

УДК 581.52 (571.5) + 551.4.01/02

С. И. ШАМАНОВА\*, С. Б. КУЗЬМИН\*\*, С. Г. КАЗАНОВСКИЙ\*, А. С. ПЛЕШАНОВ\*

\*Сибирский институт физиологии и биохимии растений СО РАН, г. Иркутск

\*\*Институт географии СО РАН, г. Иркутск

## ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ГОЛУБОЙ ЕЛИ (*PICEA OBOVATA* VAR. *ALTAICA*) НА ХАМАР-ДАБАНЕ

Представлены некоторые результаты геоботанических и геоморфологических исследований распространения насаждений голубой ели (*Picea obovata* var. *altaica* (Терл.) Ком.) в хамар-дабанской популяции этого таксона на эталонном участке Мамай–Выдриная. Установлена достоверная и устойчивая связь морфологических характеристик деревьев с возрастной динамикой древостоев, ведущими геоботаническими показателями лесов, вмещающих насаждения голубой ели, геолого-геоморфологическими и природно-климатическими условиями мест произрастания. Среди геоботанических показателей существенными оказываются тип леса и состав древостоя, сомкнутость крон деревьев и кустарникового яруса, проективное покрытие напочвенного покрова. Возрастная динамика древостоев голубой ели определяется стадией роста, классом и группой возраста. Важны также характеристики микрорельефа и состав обломочного геологического материала, на котором произрастают деревья, их положение в высотном поясе ландшафта со специфической морфометрией макрорельефа, видами и особенностями протекания геоморфологических процессов, природно-климатические и другие ландшафтные условия роста деревьев.

Ключевые слова: геоботанические и геоморфологические характеристики мест произрастания, возрастная динамика древостоев, хр. Хамар-Дабан.

We report on some results from geobotanical and geomorphological investigations into the distribution of blue spruce (*Picea obovata* var. *altaica* (Terl.) Kom.) stands in the Khamar-Daban population of this taxon in the Mamai–Vydrinaya reference area. It is found that the morphological characteristics of trees exhibit a reliable and consistent correlation with the age dynamics of timber stands, leading geobotanical indicators of forests incorporating blue spruce stands, and with geologo-geomorphological and natural-climatic conditions of habitats. Of particular importance among the geobotanical indicators are the forest type and stand composition, crown closure of trees and shrub layers, and projective cover of the soil mantle. The age dynamics of blue spruce stands is determined by the growth stage, and by the age class and group. Also, the characteristics of microrelief and the composition of geological debris material, on which the trees grow, are of significance, their position in the altitudinal belt of landscape with a specific morphometry of macrorelief and the kinds and peculiarities of ongoing geomorphological processes, and the natural-climatic and other landscape conditions for tree growth.

Keywords: geobotanical and geomorphological characteristics of habitats, age dynamics of stands, Khamar-Daban Range.

### ВВЕДЕНИЕ

Знание особенностей географической зональности природных комплексов, высотной поясности ландшафтов, физико-географических условий мест непосредственного произрастания отдельных видов и популяций растений необходимо для понимания закономерностей их современного распространения, факторов среды обитания, определяющих биоценотический статус, оценки вероятности инвазий в те или иные регионы и возможности интродукции [1–3]. Характерная для *Picea obovata* var. *altaica* (Терл.) Ком. голубая или сизая окраска хвои встречается повсеместно у ели сибирской в южных горных и предгорных районах Сибири. Такие деревья произрастают обычно небольшими группами в массивах ельников с обычной зеленой окраской хвои. В отдельных регионах несколько таких пространственно сближенных групп образуют популяции. В настоящее время *P. obovata* var. *altaica* занесена в Красные книги Читинской области (ныне Забайкальский край) и Республики Бурятия в связи с ее крайне редким распространением, отсутствием широких ареалов и высокими эстетическими и декоративными качествами.

Впервые в Сибирском регионе разновидность ели сибирской с сизой окраской хвои была описана в 1868 г. на Алтае как *Picea excelsa* var. *altaica* Терл., а впоследствии, в первой половине XX в., — на Алтае и в Туве как *Picea obovata* var. *altaica* (Терл.) Ком. [4]. В горах юга Восточной Сибири голубая разновидность ели впервые описана Л. И. Малышевым в 1957 г. в долине р. Шумак как *Picea obo-*

*vata* var. *coerulea* Malysch. [5]. В настоящее время *P. obovata* var. *coerulea* рассматривается как синоним *P. obovata* var. *altaica* [6]. Мы также склонны принять идентичность этих таксонов и считать *P. obovata* var. *coerulea* более поздним (по времени обнаружения) синонимом *P. obovata* var. *altaica*, основываясь на сходстве морфологических признаков и анализе их распространения в южных районах Восточной Сибири.

Если ботанические и морфологические характеристики *P. obovata* var. *altaica* так или иначе изложены в литературе, в том числе и нами [7, 8], то географическим и климатическим (экологическим) условиям ее произрастания уделено мало внимания. Поэтому главная задача настоящего исследования — геоморфологический и геоботанический анализ мест произрастания и морфологии *P. obovata* var. *altaica* в ее хамар-дабанской популяции на примере эталонного участка Мамай–Выдриная в Южном Прибайкалье.

### МЕТОДЫ И ПРОЦЕДУРА ИССЛЕДОВАНИЙ

Геоботанические исследования включали комплексное изучение *P. obovata* var. *altaica*, экологических условий мест произрастания, экотопов и биотопов. Учитывалось, что развитие фитоценозов зависит от комплекса физико-географических факторов, среди которых особая роль отводится рельефу как трансформатору тепла и влаги — основных регуляторов развития и распространения растений и их популяций [9, 10]. Внимание акцентировано также на лесной типологии, географических особенностях лесообразовательного процесса, закономерностях роста и продуктивности древостоев [11, 12].

Использовались стандартные методы геоботанических исследований [13, 14], главным объектом которых при описании конкретных точек наблюдения был фитоценоз. Последний понимался нами как закономерная совокупность видов растений, приспособившихся к совместному существованию в результате продолжительной истории развития в определенных неизменных или слабо измененных экологических условиях. Для разграничения фитоценозов использовался доминантный принцип (выделение видов-доминантов), по которому фитоценозы с одинаковыми видами-доминантами, пусть и различающиеся по составу видов, имеющих небольшое обилие, объединяются в растительные ассоциации. Авторы руководствовались также методическими рекомендациями по исследованиям еловых лесов и насаждений в составе других типов леса таежной зоны не только Сибири, но и всей России [15–17].

При изучении лесных фитоценозов важно их вертикальное строение [18], поэтому нами выделялись ярусы, которые расчленялись по жизненным формам растений на древесный, кустарниковый, травяно-кустарничковый, мохово-лишайниковый. Поскольку ярус — понятие не только морфологическое, но и экологическое, фитоценологическое [19], то деревья меньшей высоты из-за их молодости или угнетенности выделялись в пологи.

Площадь пробного участка в точках наблюдения (ТН) составляла 100 м<sup>2</sup>. Они выбирались по наличию в первом ярусе *P. obovata* var. *altaica*. Зрелые деревья типовой разновидности *P. obovata* Ledeb. с зеленой хвоей на пробных площадках отсутствовали. Для выяснения роли древесных пород в фитоценозе составлялась формула древостоя методом оценки соотношения между численностью деревьев. Проективное напочвенное покрытие определялось глазомерно. Для оценки обилия видов растений применялась шкала Друде. Возраст древостоев определялся с помощью глазомерной съемки либо с применением лесотаксационных материалов. Сомкнутость крон деревьев и подлеска вычислялась по специальной шкале [20]. Толщина стволов измерялась непосредственно в полевых условиях или устанавливалась по высоте деревьев [21].

Оценка возрастной структуры древостоев голубой ели базировалась на методических принципах ее типизации Г. Е. Комина [22, 23] с учетом работ по возрастной структуре и динамике еловых насаждений на севере европейской части России и в Сибири [24, 25]. Для корректировки возрастной динамики принимался во внимание тип леса, вмещающего насаждения голубой ели, который с позиций генетической классификации рассматривался как этап лесообразующего процесса, а тип насаждения — как восстановительная и возрастная стадия развития типа леса. Основу генетической классификации составляет тип лесорастительных условий, который определяется рельефом, почвенным покровом, водным режимом, т. е. факторами, обеспечивающими одинаковый лесорастительный эффект. Нами использованы генетические признаки, основу которых составляет тип лесорастительных условий, генезис и близкие формы восстановительно-возрастной динамики видов-эдификаторов [26–29].

Возрастная динамика древостоев голубой ели определялась на основе трех показателей: 1) стадии роста, или абсолютного возраста преимущественной части древостоев; 2) класса возраста, или возрастного интервала, устанавливаемого в зависимости от биологических особенностей древесных пород и характеристики возрастной структуры древостоев; 3) группы возраста, или распределения древостоев в зависимости от возраста спелости и продолжительности классов возраста. В лесной таксации различают: молодняки — насаждения I и II классов возраста; средневозрастные — насаждения начиная с III класса возраста и ограниченные возрастом приспеваания; приспевающие — насаждения одного или двух классов возраста, предшествующих возрасту спелости леса; спелые — насаждения, достигшие установленного возраста рубки леса; перестойные — насаждения, превышающие возраст рубки леса на два класса и более. Возраст спелости леса — это состояние, наиболее соответствующее функциональному назначению лесов. Различают естественную, техническую, защитную и другие виды спелости, возраст которых позволяет определить возраст рубки древостоев. Для изучаемых нами насаждений голубой ели возможно применение рубок главного пользования, обусловленных естественной спелостью, и лесовосстановительных рубок, поэтому возраст рубок устанавливается в 80 лет [30–32].

При исследовании применены стандартные геоморфологические методы, связанные с представлениями о ярусности рельефа, которая, наряду с подстилающим геологическим субстратом, является основой при определении высотной поясности ландшафтов. Ярусность рельефа представлена как последовательная смена типов рельефа с высотой, обусловленная климатической зональностью или неотектонической историей развития гор. Нами использовано более узкое, имеющее отношение к региональным и локальным условиям понятие ярусов рельефа как его типичных высотных уровней, которые отличаются своеобразием морфологии земной поверхности и особенностями протекания геоморфологических процессов, а также занимают конкретное гипсометрическое положение. В каждой региональной и локальной ситуации ярусность рельефа проявляется по-разному: некоторые ярусы выпадают, а строение других усложняется, и по простиранию в них могут выделяться отличные друг от друга сегменты. Именно высотные пояса ландшафта или ярусы рельефа использованы нами в качестве главного признака влияния геоморфологических факторов на характер произрастания (строение экотопов) и собственно морфологию *Picea obovata* var. *altaica* [33, 34].

### РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

В хамар-дабанской популяции представлены разновозрастные группы *P. obovata* var. *altaica*. Был выбран небольшой участок произрастания голубой ели в долине р. Большой Мамай и нижнем течении р. Выдриной. Эти фрагменты пространственно очень сближены, но представлены на разных высотных уровнях ландшафтов, что позволило нам расположить их на гипотетическом ландшафтно-геоморфологическом профиле от среднегорья до предгорных равнин хр. Хамар-Дабан, прилегающих к оз. Байкал (рис. 1).

Эталонный участок Мамай–Выдриная расположен на северном макросклоне хр. Хамар-Дабан, в долине Большого Мамаея (от верховий до выхода из гор), в нижнем течении Выдриной (в 2–2,5 км от ее впадения в оз. Байкал). Насаждения голубой ели произрастают в окружении елово-пихтового щитовниково-черничного, елово-пихтового с кедровым стлаником баданово-зеленомошного, елово-пихтового с кедром орляково-баданово-зеленомошного и кедрово-елово-пихтового с березой чернично-зеленомошного леса в горных и предгорных ландшафтах долины Большого Мамаея с активным развитием мохового покрова и в окружении елово-березового с кедром брусничного, кедрово-березово-елового с пихтой чернично-зеленомошного и тополево-елово-березового вейникового леса в пойменно-террасовых ландшафтах низовой долины Выдриной с меньшим развитием мохового покрова.

Хамар-дабанская популяция голубой ели расположена в Выдринском лесничестве, для которого в 80-х гг. XX в. были проведены лесоустроительные работы. Материалы лесоинвентаризации учитывали входение *P. obovata* Ledeb. (площадь в лесничестве — 21 004 га) и *P. obovata* var. *altaica* (площадь в лесничестве — 11 225 га) в формулы состава древостоя и подростов таксационных выделов лесничества. В основном это кедровые леса широколиственные, пихтово-стланиковые и бадановые. Возобновление *P. obovata* var. *altaica* идет более активно по сравнению с *P. obovata* Ledeb. (соотношение подростов составляет 3,8, или 869 га к 229 га), однако собственно в древостое голубая ель значительно уступает ее зеленой форме (10 365 га и 20 775 га соответственно) [35].

Полевые исследования проведены в семи ТН, четыре из которых находятся в долине Большого Мамаея и три — в нижнем течении Выдриной. В них сделаны стандартные геоботанические описания *P. obovata* var. *altaica* и вмещающих ее древостоев, а также проведены географические и геоморфоло-

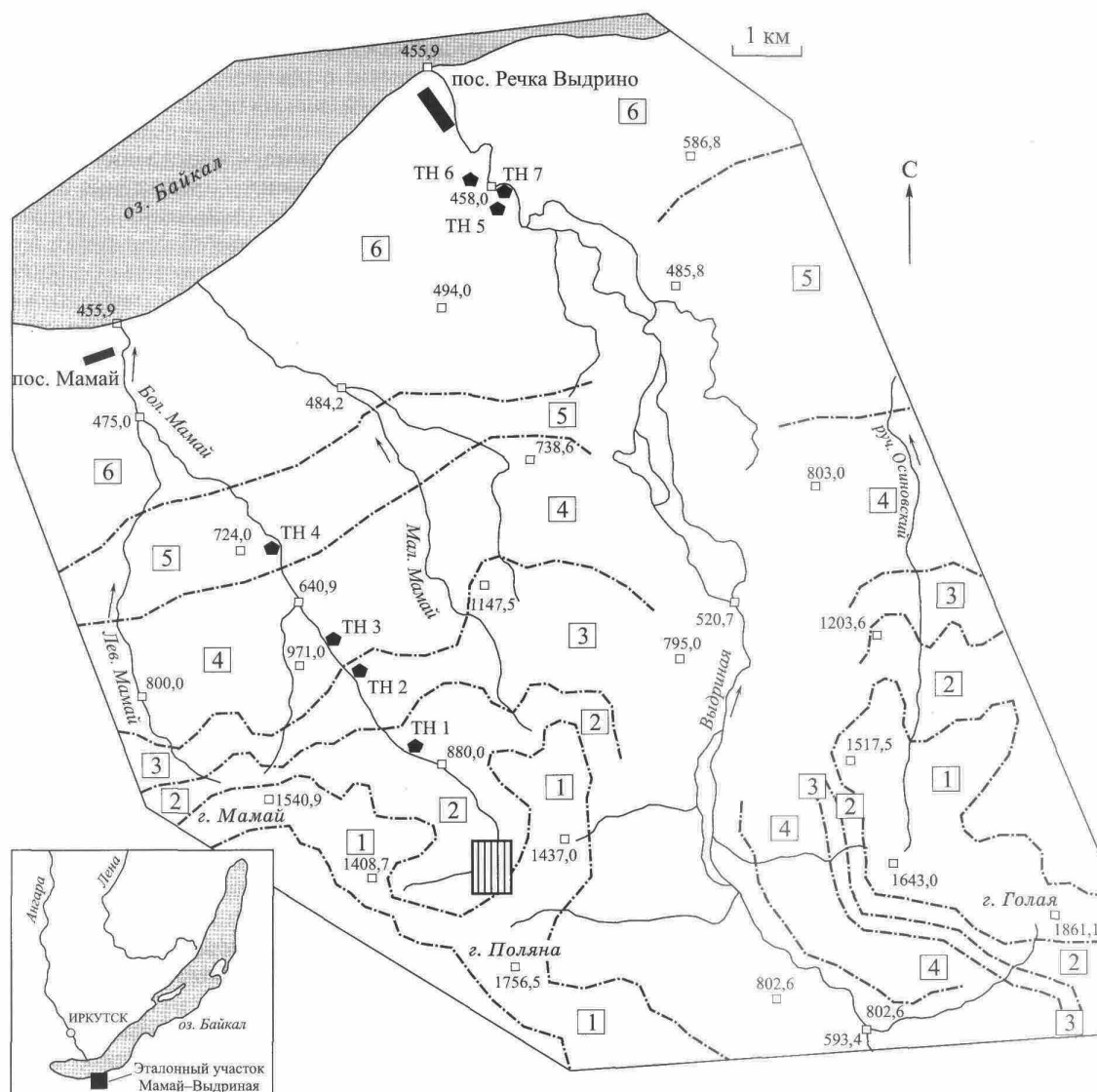


Рис. 1. Эталонный участок Мамай–Выдриная.

Высотные пояса ландшафта (цифры в квадратах): 1 — гольцовый, 2 — подгольцовый, 3 — предгольцовых склонов, 4 — склоновый, 5 — предгорный, 6 — прибрежно-равнинный. ТН 1–7 — точки наблюдения. Заштрихованным прямоугольником обозначен участок долины р. Большой Мамай (см. рис. 2).

гические исследования мест их произрастания. Одновременно изучены некоторые морфологические характеристики деревьев на фоне типов леса, возрастной динамики древостоев голубой ели, высотных поясов ландшафтов, абсолютных гипсометрических положений эко- и биотопов, состава грунтов, микро- и макроморфологии рельефа, видов и характера геоморфологических процессов (табл. 1, 2).

Морфологические показатели *P. obovata* var. *altaica* (высота деревьев и толщина стволов) имеют отчетливую связь с некоторыми геоботаническими характеристиками (тип леса, сомкнутость древостоя, кустарниковый ярус и его видовые свойства, проективное напочвенное покрытие), возрастной динамикой древостоев, особенностями микрорельефа и обломочного геологического субстрата в местах произрастания деревьев, высотной поясностью ландшафтов, абсолютным высотным положением экотопов, макрорельефом и его морфологией, характером протекания геоморфологических процессов.

Геоморфологическая характеристика мест произрастания *Picea obovata* var. *altaica* (Tep.) Kom. на эталонном участке Мамай–Выдриная

ТН	Высотный пояс ландшафта	Абс. высота, м	Морфология рельефа	Геоморфологические процессы
1	Подгольцовый	890	Рельеф среднегорный, высоты 1300–1400 м; чередование крутых склонов и долин мелких притоков	Линейная эрозия, крип на склонах, десерпция на водоразделах; морозобойное растрескивание в нивальных нишах
2	Предгольцовых склонов	780	Рельеф среднегорный, высоты 1000–1100 м; склоны средней крутизны, плоские долины и водоразделы	Линейная эрозия, делювиальное смешение материала на склонах, десерпция и режелация на водоразделах
3	Склоновый	760	Рельеф низкогорный, высоты 900–1000 м; склоны средней крутизны, плоские долины и водоразделы	Линейная эрозия, делювиальное смешение материала на обнаженных участках склонов, десерпция на водоразделах
4	Предгорный	600	Рельеф низкогорный, высоты 700–800 м; пологие склоны, плоская долина с выходом на предгорную равнину	Линейная и плоскостная эрозия, крип и десерпция на склонах, заболачивание и аккумуляция рыхлого материала в долине
5	Террасово-долинный	490	Рельеф равнинный, высоты 490–500 м; плоская первая надпойменная терраса р. Выдриной; бугристо-западинный микрорельеф	Термоэрозия и морозное полигональное пучение грунтов — зимой, суффозия и просадки грунта — летом
6		480		
7	Пойменно-долинный	460	Рельеф плоский, высоты 460 м; пойма р. Выдриной; бугристо-западинный микрорельеф	Заболачивание, линейная и боковая эрозия, режелация, термоэрозия, пучение грунтов

В отношении показателей лесных насаждений, вмещающих древостои голубой ели, отметим, что в ТН 2, где *P. obovata* var. *altaica* наименее развита, она произрастает в елово-пихтовом лесу с хорошо развитым кустарниковым ярусом из кедрового стланика высотой до 2 м и малины обыкновенной, которые, вероятно, и тормозят развитие ее всходов и рост молодых растений. Выше по долине Большого Мамаю в ТН 1 небольшие группы и единичные экземпляры голубой ели распространены в разреженном елово-пихтовом лесу. Ниже по долине Большого Мамаю, в ТН 3, *P. obovata* var. *altaica* произрастает маленькими группами и отдельными деревьями в елово-пихтовом лесу с кедром, а в ТН 4 уже значительными по площади группами в кедрово-елово-пихтовом лесу с примесью березы. В нижнем течении Выдриной в ТН 5 голубая ель встречается мелкими группами в елово-березовом лесу с примесью кедра, в ТН 6 — в кедрово-березово-еловом лесу с примесью пихты, а также в ТН 7 — в виде более крупных групп в тополево-елово-березовом лесу. В ТН 7 голубая ель входит в состав тополевых и березовых насаждений, иногда образует небольшие ареалы, что можно рассматривать как естественный лесообразующий процесс в пойменно-долинных геоморфологических условиях, не связанный с сукцессиями [36].

Кустарниковый ярус хорошо развит только в ТН 2 и представлен кедровым стлаником, единично малиной обыкновенной, в ТН 4 он отсутствует. В ТН 1 и 3 кустарниковый ярус развит слабо: в ТН 1 включает рябину сибирскую, бузину сибирскую, малину сахалинскую, жимолость Палласа; в ТН 3 — рябину сибирскую, жимолость Палласа. В ТН 7 кустарниковый ярус развит умеренно и представлен черемухой обыкновенной и таволгой иволистой, единично рябиной сибирской, жимолостью Палласа, шиповником иглистым, боярышником кроваво-красным. В ТН 5 и 6 кустарниковый ярус не выражен, единично встречается рябина сибирская высотой 1–3 м.

Анализ возрастной динамики древостоев *P. obovata* var. *altaica* показывает, что классы и группы их возраста находятся в прямой зависимости от стадии роста деревьев, а в совокупности в значительной степени определяют и их морфологические характеристики (высоту деревьев и толщину стволов) наряду с геоботаническими и физико-географическими условиями.

В группу возраста «молодняки» попали древостои голубой ели в ТН 2, 3 и 6, которым характерны I (ТН 2) и II (ТН 3, 6) классы возраста. Стадия роста в ТН 2 составляет 15–20 лет, а в ТН 3 и 6 — 30–40 лет. Тем не менее в ТН 3 деревья ниже, но толще, чем в ТН 6, что обусловлено характеристиками вмещающего леса и геолого-геоморфологическими факторами. В ТН 3 насаждения голубой ели расположены в третьем ярусе, где над ними доминируют кедр и пихта с показателями сомкнутости крон 0,7, пихта преобладает в составе древостоя, а сомкнутость подлеска всего 0,1. Несмотря на то

Таблица 2

Геоботанические показатели *Picea obovata* var. *altaica* (Terl.) Kom. на эталонном участке Мамай–Выдриная

ТН	Высотный пояс ландшафта	Характеристика леса, вмещающего насаждения голубой ели						Морфологические параметры деревьев				Возрастная динамика древостоев голубой ели	
		тип леса	состав древостоя	сомкнутость		проективное покрытие напочвенного покрова, %		высота, м	диаметр ствола, см	стадия роста, лет	класс возраста	группа возраста	
				крон	подлеска	травяно-кустарничковый ярус	мохово-лишайниковый ярус						
1	Подгольцовый	Елово-пихтовый шиштовниково-черничный	8П2Е	0,6	0,1	60	25	12–15	16–18	40–50	III	Средневозрастные	
2	Предгольцовых склонов	Елово-пихтовый с кедровым стлаником баданово-зеленомошный	6П4Е	0,5	0,5	85	60	1,5–6	6–7	15–20	I	Молодняки	
3	Склоновый	Елово-пихтовый с кедром орляково-баданово-зеленомошный	5П4Е1К	0,7	0,1	60	5	12–15	17–20	30–40	II	Молодняки	
4	Предгорный	Кедрово-елово-пихтовый с березой чернично-зеленомошный	4П3Е2К1Б	0,6	0,0	50	90	25–28	25–33	70–90	IV–V	Приспевающие и спелые	
5	Террасово-долинный	Елово-березовый с кедром брусеничный	5Б3Е2К+П	0,8	0,01	50	25	12–15	15–18	40–50	III	Средневозрастные	
6		Кедрово-березово-еловый с пихтой чернично-зеленомошный	4Е3Б2К1П	0,6	0,4	40	80	15–18	15–18	30–40	II	Молодняки	
7	Пойменно-долинный	Тополово-елово-березовый ветниковый	5Б3Е2Т	0,7	0,2	90	0	18–20	20–23	50–60	III	Средневозрастные	

что в ТН 6 насаждения голубой ели расположены также в третьем ярусе, над ними доминируют береза и кедр с меньшим показателем сомкнутости крон — 0,6, в составе древостоя преобладает голубая ель, а сомкнутость подлеска возрастает до 0,4. Развитый подлесок в ТН 6, вероятно, сдерживает рост камбиальной массы у взрослых деревьев и нарастание их толщины. В ТН 3 бедные органическими веществами маломощные почвы с включениями дресвы не способствуют росту деревьев в высоту, что отмечается и в ТН 6, где экспонированы хорошо развитые суглинистые почвы надпойменной террасы. Ограничению роста деревьев в высоту и увеличению роста в диаметре в ТН 3 способствуют крупнобугристый микрорельеф на мелко- и среднеобломочном делювиальном материале с выступами крупных глыб, активное смещение делювия, боковая эрозия (низкие и более толстые деревья крепче держатся в таком грунте за счет поступления питательных веществ в корневую систему). В ТН 6 микрорельеф мелкозападинный, в основном пологий, на песчано-гравийном аллювии первой надпойменной террасы со слабым развитием экзогенных процессов. Древостои голубой ели в ТН 6 расположены в террасово-долинном прибрежном высотном поясе ландшафтов с более благоприятными природно-климатическими условиями для роста, чем в ТН 3, которая находится в склоновом высотном поясе.

В группу «средневозрастные» попали древостои голубой ели в ТН 1, 5 и 7, где для них характерен III класс возраста. Стадия роста составляет: 40–50 лет для ТН 1 и 5 и 50–60 лет для ТН 7. Характеристики леса, вмещающего насаждения голубой ели, в ТН 1 и 5 примерно одинаковые, и некоторые вариации в морфологических параметрах деревьев связаны главным образом с физико-географическими условиями — характером микрорельефа, геологического субстрата, геоморфологических процессов и климата.

В группу «приспевающие» и «спелые» попали древостои голубой ели в ТН 4, для которых типичны IV и V классы возраста. Стадия роста составляет 70–90 лет. Максимальное развитие морфологических параметров голубой ели именно в ТН 4 связано со всем комплексом экологических условий произрастания. Экотопы голубой ели здесь расположены в предгорном высотном поясе ландшафта с благоприятными природно-климатическими условиями для роста, на пологом придолинном склоне со слабым развитием экзогенных процессов, на мелкообломочном делювиальном материале с развитой супесчано-суглинистой почвой, которые обеспечивают хороший промывной режим увлажнения грунтов. В формуле древостоя вмещающего леса ель лишь немного уступает пихте, но доминирует над ней по положению в высотном ярусе: ель — в первом, пихта — в третьем. Располагаясь в первом ярусе, ель незначительно уступает по абсолютной высоте кедру: 25–28 и 27–30 м соответственно.

Характер проективного покрытия напочвенного покрова может также оказывать влияние на морфологию деревьев и структуру древостоев в насаждениях голубой ели. Например, для разновозрастных групп древостоев в ТН 1, 5 и 7 при одинаково редком подросте с низкой сомкнутостью напочвенный покров играет экранирующую роль, защищая почвы от выхолаживания. Поэтому даже в подгольцовом высотном поясе в ТН 1 в экстремальных экологических условиях смогли развиваться 40–50-летние древостои голубой ели. Плотный напочвенный покров тормозит развитие эрозионных, гравитационных и криогенных процессов.

В отношении микрорельефа и обломочного геологического субстрата, на котором произрастает *P. obovata* var. *altaica*, следует подчеркнуть, что в ТН 2 это волнистый микрорельеф со среднеобломочным коллювиальным и мелко- и среднеобломочным делювиальным материалом. Для ТН 1 характерен волнистый рельеф с грубообломочным коллювием; ТН 3 — крупнобугристый микрорельеф с мелко- и среднеобломочным делювием и выступающими над ним крупными глыбами; ТН 4 — среднебугристо-западинный микрорельеф с мелкообломочным делювием; ТН 5 — мелкобугристо-западинный микрорельеф с гравийно-песчаным аллювием; ТН 6 — мелкобугристо-западинный микрорельеф с песчано-гравийным аллювием; ТН 7 — плоский кочкарный микрорельеф с супесчано-алевритовым аллювием.

Что касается высотных поясов ландшафта, макрорельефа и его морфологии, видов и особенностей протекания геоморфологических процессов (см. табл. 1), важно сказать следующее. Наименее развита *P. obovata* var. *altaica* в поясе предгольцовых склонов в окружении среднегорного рельефа, на хорошо дренированных местоположениях с развитием в грунтах очагов сезонной мерзлоты, где она представлена только подростом (ТН 2). Выше, в подгольцовом поясе среднегорного рельефа, высота деревьев и толщина стволов увеличиваются и появляются молодые разновозрастные деревья (ТН 1). Одновозрастный молодняк голубой ели образуется в склоновом ярусе в условиях низкогогорного рельефа и периодического застаивания талых и текущих вод в долине Большого Мамая (ТН 3). Приспе-

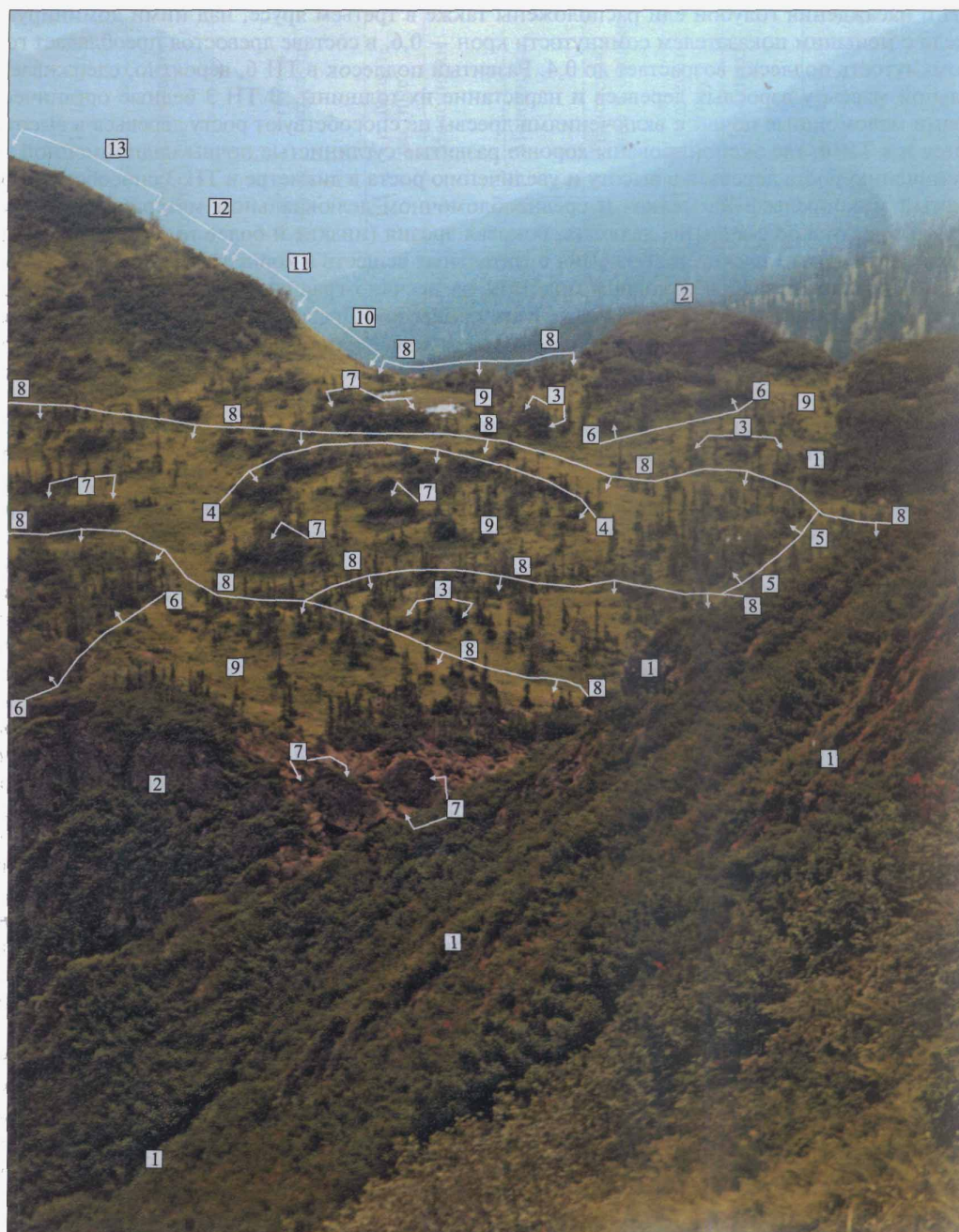


Рис. 2. Долина р. Большой Мамай в верхнем течении.

1 — крутые препарированные ледниками склоны; 2 — останцы обтекания; 3 — «бараньи лбы»; 4–6 — фрагменты морен: поперечных (4), боковых (5), донных (6); 7 — бугры пучения; 8 — поперечные уступы на дне долины. Высотные ландшафтные уровни: 9 — пойма с редкостойным лесом, унаследованная по условиям мест произрастания от позднеледниковья; 10 — склон средней крутизны с лугово-степной растительностью, унаследованной по условиям мест произрастания от сартанского оледенения; 11 — крутой склон с сомкнутыми лесными насаждениями, унаследованными по условиям мест произрастания от каргинского межледниковья; 12 — склон средней крутизны с кустарниковой и лугово-степной растительностью, унаследованной по условиям мест произрастания от зырянского оледенения; 13 — склон средней крутизны с сомкнутыми лесными насаждениями, унаследованными по условиям мест произрастания от казанцевского межледниковья.



вающие и спелые насаждения голубой ели развиваются в предгорном ярусе рельефа в условиях низкогорья с развитием процессов частичного заболачивания и аккумуляции, где морфологические показатели деревьев максимальны для всего исследуемого района (ТН 4). Изучение голубой ели в равнинных условиях (долина р. Выдриной) показало, что на участках плоских террас с мелкобугристо-западинным рельефом, частичным заболачиванием, суффозией и просадкой грунтов морфологические показатели деревьев вновь снижаются, и здесь представлены только молодняки (ТН 5 и 6). С выходом в пойму долины р. Выдриной, где развиты процессы частичного заболачивания, режелации и пучения грунтов с их промывным режимом, *P. obovata* var. *altaica* переходит в разряд приспевающих, и морфологические параметры деревьев возрастают за счет промывного режима грунтовых вод и процессов термокарста, создающих благоприятные грунтовые условия для роста деревьев (ТН 7).

В верховьях р. Большой Мамай преобладают реликтовые формы горно-долинного оледенения, которые находятся в тесной связи с характером представленной на них растительности (рис. 2). Аккумулятивные модификации этих форм способствуют закреплению на них лесной растительности, в том числе голубой ели (ТН 1). Анализ растительности и рельефа показывает, что толщину сартанского ледника в ТН на рис. 2 можно оценить приблизительно в 20–25 м, а зырянского — в 35–40 м. Под левым склоном в пойме реки располагаются небольшие озера среди переувлажненных и заболоченных участков, питающихся освободившимися от мерзлоты родниками и грунтовыми водами. Сток озерам перегораживает реликтовый ригель и отложившаяся перед ним морена, образовавшаяся в период таяния сартанского ледника в позднеледниковье и снежников в атлантический оптимум голоцена. Бугры пучения, булгуньяхи также разновозрастные. В середине поймы отмечаются реликтовые бугры пучения, унаследованные от позднеледниковья (13 500–10 500 л. н.). Их ледовая основа активно разрушается, что позволило сформироваться на их поверхности мощным рыхлым отложениям, давшим основу для образования достаточно гумусированных почвенных горизонтов, на которых отмечаются лесные экотопы. Тем не менее в самой нижней части геологического разреза этих бугров пучения все еще отмечаются скवानые льдом слои рыхлых отложений. У правого склона долины реки сформировались молодые бугры пучения, унаследованные от суббореальной стадии похолодания голоцена. Их ледовая основа находится на глубине нескольких метров, а перекрывающая толща рыхлых отложений полностью промерзшая. Такие участки представляют собой мелкие острова сезонной мерзлоты, которые поддерживаются снежниками, формирующимися в зимний период в ветровой тени останцов обтекания. Существование здесь современной мерзлоты подтверждается и полным отсутствием растительного покрова. Бугры пучения активно развиваются в настоящее время, а вся поверхность вокруг них сложена режелационными грунтами и солифлюкционными суспензиями.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

*P. obovata* var. *altaica* в хамар-дабанской популяции этого таксона представлена на разных высотных поясах ландшафта — от подгольцового до пойменно-долинного, но морфологические характеристики деревьев и структура их ареалов изменяются при переходе из одного высотного пояса в другой. Изучение голубой ели на эталонном участке Мамай–Выдриная показало связь морфологических параметров деревьев со следующими характеристиками: возрастной динамикой древостоев (стадии роста, классы и группы возраста); геоботаническими свойствами лесов, вмещающих насаждения голубой ели (тип леса, состав древостоя, сомкнутость крон и подлеска, проективное покрытие напочвенного покрова); геоморфологическими и геологическими факторами (строение микро- и макрорельефа, особенности геоморфологических процессов, состав подстилающего геологического субстрата). Иногда существенными оказываются также природно-климатические микро- и мезоусловия мест произрастания и гидрологический режим грунтов.

Наибольшее развитие голубой ели характерно для двух местоположений: ТН 4 — кедрово-елово-пихтовый лес у выхода р. Большой Мамай на предгорную равнину, где представлены спелые насаждения *P. obovata* var. *altaica* с высотой деревьев до 25–28 м и диаметром стволов до 25–33 см; ТН 7 — тополево-елово-березовый лес на высокой пойме долины р. Выдриной, включающий средневозрастные насаждения *P. obovata* var. *altaica* с высотой деревьев до 18–20 м и диаметром стволов до 20–23 см. Наименьшее развитие голубая ель получила в ТН 2 — елово-пихтовом лесу в поясе предгольцовых склонов в окружении среднегорного рельефа в верхнем течении р. Большой Мамай, где представлен в основном только подрост. Наиболее устойчивы древостой голубой ели в рефугиумах неморальной флоры и климатического оптимума голоцена в предгорном высотном поясе (ТН 4) и прибрежно-до-

линном поясе (ТН 5–7), а также в раннеголоценовых рефугиумах в подгольцовом поясе (ТН 1), где они могут быть остатками плакорных ельников. Менее устойчивы древостои голубой ели в местах доминирования сугубо бореальной флоры (ТН 2 и 3).

Проведенные исследования на эталонном участке открывают перспективы для изучения геоботанических и геоморфологических условий мест произрастания *P. obovata* var. *altaica* в других районах хамар-дабанской популяции этого таксона, а также в других популяциях юга Восточной Сибири. Эти исследования позволяют в значительной степени оптимизировать мероприятия по сохранению голубой ели в дикой природе и адаптации ее в качестве специальных декоративных насаждений в городах Прибайкалья и Приангарья [37]. Организация лесопользования в местах дикорастущих ареалов голубой ели как в Прибайкалье, так и в других районах юга Сибири должна опираться на принципы устойчивого, рационального природопользования [38].

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Королёва Т. М., Зверев А. А., Катенин А. Е. и др. Долготная географическая структура локальных и региональных флор Азиатской Арктики // Ботан. журн. — 2011. — Т. 96, № 2. — С. 145–169.
2. Friedmann B., Pauli H., Gottfried M., Grabherr G. Suitability of methods for recording species numbers and cover in alpine long-term vegetation monitoring // Phytocoenologia. — 2011. — Vol. 41, N 2. — P. 143–149.
3. Николин Е. Г. Географическая структура флоры Верхоянского хребта (Якутия) // Ботан. журн. — 2012. — Т. 97, № 1. — С. 3–14.
4. Комаров В. Л. Класс Хвойные // Флора СССР. — Л.: Изд-во АН СССР, 1934. — Т. 1. — С. 130–195.
5. Мальшев Л. И. О редких растениях Восточных Саян // Ботанические материалы Гербария Ботанического института АН СССР. — М.; Л., 1960. — Т. 20. — С. 405–408.
6. Мальшев Л. И. Семейство Pinaceae — Сосновые // Конспект флоры Сибири: Сосудистые растения. — Новосибирск: Наука, 2005. — С. 16–17.
7. Верхожина А. В., Казановский С. Г. К вопросу о самостоятельности и распространении *Picea obovata* var. *coerulea* Malysch. // Дендрологические исследования в Байкальской Сибири. — Иркутск: Изд-во Сиб. ин-та физиологии и биохимии растений СО РАН, 2001. — С. 21–23.
8. Шаманова С. И., Семёнова С. А. Картографический анализ ареала голубой разновидности ели сибирской *Picea obovata* var. *coerulea* Malysch. // Экология Южной Сибири и сопредельных территорий. — Абакан: Изд-во Хакас. ун-та, 2004. — Т. 1. — С. 150–151.
9. Haveman R., Janssen J. A. M. The analysis of long-term changes in plant communities using large databases: The effect of stratified resampling // Journ. of Vegetation Science. — 2008. — Vol. 19, N 3. — P. 355–362.
10. Chambers D., Périé C., Casajus N., de Blois S. Challenges in modeling the abundance of 105 tree species in eastern North America using climate, edaphic, and topographic variables // Forest Ecology and Management. — 2013. — Vol. 291, N 1. — P. 20–29.
11. Laurance S. G. W., Laurance W. F., Andrade A. Influence of soils and topography on Amazonian tree diversity: A landscape-scale study // Journ. of Vegetation Science. — 2010. — Vol. 21, N 1. — P. 96–106.
12. Wernsdörfer H., Colin A., Bontemps J.-D. Large-scale dynamics of a heterogeneous forest resource are driven jointly by geographically varying growth conditions, tree species composition and stand structure // Annals of Forest Science. — 2012. — Vol. 69, N 7. — P. 829–844.
13. Злобин Ю. А. Принципы и методы изучения ценологических популяций растений. — Казань: Изд-во Казан. ун-та, 1989. — 147 с.
14. Методы изучения лесных сообществ / Под ред. В. Т. Ярмишко. — СПб.: НИИХимии СПбГУ, 2002. — 240 с.
15. Бобкова К. С., Галенко Э. П., Загирова С. В. и др. Коренные еловые леса Севера: биоразнообразие, структура, функции. — СПб.: Наука, 2006. — 337 с.
16. Кучеров И. Б., Разумовская А. В., Чуракова Е. Ю. Еловые леса национального парка «Кенозерский» (Архангельская область) // Ботан. журн. — 2010. — Т. 95, № 9. — С. 1268–1298.
17. Попов П. П. Формовая структура популяций и популяционно-географическая структура ареала ели европейской и сибирской // Вестн. экологии, лесоведения и ландшафтоведения. — 2010. — Т. 10. — С. 116–125.
18. Matney T. G., Schultz E. B., Crosby M. K. A difference equation approach to developing tree profile equations // Can. Journ. of Forest Research. — 2012. — Vol. 42, N 4. — P. 766–771.
19. Сукачёв В. Н. Избранные труды. Т. 3: Проблемы фитоценологии. — Л.: Наука, 1975. — 544 с.
20. Nadkarni N. M., Parker G. G., Lowman M. D. Forest canopy studies as an emerging field of science // Annals of Forest Science. — 2011. — Vol. 68, N 2. — P. 217–224.
21. Vi H., Fox J. C., Li Y. et al. Evaluation of nonlinear equations for predicting diameter from tree height // Can. Journ. of Forest Research. — 2012. — Vol. 42, N 4. — P. 789–806.

22. **Комин Г. Е.** К вопросу о типах возрастной структуры насаждений // Изв. вузов. Лесн. журн. — 1963. — № 3. — С. 37–49.
23. **Комин Г. Е., Семечкин И. В.** Возрастная структура древостоев и принципы ее типизации // Лесоведение. — 1970. — № 2. — С. 25–33.
24. **Фарбер С. К.** Формирование древостоев Восточной Сибири. — Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2000. — 432 с.
25. **Федорчук В. Н., Шорохова Е. В., Шорохов А. А., Кузнецова М. Л.** Возрастная динамика еловых древостоев северо-западной части Русской равнины // Лесоведение. — 2011. — № 3. — С. 3–13.
26. **Постановление** Правительства Российской Федерации от 18 июня 2007 г. № 377 «О Правилах проведения лесоустройства». — <http://www.garant.ru/product/ipo/prime/doc/2062529>
27. **Разин Г. С., Рогозин М. В.** О ходе роста древостоев // Лесная таксация и лесоустройство. — 2010. — № 1. — С. 41–72.
28. **Kleyer M., Sandra L., Pakeman R. J., Lepš J.** Relative climatic, edaphic and management controls of plant functional trait signatures // Journ. of Vegetation Science. — 2009. — Vol. 20, N 1. — P. 148–159.
29. **Санникова Н. С., Санникова С. Н., Петрова И. В. и др.** Факторы конкуренции древостоя-эдификатора: количественный анализ и синтез // Экология. — 2012. — № 6. — С. 403–410.
30. **Верхунов П. М., Черных В. П.** Таксация леса. — Йошкар-Ола: Изд-во Марийск. политехн. ин-та, 2008. — 353 с.
31. **Атрощенко О. А.** Лесная таксация. — Минск: Изд-во Белорус. техн. ун-та, 2009. — 468 с.
32. **Ковязин В. Ф., Леонтьев Л. Л., Минаев В. Н.** Таксация леса. — М.: Лань, 2010. — 240 с.
33. **Кузьмин С. Б., Шаманова С. И.** Усовершенствование метода выделения ярусов рельефа на основе его цифровых моделей и характера древесной растительности на примере Западного Прибайкалья // Изв. РАН. Сер. геогр. — 2012. — № 4. — С. 83–92.
34. **Кузьмин С. Б., Шаманова С. И., Казановский С. Г.** Определение высотной поясности ландшафтов на базе цифровых моделей рельефа и характера дендрофлоры // География и природ. ресурсы. — 2012. — № 4. — С. 137–149.
35. **Карбаинов Ю. М., Шуварков В. М.** Ареалогический анализ разных морфобиологических форм елей в Южном Прибайкалье // Новые методы в дендрэкологии. — Иркутск: Изд-во Ин-та географии СО РАН, 2007. — С. 114–117.
36. **Пукинская М. Ю.** Участие осины в еловых древостоях на разных стадиях их динамики // Ботан. журн. — 2012. — Т. 97, № 5. — С. 636–649.
37. **Пахарькова Н. В., Калякина О. П., Шубин А. А. и др.** Различия в акклимационных стратегиях сосны обыкновенной и ели сибирской на загрязнение воздушной среды // Хвойные бореальной зоны. — 2010. — Т. 27, № 3–4. — С. 232–237.
38. **Организация** устойчивого лесопользования в Красноярском крае / Под ред. И. В. Семечкина. — Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2009. — 361 с.

*Поступила в редакцию 6 марта 2013 г.*