

Г.А. Богданов, Г.О. Османова, П.В. Бедова

**ФИТОИНДИКАЦИОННАЯ ОЦЕНКА ЛЕСНЫХ СООБЩЕСТВ
ГОСУДАРСТВЕННОГО ПРИРОДНОГО КОМПЛЕКСНОГО
ЗАКАЗНИКА РЕСПУБЛИКАНСКОГО ЗНАЧЕНИЯ
«ГОРНОЕ ЗАДЕЛЬЕ» РЕСПУБЛИКИ МАРИЙ ЭЛ**

Введение. Государственный природный комплексный заказник республиканского значения «Горное Заделье» площадью 562 га создан в 1997 г. на территории Куженерского района Республики Марий Эл (РМЭ) в пойме р. Нолька. Между административными границами Куженерского и СERNурского районов проходят северная и восточная граница заказника, южная – между лесными и сельскохозяйственными угодьями кооператива «Колхоз «Шорсола», западная – по квартальным просекам.

Рельеф заказника представлен одним из участков максимального возвышения Марийско-Вятского увала (264 м н.у.м.), прорезанного глубокой и узкой долиной р. Нольки (до 170–180 м н.у.м.) с запада на восток, напоминающей горное ущелье, особенно в верхнем своем течении. Долина р. Нольки имеет крутые склоны, местами с широким дном, занятым лугами. В дно ущелья на 2–5 м врезается сухое летом русло.

Неодинаковая прогреваемость солнцем поверхности склонов северной и южной экспозиции вызывает перераспределение климатических факторов и вызывает разные микроклиматические условия на разных склонах. Эти условия в свою очередь создают различия в почвенном режиме увлажнения, в составе растительного покрова, особенно кустарничкового и травяно-мохового.

Растительный покров заказника представлен лесными и луговыми видами. Водная и околородная растительность очень незначительная, т.к. русло р. Нолька имеет водную поверхность только у восточной границы заказника, где есть мощные выходы подземных источников.

Территория заказника является местом произрастания 20 видов растений, занесённых в Красную книгу Республики Марий Эл [Красная..., 2013; Рыжова и др., 2023]. Здесь произрастают диплазий сибирский (*Diplazium sibiricum* (Turcz. ex Kunze) Sa. Kurata or (Turcz. ex Kunze) Jermy, пузырник судетский (корневищник судетский) *Cystopteris sudetica*

А. Braun et Milde [*Rhizomatopteris sudetica* (A. Braun et Milde) A.P. Khokhr.], голокучник Роберта ((*Gymnocarpium robertianum* (Hoffm.) Newman), вейник тупочешуйный (*Calamagrostis obtusata* Trin.), схизахна мозолистая (*Schizachne callosa* (Turcz. ex Griseb.) Ohwi), осока горная (*Carex montana* L.), купена широколистная (*Polygonatum latifolium* (Jacq.) Desf.), венерин башмачок настоящий (*Cypripedium calceolus* L.), пыльцеголовник красный (*Cephalanthera rubra* (L.) Rich.), дремлик тёмно-красный (*Epipactis atrorubens* (Hoffm. ex Bernh.) Besser), калипсо луковичная (*Calypso bulbosa* (L.) Oakes), ветреничка алтайская (*Anemonoides altaica* (Fisch. ex C.A.Mey.) Holub), лютик Кауфмана (шелковник Кауфмана) (*Ranunculus kauffmannii* Clerc [*Batrachium kauffmannii* (Clerc) V.I. Krecz.], лён слабительный (*Linum catharticum* L.), истод Вольфганга (*Polygala wolfgangiana* Bess. ex Szafer, Kulcz. et Pawl.), зверобой волосистый (*Hypericum hirsutum* L.), реброплодник уральский (*Pleurospermum uralense* Hoffm.), мытник Кауфмана (*Pedicularis kauffmannii* Pinzger), василёк ложнопятнистый (*Centaurea pseudomaculosa* Dobroc.), скерда тупокорневищная (*Crepis praemorsa* (L.) Tausch). В настоящее время василёк ложнопятнистый восстановил свою численность и исключен из Красной книги РМЭ [Рыжова и др., 2023].

На этой небольшой по площади территории представлены 13,5% видов сосудистых растений Красной книги. Только на этой территории обнаружено произрастание вейника тупочешуйного, реброплодника уральского. В настоящее время калипсо луковичная произрастает только в этом заказнике. Для схизахны мозолистой это вторая по счёту находка на территории Республики Марий Эл. Ближайшее местонахождение – в Республике Татарстан, где она была отмечена в Раифе Л.Н. Васильевой в 1925 г. [Васильева, Абрамов, 1981]. Кроме «краснокнижных» видов здесь произрастают природные популяции ели сибирской (*Picea obovata* Ledeb.), уцелевшие в рефугиумах по крутым склонам долин рек Вятского увала. Заслуживает охраны и другие редкие растения – ветреничка волжская (*Anemonoides* × *korzhinskyi* Saksonov & Rakov), новый вид марийской флоры, а также ястребинка рощевая (*Hieracium sylvularum* Jord. ex Voreau), обнаруженные в Республике Марий Эл только по склонам к р. Нолька. Флора заказника «Горное Заделье», площадь которого всего 5,6 км², полностью репрезентирует ядро флоры Восточного природного района и является местом, откуда могут в дальнейшем расселяться растения при восстановлении лесов по заброшенным пашням и безлесным склонам балок.

Целью настоящей работы стала оценка экотопов лесных фитоценозов заказника «Горное Заделье» методом фитоиндикации с применением подходов к определению экологических валентностей, бионтностей и индексов толерантности редких видов растений. Подобные исследования на территории заказника ранее не проводились.

Материалы и методика исследования. Исследования растительного покрова ООПТ «Горное Заделье» проводили в июне-июле 2022 г. маршрутно-рекогносцировочным методом в кварталах 134-137, в каждом из которых было заложено от одной до 3 пробных площадей размером 20×20 м. Всего обследовано 7 лесных сообществ.

С целью оценки экологических условий местообитаний этих фитоценозов проведены геоботанические описания с указанием обилия видов в баллах по шкале Браун-Бланке [Braun-Blanquet, 1964]. Флористические списки лесных фитоценозов обработаны по диапазонным экологическим шкалам [Цыганов, 1983]: Hd – увлажнения почв, Tr – солевого режима почв, Nt – богатства почв азотом, Rc – кислотности почв, fH – переменности увлажнения и Lc – освещенности-затенения с помощью программы EcoScaleWin [Зубкова и др., 2008] методом средневзвешенной середины интервала.

Для выявления количественной оценки использования каждого экологического фактора каким-то видом Л.А. Жуковой [2004] было введено понятие «экологическая валентность», а для комплекса факторов – «толерантность» или «бионтность». Нами рассчитана потенциальная экологическая валентность (PEV) как отношение числа ступеней конкретной шкалы, занятой видом, к общей протяженности шкалы в степенях (1):

$$PEV = \frac{(A_{\max} - A_{\min} + 1)}{n}, \quad (1)$$

где $A_{\max}$ и $A_{\min}$ – максимальные и минимальные значения ступеней шкалы, занятых отдельным видом; n – общее число ступеней в шкале; 1 – добавляется как первое деление шкалы, с которого по данному фактору начинается диапазон вида.

Для характеристики отношения конкретного вида к совокупному воздействию нескольких факторов применен индекс толерантности (2):

$$It = \frac{\sum PEV}{\sum \text{шкал рассматриваемых факторов}}, \quad (2)$$

где PEV – потенциальная экологическая валентность.

Чем больше It , тем теоретически выше возможность использования экологически разнообразных местообитаний популяциями конкретного вида. Фракции валентности и группы толерантности видов определяли по следующим значениям [Жукова и др., 2010]:

1. стеновалентная и стенобионтная – показатель валентности или индекс толерантности не превышает 0,33;
2. гемистеновалентная и гемистенобионтная – от 0,34 до 0,45;
3. мезовалентная и мезобионтная – от 0,46 до 0,56;
4. гемизвривалентная и гемизврибионтная – от 0,57 до 0,66;
5. эвривалентная и эврибионтная – от 0,67 и более.

Названия сообществ даны по доминантной классификации.

Результаты исследования. Характеристика лесных сообществ.

1. Сосняк елово-лещиновый пролесниково-кислицевый.

Растительный покров располагается в верхней части склона с уклоном 2-3° южной и юго-западной экспозиции. Почвы перегнойно-карбонатные, формировались на известняково-доломитовых толщах и мергелях.

Древостой с проективным покрытием (ПП) до 70%. Ярус A_1 представлен сосной обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.), в ярусе A_{II} появляются ель финская (*Picea × fennica* (Regel) Kom.), пихта сибирская (*Abies sibirica* Ledeb.) и липа сердцелистная (*Tilia cordata* Mill.). В густом подлеске преобладают лещина обыкновенная (*Corylus avellana* L.), рябина обыкновенная (*Sorbus aucuparia* L.), бересклет бородавчатый (*Euonymus verrucosus* Scop.) и жимолость лесная (*Lonicera xylosteum* L.). В подросте отмечены пихта сибирская и липа сердцелистная высотой 1-3 м. ПП травостоя – 55%. Всего обнаружено 38 видов травянистых растений. В травяном ярусе доминирует кислица обыкновенная (*Oxalis acetosella* L.), содоминанты – пролесник многолетний (*Mercurialis perennis* L.) и медунца неясная (*Pulmonaria obscura* Dumort.). Среди травянистых растений неморальные виды преобладают над бореальными. В этом сообществе выявлен редкий вид – воронец красноплодный (*Actaea erythrocarpa* Fisch.).

2. Сосняки осочково-кислицевые с елью произрастают в средней и нижней части склонов южной экспозиции к долине р. Нолька на дерново-слабоподзолистых почвах, сформированных на маломощных суглинках. Угол наклона склона – 30-35°. Древостой с проективным покрытием до 80%. Сосна обыкновенная преобладает в A_1 и A_{II} ярусах. В подросте много ели финской, отмечено несколько особей пихты сибирской от 0,5 до 6 м. В подлеске преобладает лещина обыкновенная, высотой до 3 м. Бересклет

бородавчатый, жимолость лесная и калина обыкновенная (*Viburnum opulus* L.) встречаются с небольшим обилием, их высота не превышает 1 м.

Травяной ярус с ПП 45% насчитывает 24 вида растений. Доминантами выступают кислица обыкновенная и осока корневищная (*Carex rhizina* Blytt ex Lindblom), содоминанты – осока пальчатая (*Carex digitata* L.), майник двулистный (*Maianthemum bifolium* (L.) F.W. Schmidt) и перловник поникший (*Melica nutans* L.). Доля бореальных видов незначительная, преобладают неморальные виды. В этих сообществах встречается эндемик хвойно-широколиственных лесов Восточной Европы – ястребинка рощевая. Моховой покров представлен слабо с ПП менее 1% в равной степени здесь произрастают ритидиладельфус трёхгранный (*Rhytidiadelphus triquetrus* (Hedw.) Warnst.) и плевроциум Шребера (*Pleurozium schreberi* (Willd. ex Brid.) Mitt.). Ниже по склону на более мощных суглинках встречаемость ели и пихты увеличивается, также возрастает доля бореальных видов по сравнению с неморальными. Моховой покров местами может достигать 10%. Из редких видов здесь встречается дремлик тёмно-красный и схизахна мозолистая.

Склон северной экспозиции к р. Нолька в весеннее время оттаивает медленней противоположного склона. После аномально жаркого лета 2010 г. елово-пихтовые леса, растущие на склонах, сильно пострадали от нехватки воды. Многие ослабленные деревья ели были повреждены подкоровыми, а затем и стволовыми вредителями, поэтому с 2013 г. здесь стали проводить сплошные, реже выборочные санитарные рубки. Участки не вырубленного леса остались лишь в нижней части склонов, где раньше произрастали и сейчас произрастают ельники пихтовые зеленомошно-кисличниковые.

Результаты обработки флористических списков исследуемых сосняков по почвенным шкалам и шкале освещенности-затенения представлены в табл. 1, из которой видно, что оба сообщества имеют одинаковые экологические предпочтения. Отличия выявлены лишь по фактору кислотности почв. В сосняке елово-лещиновом пролесниково-кислицевом почвы кислые/слабокислые и слабокислые, а в сосняке осочково-кислицевом – слабокислые и слабокислые/нейтральные. В целом почвы обоих сообществ согласно полученным значениям слабокислые (pH=5,5-6,5).

Для двух редких видов – воронца красноплодного и дремлика тёмно-красного, произрастающих в этих сосняках, – нами рассчитаны потенциальная экологическая валентность и индекс толерантности (табл. 2).

Таблица 1

Экологическая характеристика сосняков**Ecological characteristics of pine forests**

Экологические шкалы	1. Сосняк елово-лещиновый пролесниково-кислициевый	2. Сосняк осочково- кислициевый
Увлажнения почв Hd (1-23)	12,59 сухолесолуговое/влажно-лесолуговое, влажно-лесолуговое	12,57 сухолесолуговое/влажно-лесолуговое, влажно-лесолуговое
Трофности почв Tr (1-19)	5,88 небогатые почвы, небогатые/ довольно богатые почвы	5,37 небогатые почвы, небогатые/ довольно богатые почвы
Богатства почв азотом Nt (1-11)	5,86 бедные азотом почвы, бедные азотом/достаточно обеспеченные азотом почвы	5,46 бедные азотом почвы, бедные азотом/достаточно обеспеченные азотом почвы
Кислотности почв Rc (1-13)	6,85 кислые/слабокислые почвы, слабокислые почвы (pH=5,5-6,5)	7,01 слабокислые почвы (pH=5,5-6,5), слабокислые/нейтральные почвы
Переменности увлажнения fH (1-11)	5,47 слабо переменное увлажнение, слабо переменное/ умеренно переменное увлажнение	5,18 слабо переменное увлажнение, слабо переменное/ умеренно переменное увлажнение
Освещенности-затенения Lc (1-9)	4,69 полуоткрытые пространства / светлые леса, светлые леса	4,76 полуоткрытые пространства / светлые леса, светлые леса

Результаты показали, что в целом оба вида имеют узкий диапазон распространения и по фактору увлажнения и солевого режима почв характеризуются как стеновалентные виды, по фактору освещенности-затенения – как гемизэвраленты, и предпочитают полуоткрытые пространства и светлые леса. Воронец красноплодный по фактору богатства почв азотом и кислотности является гемистеновалентом, в то время как дремлик темно-красный имеет несколько более широкий диапазон распространения и по факторам этих шкал проявляет себя как гемизэври- и мезовалент. Индекс толерантности показывает меру приспособленности ценопопуляции вида к комплексу экологических факторов [Жукова и др., 2010]. По этому индексу оба вида имеют узкий диапазон экологических предпочтений по факторам почвенных шкал: воронец красноплодный – стенобионтный вид, а дремлик темно-красный – гемистенобионтный.

Таблица 2

Потенциальная экологическая валентность (PEV) и индекс толерантности (It) *Actaea erythrocarpa* Fisch. и *Epipactis atrorubens* (Hoffm. ex Bernh.) Besser)

Potential ecological valence (PEV) and tolerance index (It) *Actaea erythrocarpa* Fisch. and *Epipactis atrorubens* (Hoffm. ex Bernh.) Besser)

Экологические шкалы*	<i>Actaea erythrocarpa</i>			<i>Epipactis atrorubens</i>		
	Позиция вида по шкале фактора	PEV	I _t	Позиция вида по шкале фактора	PEV	I _t
Hd (1-23)	11-15	0,22 СВ	0,33 СВ	11-15	0,22 СВ	0,40 ГСБ
Tr (1-19)	5-9	0,26 СВ		3-6	0,21 СВ	
Nt (1-11)	6-10	0,45 ГСВ		1-7	0,64 ГЭВ	
Rc (1-13)	5-9	0,38 ГСВ		3-9	0,54 МВ	
Lc (1-9)	3-7	0,56 ГЭВ		5-9	0,56 ГЭВ	

Примечание: экологические шкалы: Hd – увлажнения почв, Tr – солевого режима, Nt – богатства почв азотом, Rc – кислотности почв, Lc – освещенности-затенения; фракции валентности: СВ – стеновалентный, МВ – мезовалентный, ГСВ – гемистеновалентный, ГЭВ – гемизэривалентный, СБ – стенобионтный, ГСБ – гемистенобионтный, ГЭБ – гемизэрибионтный, PEV – потенциальная экологическая валентность, I_t – индекс толерантности

3. Липняки лециновые широколиственно-звездчатковые. В конце 80-х гг. прошлого века на некоторых участках хвойных лесов проводились сплошные рубки (кв. 134 Куженерского лесного участка). В настоящее время на этих участках распространены липняки.

Древостой с проективным покрытием 80%. А_I ярус не успел сформироваться. В А_{II} ярусе с ПП 60% растет липа сердцелистная высотой 16-18 м порослевого происхождения и засыхающие небольшие деревца ивы козьей. Густой подлесок (с ПП 30%) состоит в основном из лещины обыкновенной, высотой 6-8 м, и нескольких молодых кустов рябины обыкновенной такой же высоты. В небольшом количестве встречаются черемуха обыкновенная (*Padus avium* Mill.), бересклет бородавчатый и жимолость лесная. В подросте отмечена берёза пушистая (*Betula pubescens* Ehrh.) и поросль ели финской с липой сердцелистной. Травяной ярус средней густоты (ПП – 50%) состоит из 20 видов сосудистых растений. Доминируют звездчатка жёстколистная (*Stellaria holostea* L.) и пролесник многолетний,

содоминанты – ветреничка лютичная (*Anemonoides ranunculoides* (L.) Holub), сныть обыкновенная (*Aegopodium podagraria* L.) и щитовник мужской (*Dryopteris filix-mas* (L.) Schott). Почти все виды трав, кроме кислицы обыкновенной (*Oxalis acetosella* L.) и майника двулистного, являются характерными видами широколиственных лесов.

4. Рябинник малиновый снытево-хвощёвый сформировался на вырубках. Уклон склона – 20-25°. Максимальная высота такого временного сообщества после 7 лет вырубки – 5 м. Преобладают виды, характерные для подлеска (ПП – 75%), – рябина обыкновенная и нитрофильный вид – малина обыкновенная (*Rubus idaeus* L.). В подросте – береза бородавчатая (*Betula pendula* Roth), клён остролистный (*Acer platanoides* L.), с ПП не больше 10%. Травяной ярус густой, ПП – 75%, представлен 10 видами, среди них доминируют хвощ луговой (*Equisetum pratense* Ehrh.) и сныть обыкновенная. Нитрофильные виды – иван-чай узколистый (*Chamaenerion angustifolium* (L.) Scop.) и крапива двудомная (*Urtica dioica* L.) – образуют ПП около 5-8%. Из неморальных растений встречаются медуница неясная (*Pulmonaria obscura* Dumort.), звездчатка жёстколистная, пролесник многолетний, из бореальных – фегоптерис связующий (*Phegopteris connectilis* (Michx.) Watt), щитовник Карпузиуса (*Dryopteris carthusiana* (Vill.) H.P. Fuchs). Моховой покров отсутствует из-за густого травяно-кустарникового яруса.

5. Сероольшаники на обследованной территории представлены **ольшаником бодяково-крапивным** с вязом и черемухой. Они распространены в восточной части заказника, в долине р. Нолька. Чаше сероольшаники произрастают по левому берегу реки и занимают всю площадь от основания склона до русла. Такие леса не переувлажнены, т.к. идет хороший дренаж в сторону р. Нольки, водная поверхность которой находится на 2-3 м ниже окружающих лесов. Очень редко такой лес занимает всю ширину долины по обе стороны от русла р. Нолька, но чаще на правой стороне произрастают влажнотравные леса, где в древостое преобладают ель и пихта.

Древостой с ПП 40%. В первом ярусе с ПП 35% встречаются ольха серая (*Alnus incana* (L.) Moench) высотой до 20 м при диаметре стволов 20-28 см. Небольшое ПП (5%) образует пихта сибирская высотой 19 м при диаметре ствола 0,22 м. Во втором ярусе с ПП 10% произрастает вяз гладкий (*Ulmus laevis* Pall.). Возобновляются с ПП 10% черемуха обыкновенная, ель финская, ольха серая. Подлесок с ПП 3% образуют рябина обыкновенная, жимолость лесная, бересклет бородавчатый высотой до 1,2 метра.

ПП травяного покрова – 100%. Видовое богатство – 15 видов. Доминируют бодяк огородный (*Cirsium oleraceum* (L.) Scop.) и крапива двудом-

ная (ПП 70%). Субдоминантом с ПП 10% являются сныть обыкновенная, цицербита уральская (*Cicerbita uralensis* (Rouy) Beauverd) и борец северный (*Aconitum septentrionale* Koelle). В небольшом количестве (по 5 %) произрастают селезеночник очереднолистный (*Chrysosplenium alternifolium* L.), костер безостый (*Bromopsis inermis* (Leyss.) Holub) и мягковолосник водяной (*Myosoton aquaticum* (L.) Moench). Купырь лесной (*Anthriscus sylvestris* (L.) Hoffm.), недоселка копьелистная (*Parasenecio hastatus* (L.) H. Koyama), чистотел большой (*Chelidonium majus* L.), малина обыкновенная, чистец лесной (*Stachys sylvatica* L.), лютик золотистый (*Ranunculus auricomus* L.) и др. вместе дают ПП 15%.

Ниже (табл. 3) приведены результаты обработки флористических списков трех лесных сообществ. Согласно экологическим шкалам Д.Н. Цыганова [1983] почвы этих сообществ небогатые, бедные/достаточно обеспеченные азотом, кислые/слабокислые/нейтральные, имеют влажно-лесолуговое/сыро-лесолуговое увлажнение с относительно устойчивым со слабо переменным/умеренно переменным увлажнением. Липняк лещиновый широкоотравно-звездчатковый произрастает в условиях светлых лесов, а рябинник малиновый снытево-хвощёвый и ольшаник бодяково-крапивный предпочитают полуоткрытые пространства/светлые леса.

6. Пихтарники зеленомошно-кислицевые с елью расположены в нижней трети склона на дерново-слабоподзолистых почвах, подстилаемых делювиальными суглинками значительной толщины. Уклон склона – 20°. Усохшая ель частично вырублена, остались пеньки. Древостой с проективным покрытием 75%. В A_I и A_{II} ярусах доминирует пихта, ель финская – содоминант. В подросте высока средообразующая роль клёна остролистного (высота до 9 м), пихта доминирует над елью; дуб черешчатый (*Quercus robur* L.), липа сердцелистная и берёза пушистая встречаются редко, их высота не превышает 3 м. В подлеске преобладает рябина обыкновенная высотой от 1 до 3 м с ПП 15%.

Травяной покров не густой, до 35% и включает всего 11 видов высших сосудистых растений. Доминирует кислица обыкновенная, содоминанты – майник двулистный и осока корневищная. Моховой покров относительно густой с ПП 45%. Доминирует ритидиладельфус трёхгранный. С небольшим обилием встречаются родобриум розетковидный (*Rhodobryum roseum* (Hedw.) Limpr.), брахитециум неравный (*Brachythecium salebrosum* (Hoffm. ex F. Weber & D. Mohr) Schimp.), гиелокомиум блестящий (*Hylocomium splendens* (Hedw.) Bruch et al.). Из редких видов здесь произрастают ястребинка рощевая и схизахна мозолистая.

Таблица 3

Экологическая характеристика сообществ**Ecological characteristics of community**

Экологические шкалы	Липняк лещиновый широколиственный звездчатковый	Рябинник малиновый снытево-хвощевый	Ольшаник бодяково-крапивный
Увлажнения почв Hd (1-23)	13,13 влажно-лесолуговое, влажно-лесолуговое/сыро-лесолуговое	13,24 влажно-лесолуговое, влажно-лесолуговое/сыро-лесолуговое	13,29 влажно-лесолуговое, влажно-лесолуговое/сыро-лесолуговое
Трофности почв Tr (1-19)	5,91 небогатые почвы, небогатые/ довольно богатые почвы	5,98 небогатые почвы, небогатые/довольно богатые почвы	6,36 небогатые/довольно богатые почвы, довольно богатые почвы
Богатства почв азотом Nt (1-11)	5,75 бедные азотом почвы, бедные азотом/достаточно обеспеченные азотом почвы	6,28 бедные азотом/ достаточно обеспеченные азотом почвы, достаточно обеспеченные азотом почвы	6,57 бедные азотом/ достаточно обеспеченные азотом почвы, достаточно обеспеченные азотом почвы
Кислотности почв Rc (1-13)	6,99 кислые/ слабокислые почвы, слабокислые почвы (pH=5,5-6,5)	6,46 кислые/ слабокислые почвы, слабокислые почвы (pH=5,5-6,5)	7,56 слабокислые почвы (pH=5,5-6,5), слабокислые/ нейтральные почвы
Переменности увлажнения fH (1-11)	4,93 относительно устойчивое/слабо переменное увлажнение, слабо переменное увлажнение	5,04 слабо переменное увлажнение, слабо переменное/ умеренно переменное увлажнение	6,00 слабо переменное/ умеренно переменное увлажнение
Освещенности-затенения Lc (1-9)	5,00 светлые леса	4,65 полуоткрытые пространства/светлые леса, светлые леса	4,06 полуоткрытые пространства/светлые леса, светлые леса

7. Ельник кислицево-широколиственный располагается в верхней части склона северо-восточной экспозиции на правом берегу к долине левого

притока р. Нолька (координаты N 56°51.431' E 49°02.371'). Угол склона – 2°. На площади 4 × 10 м ПП травяного покрова – 95-100%, а на остальном склоне – 75%. Удивительно, что на небольшом по площади участке была отмечена большая концентрация редких видов (5). Почва перегнойно-карбонатная, сформирована на известняково-доломитовых породах. Древостой с ПП 55%, А₁ ярус состоит из ели финской и в меньшей степени сосны обыкновенной. А_{II} ярус с ПП 10% состоит из берёзы пушистой (высота 24 м и диаметр 30 см) и вяза шершавого (*Ulmus glabra* Huds.) высотой 22 м и диаметром ствола 27 см. Клён остролистный уступает в высоте и в диаметре (высота 17 м, диаметр 18 см). Подрост (с ПП 7%) представлен вязом шершавым (высотой до 7 м), пихтой сибирской и елью финской (до 5 м высотой). ПП подлеска – до 6%. Встречаются высокие и старовозрастные кусты бересклета бородавчатого до 3 м. Здесь же растет в значительном количестве лещина обыкновенная высотой до 6 м. Рябина обыкновенная, жимолость лесная, черемуха обыкновенная не превышают в высоту 2 м, а калина обыкновенная и смородина колосистая (*Ribes spicatum* E. Robson) – 1 м. В травяном покрове – 35 видов, одно из самых богатых сообществ заказника. Доминируют пролесник многолетний и кислица обыкновенная. В значительном количестве произрастают двулепестник альпийский (*Circaea alpina* L.), майник двулистный, диплазий сибирский.

По факторам почвенных шкал (трофности, богатству почв азотом, кислотности и переменности увлажнения) и шкале освещенности-затенения оба сообщества имеют схожие экологические предпочтения (табл. 4).

Однако есть различия в характере увлажнения почв. В пихтарнике увлажнение сухолесолуговое/влажно-лесолуговое, а в ельнике – влажно-лесолуговое/сыро-лесолуговое.

Потенциальные возможности у ястребинки рощевой и диплазия сибирского не столь высоки. Оба вида занимают узкий диапазон по фактору влажности и тропности почв и согласно полученным значениям являются стеновалентами, а по фактору освещенности-затенения – эвривалентами (табл. 5).

Ястребинка рощевая по богатству почв азотом – гемиевривалент (0,64), по кислотности этот вид занимает 7 ступеней из 13 возможных и является мезовалентом. Данные по этим шкалам для диплазиума сибирского у Д.Н. Цыганова [1983] отсутствуют. Значения индекса толерантности для обоих видов позволяют отнести их к гемистенобионтам (табл. 5).

Таблица 4

Экологическая характеристика сообществ**Ecological characteristics of pine community**

Экологические шкалы	Пихтарник зеленомошно-кислищевый с елью	Ельник кислицево-широкотравный
Увлажнения почв Hd (1-23)	12,65 сухолесолуговое/влажно-лесолуговое, влажно-лесолуговое	13,20 влажно-лесолуговое, влажно-лесолуговое/сыро-лесолуговое
Трофности почв Tr (1-19)	5,65 небогатые почвы, небогатые/довольно богатые почвы	5,93 небогатые почвы, небогатые/довольно богатые почвы
Богатства почв азотом Nt (1-11)	5,72 бедные азотом почвы, бедные азотом/достаточно обеспеченные азотом почвы	5,85 бедные азотом почвы, бедные азотом/достаточно обеспеченные азотом почвы
Кислотности почв Rc (1-13)	6,46 кислые/слабокислые почвы, слабокислые почвы (pH=5,5-6,5)	6,79 кислые/слабокислые почвы, слабокислые почвы (pH=5,5-6,5)
Переменности увлажнения fH (1-11)	5,09 слабо переменное увлажнение, слабо переменное/умеренно переменное увлажнение	5,40 слабо переменное увлажнение, слабо переменное/умеренно переменное увлажнение
Освещенности-затенения Lc (1-9)	5,04 светлые леса, светлые/тенистые леса	5,22 светлые леса, светлые/тенистые леса

В исследуемых лесных фитоценозах нами обнаружены растения со статусом 3 – «редкий вид»: диплазий сибирский растет с проективным покрытием 80% на площади 4 × 6 м, пузырник судетский (корневищник судетский) – с ПП 35% на площади 1 × 1 м; небольшая ценопопуляция дремлика темно-красного и венерина башмачка настоящего в количестве 13 особей была представлена одной генеративной особью и 12 вегетирующими растениями; голокучник Роберта растет с ПП 15% на площади 2 × 4 м; отмечено всего 4 дерновинки схизахны мозолистой с 10 генеративными побегами в каждой дерновинке.

Таблица 5

Потенциальная экологическая валентность (PEV) и индекс толерантности (I_t)
Hieracium sylvularum Jord. ex Boreau и *Diplazium sibiricum*
 (Turcz. ex Kunze) Sa. Kurata or (Turcz. ex Kunze) Jermy

Potential ecological valence (PEV) and tolerance index (I_t)
Hieracium sylvularum Jord. ex Boreau and *Diplazium sibiricum*
 (Turcz. ex Kunze) Sa. Kurata or (Turcz. ex Kunze) Jermy

Экологические шкалы*	<i>Hieracium sylvularum</i>			<i>Diplazium sibiricum</i>		
	Позиция вида по шкале фактора	PEV	I_t	Позиция вида по шкале фактора	PEV	I_t
Hd (1-23)	10-14	0,22 СВ	0,41 ГСБ	12-17	0,26 СВ	0,26 ГСБ
Tr (1-19)	3-7	0,26 СВ		5-9	0,26 СВ	
Nt (1-11)	3-9	0,64 ГЭВ		-	-	
Rc (1-13)	5-11	0,54 МВ		-	-	
Lc (1-9)	3-9	0,78 ЭВ	0,78 ЭБ	3-9	0,78 ЭВ	0,78 ЭБ

Примечание: ЭВ – эвривалентный, ЭБ – эврибионтный. Остальные обозначения см. в примечании к табл. 2.

Заключение. Изучение семи лесных сообществ Государственного природного комплексного заказника республиканского значения «Горное Заделье» Республики Марий Эл с применением фитоиндикационного метода позволило охарактеризовать экологические условия экотопов этих фитоценозов по почвенным шкалам и шкале освещенности-затенения Д.Н. Цыганова. Результаты показали, что сосняки имеют одинаковые экологические предпочтения. В сосняке елово-лещиново-пролесниково-кислициевом почвы кислые/слабокислые и слабокислые, а в сосняке осочково-кислициевом – слабокислые и слабокислые/нейтральные. Почвы следующих трех сообществ небогатые, бедные/достаточно обеспеченные азотом, кислые/слабокислые/нейтральные, имеют влажно-лесолуговое/сыро-лесолуговое увлажнение с относительно устойчивым со слабо переменным/умеренно переменным увлажнением. Липняк лещиновый широко-травно-звездчатковый произрастает в условиях светлых лесов, а рябинник малиновый снытево-хвощёвый и ольшаник бодяково-крапивный предпочитают полуоткрытые пространства и светлые леса. По факторам почвен-

ных шкал (трофности, богатству почв азотом, кислотности и переменности увлажнения) и шкале освещенности-затенения пихтарник и ельник имеют схожие экологические предпочтения. Однако есть различия в характере увлажнения почв. В пихтарнике зеленомошно-кислицевом с елью увлажнение сухолесолуговое/влажно-лесолуговое, а в ельнике кислицево-широколистном – влажно-лесолуговое/сыро-лесолуговое.

В исследуемых фитоценозах обнаружены редкие виды растений, занесенные в Красную книгу Республики Марий Эл [Рыжова и др., 2023]: диплазий сибирский, пузырник судетский, ястребинка рощевая, венерин башмачок настоящий, голокучник Роберта, схизахна мозолистая, воронец красноплодный и дремлик темно-красный.

Значения потенциальных экологических валентностей и индексов толерантности позволяют оценить адаптационные способности редких видов к условиям среды. Воронец красноплодный и дремлик темно-красный имеют узкий диапазон распространения по факторам увлажнения и солевого режима почв, поэтому характеризуются как стеновалентные виды, по фактору освещенности-затенения – гемизввиваленты, предпочитают полуоткрытые пространства и светлые леса. Воронец красноплодный является гемистеновалентом по фактору богатства почв азотом и кислотности, в то время как дремлик темно-красный имеет несколько более широкий диапазон распространения и по факторам этих шкал проявляет себя как гемизври- и мезовалент. Согласно значениям индекса толерантности оба вида имеют узкий диапазон экологических предпочтений по факторам почвенных шкал: воронец красноплодный – стенобионтный вид, а дремлик темно-красный – гемистенобионтный. В пихтарнике нами обнаружены ястребинка рощевая и схизахна мозолистая. По увлажнению и солевому режиму почв оба вида – стеноваленты. Ястребинка рощевая по богатству почв азотом – гемизввивалент (0,64), по кислотности этот вид занимает 7 ступеней из 13 возможных и является мезовалентом. Данные по этим шкалам для диплазиума сибирского у Д.Н. Цыганова [1983] отсутствуют. Значения индекса толерантности для обоих видов позволяют отнести их к гемистенобионтам.

В целом все эти редкие виды имеют очень узкий диапазон распространения по почвенным шкалам, поэтому и характеризуются как гемистеновалентные и стеновалентные виды, а по отношению к комплексу факторов – гемистенобионты и стенобионты, что подчеркивает их уязвимость и важность охраны лесных экосистем заказника «Горное Заделье». С целью изучения численности этих видов и состояния их ценопопуляций необходим ежегодный мониторинг.

Вклад авторов. Богданов Г.А. – проведение полевых исследований, систематизация и анализ первичных данных; Бедова П.В. – сбор полевого материала и анализ литературных источников; Османова Г.О. – обработка первичного материала, обобщение полученных результатов и их интерпретация.

Сведения о финансировании исследования. Работа выполнена в рамках Государственного контракта № 11/А/2022 от 1.03.2022 года.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Библиографический список

Васильева Л.Н., Абрамов Н.В. Материалы к флоре Марийской АССР // Флора Марийской АССР и вопросы её охраны. Йошкар-Ола, 1981. С. 22–43.

Жукова Л.А. Методология и методика определения экологической валентности, стеноэврибионтности видов растений // Методы популяционной биологии: сб. мат. VII Всерос. популяционного семинара. Сыктывкар, 2004. Ч. 1. С. 75–76.

Жукова Л.А., Дорогова Ю.А., Турмухаметова Н.В., Гаврилова М.Н., Полянская Т.А. Экологические шкалы и методы анализа экологического разнообразия растений: монография. Йошкар-Ола: Мар. гос. ун-т, 2010. 368 с.

Зубкова Е.В., Ханина Л.Г., Грохлина Т.И., Дорогова Ю.А. Компьютерная обработка геоботанических описаний по экологическим шкалам с помощью программы EcoScaleWin. Йошкар-Ола: Мар. гос. ун-т. 2008. 96 с.

Красная книга Республики Марий Эл. Том «Растения. Грибы» / сост. Г.А. Богданов, Н.В. Абрамов, Г.П. Урбанавичюс, Л.Г. Богданова. Йошкар-Ола: Мар. гос. ун-т, 2013. 324 с.

Рыжова Л.В., Жукова О.В., Суетина Ю.Г., Богданов Г.А., Урбанавичюс Г.П., Бекмансуров М.В. Красная книга Республики Марий Эл. Растения. Грибы / под ред. О.Г. Барановой, Л.В. Рыжовой, Ю.Г. Суетиной. Йошкар-Ола: Мар. гос. ун-т, 2023. 352 с.

Цыганов Д.Н. Фитоиндикация экологических режимов в подзоне хвойно-широколиственных лесов. М.: Наука, 1983. 198 с.

Braun-Blanquet J. Pflanzensoziologie. 3 Aufl. Wien; New York: Springer-Verlag, 1964. 865 s.

References

Braun-Blanquet J. Pflanzensoziologie. 3 Aufl. Wien; New York: Springer-Verlag, 1964. 865 s.

Ryzhova L.V., Zhukova O.V., Suetina Yu.G., Bogdanov G.A., Urbanavichyus G.P., Bekmansurov M.V. Red Book of the Republic of Mari El. Plants. Mushrooms / ed. by O.G. Baranova, L.V. Ryzhova, Yu.G. Suetina. Yoshkar-Ola: Mari State University, 2023. 352 p. (In Russ.)

The Red Book of the Mari El Republic. Vol. "Plants. Mushrooms" / authors G.A. Bogdanov, N.V. Abramov, G.P. Urbanavichyus, L.G. Bogdanova. Yoshkar-Ola: Mari State University, 2013. 324 p. (In Russ.)

Tsyganov D.N. Phytoindication of ecological regimes in the subzone of coniferous-deciduous forests. Moscow: Nauka, 1983. 198 p. (In Russ.)

Vasilyeva L.N., Abramov N.V. Materials to the flora of the Mari ASSR. *The flora of the Mari ASSR and questions of its conservation*. Yoshkar-Ola, 1981, pp. 22–43. (In Russ.)

Zhukova L.A. Methodology and methods of determining the ecological valence, stenoeurybiontism of plant species. *Methods of population biology*: collection of mat. of the VII All-Russ. population seminar. Syktyvkar, 2004, part 1, pp. 75–76. (In Russ.)

Zhukova L.A., Dorogova Yu.A., Turmukhametova N.V., Gavrilova M.N., Polyanskaya T.A. Ecological scales and methods of analysis of ecological diversity of plants: monograph. Yoshkar-Ola: Mari State University, 2010. 368 p. (In Russ.)

Zubkova E.V., Khanina L.G., Grokhlina T.I., Dorogova Yu.A. Computer processing of geobotanical descriptions according to ecological scales using the EcoScaleWin program. Yoshkar-Ola: Mari State University. 2008. 96 p. (In Russ.)

Материал поступил в редакцию 10.07.2025

Богданов Г.А., Османова Г.О., Бедова П.В. Фитоиндикационная оценка лесных сообществ Государственного природного комплексного заказника республиканского значения «Горное Заделье» Республики Марий Эл // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. 2025. Вып. 256. С. 97–114. DOI: 10.21266/2079-4304.2025.256.97-114

В статье представлены результаты изучения семи лесных сообществ Государственного природного комплексного заказника республиканского значения «Горное Заделье» Республики Марий Эл: 1) *Pinus sylvestris* L. + *Picea × fennica* (Regel) Kom. – *Corylus avellana* L. – *Oxalis acetosella* L. + *Mercurialis perennis* L.; 2) *Pinus sylvestris* L. – *Carex rhizina* Blytt ex Lindblom + *Oxalis acetosella* L.; 3) *Tilia cordata* Mill. – *Corylus avellana* L. – *Stellaria holostea* L.; 4) *Sorbus aucuparia* L. – *Rubus idaeus* L. + *Aegopodium podagraria* L. + *Equisetum pratense* Ehrh.; 5) *Alnus incana* (L.) Moench – *Cirsium oleraceum* (L.) Scop. + *Urtica dioica* L.; 6) *Abies sibirica* Ledeb. + *Picea × fennica* (Regel) Kom. – *Oxalis acetosella* L. – *Rhytidadelphus triquetrus* (Hedw.) Warnst.; 7) *Picea × fennica* (Regel) Kom. – *Oxalis acetosella* L. + *Mercurialis perennis* L. Дана характеристика лесных фитоценозов и фитоиндикационная оценка экотопов по почвенным шкалам и шкале освещенности-затенения Д.Н. Цыганова. Результаты показали, что почвы исследуемых фитоценозов небогатые, бедные/достаточно обеспеченные азотом; кислые/слабокислые/нейтральные; имеют сухолесолуговое/влажно-лесолуговое/сыро-лесолуговое увлажнение с относительно устойчивым со слабо переменным/умеренно переменным увлажнением; предпочитают полуоткрытые

пространства, светлые и тенистые леса. В исследуемых фитоценозах обнаружены редкие виды растений: *Diplazium sibiricum* (Turcz. ex Kunze) Sa. Kurata or (Turcz. ex Kunze) Jermy, *Cystopteris sudetica* A. Braun et Milde [*Rhizomatospteris sudetica* (A. Braun et Milde) A.P. Khokhr.], *Hieracium sylvularum* Jord. ex Boreau, *Cypripedium calceolus* L., *Gymnocarpium robertianum* (Hoffm.) Newman, *Schizachne callosa* (Turcz. ex Griseb.) Ohwi, *Actaea erythrocarpa* Fisch. и *Epipactis atrorubens* (Hoffm. ex Bernh.) Besser. Значения потенциальных экологических валентностей и индексов толерантности позволяют оценить адаптационные способности редких видов к условиям среды. Практически все они имеют узкий диапазон распространения по почвенным шкалам и характеризуются как гемистеновалентные и стеновалентные виды, а по отношению к комплексу факторов являются гемистенобионтами и стенобионтами, что подчеркивает их уязвимость и важность охраны лесных экосистем данного заказника.

Ключевые слова: фитоиндикация, экологические шкалы, потенциальная экологическая валентность, индекс толерантности, лесные фитоценозы, редкие виды, ООПТ «Горное Заделье», Республика Марий Эл.

Bogdanov G.A., Osmanova G.O., Bedova P.V. Phytoindication assessment of forest communities of the State nature complex reserve of republican significance «Gornoye Zadelye» of the Republic of Mari El. *Izvestia Sankt-Peterburgskoj Lesotekhnicheskoy Akademii*, 2025, iss. 256, pp. 97–114 (in Russian with English summary). DOI: 10.21266/2079-4304.2025.256.97-114

The article presents the results of a study of seven forest communities of the State Nature Complex Reserve of Republican Significance “Gornoye Zadelye” of the Mari El Republic: 1) *Pinus sylvestris* L. + *Picea × fennica* (Regel) Kom. – *Corylus avellana* L. – *Oxalis acetosella* L. + *Mercurialis perennis* L.; 2) *Pinus sylvestris* L. – *Carex rhizina* Blytt ex Lindblom + *Oxalis acetosella* L.; 3) *Tilia cordata* Mill. – *Corylus avellana* L. – *Stellaria holostea* L.; 4) *Sorbus aucuparia* L. – *Rubus idaeus* L. + *Aegopodium podagraria* L. + *Equisetum pratense* Ehrh.; 5) *Alnus incana* (L.) Moench – *Cirsium oleraceum* (L.) Scop. + *Urtica dioica* L.; 6) *Abies sibirica* Ledeb. + *Picea × fennica* (Regel) Kom. – *Oxalis acetosella* L. – *Rhytidadelphus triquetrus* (Hedw.) Warnst.; 7) *Picea × fennica* (Regel) Kom. – *Oxalis acetosella* L. + *Mercurialis perennis* L. The characteristics of forest phytocenoses and phytoindication assessment of ecotopes are given according to soil scales and the illumination-shading scale of D.N. Tsyganov. The results showed that the soils of the studied phytocenoses are poor, poor/sufficiently supplied with nitrogen; acidic/slightly acidic/neutral; have dry forest-meadow/wet forest-meadow/damp forest-meadow moisture with relatively stable with slightly variable/moderately variable moisture; prefer semi-open spaces, light and shady forests. Rare plant species were found in the studied phytocenoses: *Diplazium sibiricum* (Turcz. ex Kunze) Sa. Kurata or (Turcz. ex Kunze) Jermy, *Cystopteris sudetica* A. Braun et Milde [*Rhizomatospteris sudetica* (A. Braun et Milde) A.P. Khokhr.], *Hieracium sylvularum* Jord. ex Boreau, *Cypripedium calceolus* L., *Gymnocarpium robertianum* (Hoffm.)

Newman, *Schizachne callosa* (Turcz. ex Griseb.) Ohwi, *Actaea erythrocarpa* Fisch. и *Epipactis atrorubens* (Hoffm. ex Bernh.) Besser. The values of potential ecological valences and tolerance indices allow us to assess the adaptive abilities of rare species to environmental conditions. Almost all of them have a narrow distribution range on soil scales and are characterized as hemisthenovalent and stenovalent species, and in relation to a complex of factors they are hemisthenobionts and stenobionts, which emphasizes their vulnerability and the importance of protecting the forest ecosystems of this reserve.

Key words: phytoindication, ecological scales, potential ecological valence, tolerance index, forest phytocenoses, rare species, “Gornoye Zadelye” protected area, Mari El Republic

БОГДАНОВ Геннадий Алексеевич – старший научный сотрудник ГПЗ «Большая Кокшага». SPIN-код: ORCID: 0000-0002-9662-9836.

424038, ул. Воинов-Интернационалистов, д. 26, г. Йошкар-Ола, Республика Марий Эл, Россия. E-mail: gabogdanov@mail.ru

BOGDANOV Gennadiy A. – Senior Researcher of the State Nature Reserve «Bolshaya Kokshaga». SPIN-code: ORCID: 0000-0002-9662-9836.

424038. Voinov-Internationalistov str. 26. Yoshkar-Ola. Republic of Mari El. Russia. E-mail: gabogdanov@mail.ru

ОСМАНОВА Гюльнара Орудж кзы – доцент кафедры экологии и фармации Марийского государственного университета, профессор, доктор биологических наук. SPIN-код: 9170-1841. ORCID: 0000-0002-7553-8580.

424002, ул. Осипенко, д. 60, г. Йошкар-Ола, Республика Марий Эл, Россия. E-mail: gyosmanova@yandex.ru

OSMANOVA Gulnara O. – DSc (Biological), Associate Professor of the Department of Ecology and Pharmacy of Mari State University, Professor. SPIN-code: 9170-1841. ORCID: 0000-0002-7553-8580.

424038. Osipenko str. 60. Yoshkar-Ola. Republic of Mari El. Russia. E-mail: gyosmanova@yandex.ru

БЕДОВА Прасковья Владимировна – доцент кафедры биологии Марийского государственного университета, кандидат биологических наук. SPIN-код: 5164-0619. ORCID: 0000-0003-4200-6534.

424002, ул. Осипенко, д. 60, г. Йошкар-Ола, Республика Марий Эл, Россия. E-mail: bedova@marsu.ru

BEDOVA Praskovya V. – PhD (Biological), Associate Professor of the Department of Biology of Mari State University. SPIN-code: 5164-0619. ORCID: 0000-0003-4200-6534.

424038. Osipenko str. 60. Yoshkar-Ola. Republic of Mari El. Russia. E-mail: bedova@marsu.ru