technical University. Series "Economics and Management". 2011. No 7(80). pp. 68–72. In Russian
- Katkova T.E. *Riski v lesnom khozyaystve: sushchnost' i vidy v sovremennykh usloviyakh khozyaystvovaniya* [Risks in forestry sector: the essence and types in modern economic conditions] // Issues of risk analysis. 2013. V. 10. No 2. pp. 30–37. In Russian
- Kochurov B. I. *Ekodiagnostika i sbalansirovannoe razvitie* [Ecodiagnosics and balanced development] M.: Smolensk: Madzhenta, 2003. 384 p. In Russian
- Korshunov A.A., Shaymardanov M.Z., Shaymardanova I.L. *Gidrometeorologicheskaya bezopasnost' i ustoychivoe razvitie ekonomiki Rossii dlya obsluzhivaniya potrebiteley: rezul'taty statisticheskogo analiza opasnykh usloviy pogody* [Hydrometeorological safety and sustainable development of Russian economy for customer service: statistical analysis results of dangerous weather conditions] // Trudy VNIIGMI-MTsD. V. 174. URL: <http://meteo.ru/publications/112-trudy-vniigmi/349-trudy-vniigmi-mts-d-vypusk-174-2010-g>. Date accessed: 15.02.2020. In Russian
- Lesnoy plan Tomskoy oblasti na 2019–2020 gody* [Forest plan of the Tomsk region for 2019–2020]. Tomsk, 2018. 102 p. URL: <https://depl.tomsk.gov.ru/documents/front/view/id/11898>. Date accessed: 12.01.2020. In Russian
- Lukashevich V.M. *Obosnovanie perioda raboty lesosechnykh i lesotransportnykh mashin s uchetom sezonnosti lesozagotovok* [Justification of the period for operation of logging and forest transport machines seasonally adjusted of the timber harvesting]. Petrozavodsk: PetrGU, 2013. 105 p. In Russian
- Moiseev N.A. *Ekonomicheskaya otsenka stikhiynykh i tekhnogennykh vozdeystviy na sostoyanie i resursnyy potentsial lesnykh ekosistem* [Economic assessment of natural and technogenic impacts on the state and resource potential of forest ecosystems] // Forestry. 2009. No. 6. pp. 5–8. In Russian
- Mel'nik M.A., Volkova E.S. *Kompleksnaya kharakteristika faktorov, limitiruyushchikh transportnyuyu dostupnost' ot dalennykh i trudnodostupnykh territoriy Tomskoy oblasti* [Complex characteristic of factors limiting transport accessibility of distant and remote areas of the Tomsk region] // Bulletin of Kemerovo State University Series: Political, Sociological and Economic Sciences. 2017. No 4. pp. 48–53. In Russian
- Mel'nik M.A., Volkova E.S., Bissirova E.M., Krivets S.A. *Otsenka ekologo-ekonomicheskogo ushcherba lesopol'zovaniyu, vyzvanogo invaziei ussuriyskogo poligrafa v temnokhvoynye ekosistemy* [Assessment of the ecological and economic damage to forest use caused by the invasion of the four-eyed bark beetle into dark coniferous ecosystems in Siberia] // Izvestia Sankt-Peterburgskoy Lesotekhnicheskoy Akademii. 2018. Is. 225. pp. 58–75. DOI: 10.21266/2079-4304.2018.225.58-75. In Russian
- Mel'nik M.A., Mel'nik S.A. *Sil'nyy veter kak opasnyy faktor dlya lesopol'zovaniya v yuzhno-taеzhnoy zone Zapadnoy Sibiri* [Strong wind as factor of hazards for forest management in the southern taiga zone of Western Siberia] // Interekspo GEO-Sibir'-2016. Novosibirsk: SGUGiT. 2016. V. 3. No 3. pp. 105–109. In Russian
- Mokhirev A.P., Goryaeva E.V., Mokhirev M.P., Ivshina A.V. *Planirovaniye srokov ekspluatatsii zimnykh lesovoznykh dorog na osnove analiza statistiki klimaticheskikh dannykh* [Planning the operation period of winter logging road based on analysis of climate statistics data] // Forest Engineering Journal. 2018. No 2 (30). DOI: 10.12737/article\_5b2406187a0061.41499175. In Russian
- Mokhirev A.P., Pozdnyakova M.O., Guden' T.S. *Vliyaniye prirodno-proizvodstvennykh faktorov na transportnye zatraty lesozagotovitel'nogo proizvodstva* [Influence of natural industrial factors on the transport costs of forestry production industry] // Forest Engineering Journal. 2019. No 2. pp. 107–117. DOI: 10.34220/issn.2222-7962/2019.2/12. In Russian
- Osipov V. I. *Upravleniye prirodnymi riskami* [Natural risk management] // Herald of the Russian Academy of Sciences. 2010. V. 80. No 4. pp. 291–297. In Russian
- Perechen' i kriterii opasnykh prirodnnykh yavleniy, deystviyushchie na territorii deyatelnosti FGBU «Zapadno-Sibirskoe UGMS»* [The list and criteria of natural hazards phenomena on the West-Siberian territory UGMS]. URL: <http://www.meteo-nso.ru/pages/115>. Date accessed: 12.02.2020. In Russian

- Petrov A.P., Melnish A., Taliyarov A., Naslund B.-A., Gustafson M. *Upravlenie lesami v perekhodnoy ekonomike (opyt reform v Rossii i stranakh Baltii): Uchebnoe posobie* [Forest management in a transition economy (experience of reforms in Russia and the Baltic countries)] Pushkino: Tekhno-Layt, 2001. 159 p. In Russian
- Petrov V.N. *Organizatsiya, planirovaniye i upravleniye v lesnom khozyaystve: Uchebnoe posobie* [Organization, Planning and Management in Forestry]. St. Petersburg: Nauka, 2010. p. 416. In Russian
- Sabirov A.A. *Problemy strakhovaniya riskov v sel'skom i lesnom khozyaystvakh ot stikhiynykh bedstviy* [Problems of risk insurance in agriculture and forestry against natural disasters] // Vestnik of Kazan State Agrarian University. 2014. V. 9. No 4(34). pp. 51–52. In Russian
- Farber S.K., Sokolov V.A., Baranchikov Yu.N., Kondakov Yu.P. *Otsenka poteri drevesiny ot vspyshki sibirskogo shelkopryada v 90-kh godakh XX veka* [Estimation of the wood loss from the outbreak of the Siberian silkworm since the 90s of the XX century] // Forest inventory and forest management. 2003. V. 1 (32). pp. 138–142. In Russian
- Filandysheva L.B., Soroka A.S. *Izucheniye ritmov zimnego sezona na yugo-zapade Zapadno-Sibirskoy ravniny v svete global'nykh izmeneniy klimata* [Study of winter season periods on south-west of the West Siberian Plain within global climate changes] // Tambov University Reports. Series: Natural and Technical Sciences. 2013. V. 18. No 2. pp. 710–714. In Russian
- Shal'nev A.S., Alekseev A.V., Khakimullin A.R., Leont'ev E.V. *Ekonomicheskie aspekty analiza riskov v lesnom khozyaystve* [Economic aspects of risk analysis in forestry] // Proceedings of the St. Petersburg Forestry Research Institute. 2016. No 1. pp. 31–40. DOI: 10.21178/2079-6080.2016.3.28. In Russian
- Shikhov A.N. *Otsenka posledstviy stikhiynykh prirodnykh yavleniy dlya lesnykh resursov Permskogo kraya po mnogoletnim ryadam dannykh kosmicheskoy s"emki* [Estimation of forest damage from natural disasters in Perm region using long-term series of space imagery] // Sovremennyye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa. 2014. V. 11. No 1. pp. 21–29. In Russian
- Shegel'man I.R., Skrypnik V.I., Galaktionov O.N. *Tekhnicheskoe osnashcheniye sovremennykh lesozagotovok* [Technical rigging of modern timber harvesting]. St. Petersburg: PROFI-INFORM, 2005. 344 p. In Russian
- Aukema J.E., Leung B., Kovacs K., Chivers C., Britton K.O., Englin J., Frankel S.J., Haight R.G., Holmes T.P., Liebhold A.M., McCullough D.G., Von Holle B. Economic impacts of non-native forest insects in the continental United States. PLoS ONE. 2011. V. 6. Iss. 9. pp. 1–7.
- Blennow K., Andersson M., Sallnäs O., Olofsson E. Climate change and the probability of wind damage in two Swedish forests // Forest Ecology and Management. 2010. V. 259. Iss. 4. pp. 818–830. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2009.07.004>.
- Brunette M., Holec J., Sedliak M., Tucek J., Hanewinkel M. An actuarial model of forest insurance against multiple natural hazards in fir (*Abies Alba* Mill.) stands in Slovakia // Forest Policy and Economics. 2015. V. 55. pp. 46–57.
- Kenis M., Auger-Rosenberg M.-A., Roques A., Timms L., Péré C., Cock M.J.W., Setelle J., Augustin S., Lopez-Vaamonde C. Ecological effects of invasive alien insects // Biological Invasions. 2009, V. 11. Iss. 9. pp. 21–45.
- Naderpour M., Mojaddadi Rizeei H., Khakzad N., Pradhan B. Forest fire induced Natech risk assessment: A survey of geospatial technologies // Reliability Engineering & System Safety. 2019. V. 106558. <https://doi.org/10.1016/j.ress.2019.106558>.
- Neale T., Weir J.K., McGee T.K. Knowing wildfire risk: Scientific interactions with risk mitigation policy and practice in Victoria, Australia // Geoforum. 2016. V. 72. pp. 16–25.
- Nilsson C., Stjernquist I., Barring L., Schlyter P., Jönsson A.M., Samuelsson H. Recorded storm damage in Swedish forests 1901–2000 // Forest Ecology and Management. 2004. V. 199. Iss. 1. pp. 165–173. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2004.07.031>
- Peltola H., Ikonen V.P., Gregow H., Strandman H., Kilpeläinen A., Venäläinen A., Kellomäki S. Impacts of climate change on timber production and regional risks of wind-induced damage to forests in Finland // Forest Ecology and Management. 2010. V. 260. Iss. 5. pp. 833–845. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2010.06.001>.

**Author's:**

**Melnik M.A.**, Cand. Sci. (Geography), Researcher, Laboratory of Self-organizing Geosystems, Institute of Monitoring of Climatic and Ecological Systems of the Siberian Branch of the RAS, Tomsk, Russia.

E-mail: melnik-m-a@yandex.ru

**Volkova E.S.**, Cand. Sci. (Geography), Senior Researcher, Laboratory of Self-organizing Geosystems, Institute of Monitoring of Climatic and Ecological Systems of the Siberian Branch of the RAS, Tomsk, Russia.

E-mail: elevolko@yandex.ru

**Melnik S.A.**, Cand. Sci. (Biology), Associate Professor, Department of Forestry and Landscape Construction National Research Tomsk State University, Tomsk, Russia.

E-mail: melnik-sergej@yandex.ru