

2. Залесов С.В. Лесная пирология. – Екатеринбург: УГЛТУ, 2021. – 396 с.
3. Залесов С.В., Миронов М.П. Обнаружение и тушение лесных пожаров. – Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2004. – 138 с.
4. Марченко В.П., Залесов С.В. Горимость ленточных боров Прииртышья и пути ее минимизации на примере ГУ ГЛПР «Ертыс-Орманы» // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2013. – № 10 (108). – С. 55-59.

УДК 630\*1

## ОЦЕНКА УРОВНЯ АДАПТАЦИИ К ИЗМЕНЕНИЯМ КЛИМАТА ЛЕСОВ СЕВЕРА ЕВРОПЕЙСКОЙ ЧАСТИ РОССИИ

А. О. Сорока<sup>1</sup>, И. С. Недбаев<sup>1,2</sup>, Е. И. Семенова<sup>1</sup>

<sup>1</sup>ФБУ «Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт лесного хозяйства», г. Санкт-Петербург

<sup>2</sup>ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет»,

г. Санкт-Петербург  
a.soroka@spb-niilh.ru

**Аннотация.** Актуальной проблемой в лесном хозяйстве является вопрос климатических изменений, их влияния на лесные экосистемы и поиска путей адаптации. В работе апробированы методики оценки уровня уязвимости и адаптации лесных экосистем к изменениям климата. На основании разработанных методик, по каждому климатическому риску, характерному для лесного хозяйства представлена оценка уязвимости лесов к изменениям климата, прогнозируемых последствий климатических изменений, а также текущего уровня адаптации лесов севера Европейской части России. Было показано, что данные регионы в основном имеют низкую ретроспективную уязвимость к климатическим рискам, высокий уровень адаптации, однако стоит обратить внимание на прогнозируемые климатические изменения.

**Ключевые слова:** изменение климата, климатические риски, устойчивость лесов, меры адаптации, лесные пожары, насекомые-вредители, экстремальные погодные явления.

## ASSESSMENT OF ADAPTATION TO CLIMATE CHANGE IN FORESTS OF NORTHERN EUROPEAN RUSSIA

A.O. Soroka<sup>1</sup>, I.S. Nedbaev<sup>1,2</sup>, E.I.Semenova<sup>1</sup>

<sup>1</sup>FBU «Saint Petersburg Forestry Research Institute»,  
Saint Petersburg

<sup>2</sup>Saint- Petersburg State University, Saint Petersburg  
a.soroka@spb-niilh.ru

**Abstract.** An urgent problem in forestry is the problem of climate change, its impact on forest ecosystems and the search for ways of adaptation. The paper tested methods for assessing the level of vulnerability and adaptation of forest ecosystems to climate change. Based on the developed methods, for each climate risk specific to forestry, an assessment of forest vulnerability to climate change, projected consequences of climate change, and the current level of adaptation of forests in the northern European part of Russia is presented. It was shown that these regions generally have low retrospective vulnerability to climatic risks, high level of adaptation, but it is worth paying attention to the projected climatic changes.

**Key words:** Climate change, climate risks, forest resilience, adaptation measures, forest fires, insect pests, extreme weather events.

Актуальной проблемой в лесном хозяйстве является изучение протекающих климатических изменений, включающее в себя оценку текущего состояния лесов, а также их динамики под воздействием изменяющихся факторов окружающей среды. Лесное хозяйство напрямую зависит от факторов климата [1], поэтому, вопросам оценки уязвимости лесов и их адаптации к изменяющимся условиям окружающей среды должно быть уделено пристальное внимание на всех уровнях управления.

В цели данной работы является анализ уровня адаптации лесов в субъектах севера Европейской части России. Нами были рассмотрены субъекты Северо-Западного федерального округа, чьи территории относятся к районам Крайнего севера – Мурманская и Архангельская области, Ненецкий автономный округ, республики Карелия и Коми. На их примере, на основании разработанной методики оценки уязвимости лесов в разрезе субъектов РФ исследованы причины уязвимости к изменениям климата, оценены возможные последствия

климатических изменений на основании прогнозных данных и проведена оценка уровня адаптации лесов по каждому климатическому риску, характерному для лесного хозяйства.

Методики оценки уровня уязвимости и адаптации лесов в разрезе субъектов РФ разработаны коллективом ФБУ «СПбНИИЛХ», и основаны на анализе данных государственной лесной статистики. Прогнозные характеристики уязвимости основываются на изменении климатических показателей, согласно региональной климатической модели Главной геофизической обсерватории им. А. И. Войейкова, вычисленных на середину и конец XXI века на основе глобальных моделей CMIP6 в соответствии с климатическим сценарием SSP2-4.5 [2]. Выбранный для анализа климатический сценарий является умеренным, согласно которому выбросы парниковых газов остаются на текущем уровне до 2050 года, сокращаясь в дальнейшем, но не достигая нуля к 2100 году [3]. Список индикативных показателей для оценки уровня уязвимости и адаптации к изменениям климата представлен в таблице 1.

**Таблица 1** – Индикативные показатели для оценки уровня уязвимости и адаптации лесов к изменениям климата

Риск, вызванный климатическими изменениями	Ретроспективные показатели	Прогнозные показатели
Изменение продуктивности лесов в связи с изменениями средних значений температуры и количества выпадаемых осадков	Снижение среднего прироста на гектар	Сумма активных температур ГТК Селянинова Длительность вегетационного периода
Изменения в видовом (породном) составе лесов	Уменьшение площади, покрытой твёрдолиственными, мягколиственными и хвойными породами	Сумма активных температур ГТК Селянинова
Увеличение частоты возникновения (лесных) пожаров в лесах и площадей, пройденных пожарами	Увеличение числа пожаров Увеличение площади, пройденной огнём	Прогнозные значения динамики числа суток со значением индекса пожарной опасности Нестерова более 2
Увеличение частоты вспышек массового размножения вредных организмов в лесах	Увеличение площади очагов вредных организмов	ГТК Селянинова
Увеличение частоты проявления последствий экстремальных погодных явлений в лесах	Увеличение площади погибших лесных насаждений от погодных и почвенно-климатических условий	Динамика температуры у поверхности Осадки суммарные

Уровень уязвимости лесов к изменениям климата рассчитывается в несколько этапов. Сначала определяется уровень уязвимости для каждого климатического риска, характерных для лесного хозяйства [4] на основании динамики статистических лесохозяйственных и прогнозных показателей с использованием метода MIN-MAX. Далее, формируется ранжированный перечень регионов России по степени уязвимости лесов – для каждого риска методом деления на квартили, присваивается уровень уязвимости, от одного до трех (высокий, средний, низкий). На основании суммирования итоговых оценок уровня уязвимости определяется интегральный показатель, характеризующий общую уязвимость субъекта – балльный индекс уязвимости. Он может изменяться от 0 (самая низкая уязвимость ко всем рискам) до 10 баллов (высокая уязвимость ко всем рискам). На основании этого показателя была произведена оценка регионов по степени уязвимости к климатическим изменениям согласно прогнозным и ретроспективным данным (рисунок 1).

В результате проведенной оценки уязвимости лесов к изменениям климата, было установлено, что по ретроспективной оценке, субъекты Российской Федерации классифицировались на 10 классов – от 0 до 9; по прогнозным оценкам на 7 классов – от 3 до 9 баллов. Регионы севера Европейской части России, в среднем, отличаются меньшей уязвимостью к климатическим изменениям по сравнению с остальной территорией страны.

Ретроспективные и прогнозные оценки изменяются от 3 до 7 баллов.

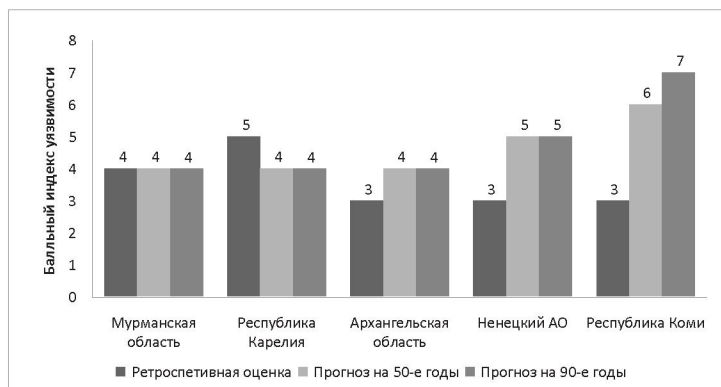


Рисунок 1 – Значение балльного индекса уязвимости лесов к рискам, вызванным климатическими изменениями

Леса севера Европейской части России, согласно ретроспективной оценке, наиболее уязвимы к рискам увеличения экстремальных погодных явлений, росту вспышек насекомых-вредителей, изменения продуктивности, менее – к рискам увеличения лесных пожаров и изменению видового состава. Уязвимость к экстремальным погодным явлениям выше всего для Карелии, высокая уязвимость к насекомым отмечена в Коми. Ненецкий автономный округ уязвим к риску изменения продуктивности – на протяжении последних лет там не наблюдается положительной динамики среднего прироста. Леса Архангельской и Мурманской областей имеют средний показатель уязвимости к рискам увеличения частоты пожаров, экстремальных погодных явлений, росту активности вредителей и болезней леса.

По прогнозным данным наиболее уязвимы леса республики Коми и Ненецкого автономного округа. На территории этих субъектов прогнозируется высокий риск увеличения числа пожаров и экстремальных погодных явлений. Средняя уязвимость для изменения видового состава отмечается для Ненецкого автономного округа, для республики Коми, высоки прогнозные риски роста числа вспышек вредителей и болезней леса, средний уровень – для риска изменения продуктивности.

Оценка уровня адаптации лесов для отчетного года проводится для каждого климатического риска, на основании анализа ретроспективных статистических показателей. В ней учтено отношение года, следующего за отчетным к среднему за долгосрочный период (более 10 лет), а также динамика показателей за два краткосрочных периода (по 5 лет). Таким образом, уровень адаптации включает в себя динамику показателей и оценку реализации адаптивных мер. Уровень адаптации оценивается по пятибалльной шкале: высокий, повышенный, удовлетворительный, сниженный, недостаточный. Результаты оценки адаптации представлены в таблице 2.

Проведенная оценка уровня адаптации лесов показывает, что в целом леса севера Европейской части России хорошо адаптированы к рискам изменения видового состава, увеличения экстремальных погодных явлений, росту вспышек вредителей и болезней. Уровень адаптации к лесным пожарам достаточно высок во всех субъектах, кроме Ненецкого автономного округа – где растут площади лесных пожаров. В нем же отмечается и удовлетворительный уровень адаптации к риску изменения продуктивности.

Проведенная оценка уровня уязвимости и адаптации лесов севера Европейской части России к изменениям климата показывает, что

регионы в целом имеют низкую уязвимость к климатическим рискам и высокий уровень адаптации (кроме Ненецкого автономного округа). Однако, для данной территории, в особенности – в северо-восточной части, прогнозируются значительные климатические изменения, которые могут оказать негативные последствия в будущем. Необходимо обратить особое внимание на прогнозируемый рост рисков для лесного хозяйства и усилить существующие адаптационные меры.

**Таблица 2** – Уровень адаптации лесов к рискам, вызванным климатическими изменениями

Субъект РФ	Риск 1	Риск 2	Риск 3	Риск 4	Риск 5
Мурманская область	Повышенный	Высокий	Высокий	Высокий	Повышенный
Архангельская область	Повышенный	Высокий	Высокий	Повышенный	Высокий
Ненецкий автономный округ	Удовлетворительный	Высокий	Недостаточный	Высокий	Высокий
Республика Коми	Высокий	Высокий	Повышенный	Повышенный	Повышенный
Республика Карелия	Высокий	Высокий	Высокий	Повышенный	Повышенный

**Примечание:** Риск 1 – изменение продуктивности лесов в связи с изменениями средних значений температуры и количества выпадаемых осадков;

Риск 2 – изменения в видовом (породном) составе лесов;

Риск 3 – увеличение частоты возникновения (лесных) пожаров в лесах и площадей, пройденных пожарами;

Риск 4 – увеличение частоты вспышек массового размножения вредных организмов в лесах;

Риск 5 – увеличение частоты проявления последствий экстремальных погодных явлений в лесах

Исследование выполнено в рамках государственного задания ФБУ «СПбНИИЛХ» по теме «Научно-аналитическое и организационно-методическое обеспечение реализации государственной климатической политики в области лесного хозяйства».

### Библиографический список

1. Липка О.Н. Роль лесов в адаптации природных систем к изменениям климата / Липка О.Н., Корзухин М.Д., Замолодчиков М.Г. [и др.] // Лесоведение. – 2021. – № 5. – С. 531–546.
2. Сценарные прогнозы на основе глобальных моделей CMIP6 // Климатический центр Росгидромета : офиц. сайт. – [Электронный

ресурс]. – URL: <https://cc.voeikovmgo.ru/ru/klimat/izmenenie-klimata-rossii-v-21-veke-smip6> (дата обращения 26.08.2023 г.).

3. O'Neill B.C., Tebaldi C., van Vuuren D.P., Eyring V., Friedlingstein P., Hurtt G., Knutti R., Kriegler E., Lamarque J.-F., Lowe J., Meehl G.A., Moss R., Riahi K., Sanderson B.M. The Scenario Model Intercomparison Project (ScenarioMIP) for CMIP6 // *Geosci. Model Dev.* 2016. V. 9. P. 3461–3482.

4. Приказ Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации от 20.12.2017 № 692 «Об утверждении типовой формы и состава лесного плана субъекта Российской Федерации, порядка его подготовки и внесения в него изменений» Официальный интернет-портал правовой информации. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/542616941> (дата обращения: 22.08.2023).

УДК 630.581.5

## МОНИТОРИНГ ЗА СОСТОЯНИЕМ ЗЕЛЕННЫХ НАСАЖДЕНИЙ

Д.С. Степанова, В.А. Савченкова

Мытищинский филиал Московского Государственного  
Технического Университета им. Н.Э. Баумана, г. Мытищи  
[lapi\\_dus@mail.ru](mailto:lapi_dus@mail.ru)

**Аннотация.** В статье дано обоснование необходимости проведения мероприятий по изучению состояния растительности в экологически неблагоприятных условиях, рассмотрены некоторые методы мониторинга за состоянием зеленых насаждений, приведены результаты исследований, позволяющих на примере Липы мелколистной (*Tilia cordata*) определить устойчивость к факторам, оказывающим негативное воздействие на окружающую среду.

**Ключевые слова:** мониторинг антропогенных изменений; зоны экологического ущерба; методы биоиндикации; устойчивость растений; флуктуирующая асимметрия листа.

## PLANTING OBSERVATION

D.S.Stepanova, V.A. Savchenkova

Mytishchi Branch of the Bauman Moscow State