



УДК 581.412+582.475.4+(235.222)

С.А. Николаева, Д.А. Савчук
S.A. Nikolayeva, D.A. Savchuk

О СИСТЕМАТИЗАЦИИ МОРФОЛОГИЧЕСКИХ ФОРМ КЕДРА СИБИРСКОГО (*PINUS SIBIRICA DU TOUR*) В ВЫСОКОГОРНЫХ ЛЕСАХ

ON SYSTEMATIZATION OF SIBERIAN STONE PINE (*PINUS SIBIRICA DU TOUR*) MORPHOLOGICAL FORMS IN HIGH MOUNTAIN FORESTS

Ключевые слова: морфологические формы, кедр сибирский, Алтай.

дальнейшему укоренению и росту с образованием новой формы – куртинообразующего дерева.

У кедра сибирского (*Pinus sibirica* Du Tour) в высокогорных коренных сообществах в верхней части лесного пояса верховьев р. Актру (Северо-Чуйский хребет, Центральный Алтай) основной жизненной формой является прямостоячее дерево. При частичной гибели надземной и/или подземной частей деревьев их восстановление приводит к появлению обособленных морфологических структур, а в дальнейшем – разнообразных морфологических форм. Их систематизация по наличию и степени разрушения дерева, локализации его погибших частей (надземная и/или подземная) и способу гибели (засыхание и облом ветвей и ствола, гибель корней после засыпания обломочным материалом или обрыв корней и облом ветвей в результате вывала) позволила предложить четыре варианта дальнейшего развития особи. I. При отсутствии значительных повреждений надземной и подземной частей деревьев зрелого и старого генеративных состояний от нижней части ствола могут отходить ветви-канделябры или между корневых лап стланиковидные образования. II. Сохранение только 20-30% кроны и ствола дерева при отсутствии значимых повреждений корневой системы. Из нижней сохранившейся части деревьев виргинильного и начала молодого генеративного состояний образуется кустовидная форма деревьев зрелого и старого генеративных состояний – «живой» пень. III. Сохранение только 20-30% корневой системы дерева при отсутствии значимых повреждений надземной части наблюдается в областях массового перемещения обломочного материала (селей, оползней и т.п.). При неоднократных засыпаниях корневая система из поверхностно-якорной превращается в многоярусную. IV. Сохранение только 20-30% и надземной, и подземной частей дерева в результате вывала взрослых деревьев ведет к образованию «живого» валежника, у которого скелетные корень и ветви соединены друг с другом посредством живых тяжей ксилемы. При благоприятных условиях они способны к

Keywords: morphological forms, *Pinus sibirica*, Altai Mountains.

In the high mountain primary communities in the upper forest belt of upstream the Aktru River (the North-Chuyskiy Range, the Central Altai Mountains) the main living form of Siberian stone pine (*Pinus sibirica* Du Tour) is an upstraight tree. When the aboveground or/and underground tree parts partially die, their regeneration results in the appearance of isolated morphological structures and later on various morphological forms. Their systematization according to the degree of tree destruction, localization of tree dead parts (aboveground or underground), and dying cause (drying and breaking off branches and trunk, dying of the roots after burying by rock material or roots and branches brake caused by forest fall) suggested four variants of further development of an individual tree. I. There is no considerable damage of the aboveground and underground parts of the trees of the middle and old reproductive states. Candelabrum branches may layer from the lower part of the trunk and elfin wood forms may develop between buttress flares. II. About 20-30% of the tree crown and trunk remain without considerable damage of the root system. Shrub-like form develops from the remaining lower part of the trees of virginal and young reproductive states, and a "living" stump, or stool, from the trees of middle and old reproductive states. III. About 20-30% of the root system remains without considerable damage of the tree crown and trunk, which occur in the areas of mass rock material movement (mud flow, landslide, etc.). The root system transforms from surface-anchor type to multi-level one. IV. About 20-30% of both aboveground and underground tree parts remain because of forest fall; that forms a "live" fallen timber, the root and branches of which are connect by live xylem. Under favourable conditions they may root and produce a new morphological form, bunch-forming tree.

Николаева Светлана Александровна, к.б.н., с.н.с., Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН, г. Томск. Тел. (3822) 49-27-43. E-mail: sanikol1@rambler.ru.

Савчук Дмитрий Анатольевич, к.б.н., с.н.с., Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН, г. Томск. Тел. (3822) 49-27-43. E-mail: savchuk@imces.ru.

Nikolayeva Svetlana Aleksandrovna, Cand. Bio. Sci., Senior Staff Scientist, Institute of Climatic and Ecological Systems Monitoring, Sib. Branch of Rus. Acad. of Sci., Tomsk. Ph.: (3822) 49-27-43. E-mail: sanikol1@rambler.ru.

Savchuk Dmitriy Anatolyevich, Cand. Bio. Sci., Senior Staff Scientist, Institute of Climatic and Ecological Systems Monitoring, Sib. Branch of Rus. Acad. of Sci., Tomsk. Ph.: (3822) 49-27-43. E-mail: savchuk@imces.ru.

Кедр сибирский (*Pinus sibirica* Du Tour) является одним из основных лесообразователей в таежной зоне Сибири и имеет жизненную форму прямостоячего дерева [1-2 и др.]. С увеличением абсолютной высоты в лесном поясе Центрального Алтая у его деревьев под воздействием комплекса факторов изменяются в первую очередь количественные параметры роста [3-5]. Одновременно появляются первые качественные изменения в их строении, приводящие к образованию переходных форм. А наибольшее разнообразие морфологических и жизненных форм кедра отмечается в лесотундровых экотонах гор Южной Сибири и Урала [3, 6-10 и др.]. В этих исследованиях приводятся сведения по наиболее распространенной в том или ином районе жизненной форме кедра.

Цель работы – систематизировать разнообразие морфологических форм кедра сибирского и показать варианты их образования в коренных высокогорных сообществах.

Объекты исследования – особи кедра сибирского, произрастающие в коренных высокогорных сообществах верхней части лесного пояса в верховьях р. Актру (северный макросклон Северо-Чуйского хребта, Центральный Алтай). Коренные леса здесь сохранились на высотах 2100-2300 м. Они представлены кедровыми и лиственнично-кедровыми абсолютно-разновозрастными древостоями, возраст кедра в которых достигает до 600 лет [5, 11].

При изучении надземной части деревьев их крона рассматривалась нами как сложная система, элементы которой описывались как самостоятельные единицы с учетом их положения относительно друг друга и происхождения (первичное или вторичное). У таких единиц измеряли высоту (или длину) и диаметр ствола и ветвей, описывали крону (размеры, форма, густота), отмечали наличие женских и мужских генеративных органов в текущем и предыдущих годах и их положение в кроне. Буравом брались керны в основании исследуемых единиц для определения их возраста. По совокупности признаков, установленных ранее для кедра, определяли онтогенетические состояния его особей [1-2, 5 и др.]. Также обследованы корневые

системы вывалов взрослых особей, сделаны описание и зарисовка корней модельного дерева в почвенном разрезе глубиной 1,7 м и взяты керны из его ствола.

В высокогорных лесных сообществах в верховьях р. Актру основной жизненной формой кедра является прямостоячее дерево. Высота деревьев в разных фитоценозах в течение генеративного периода варьирует от 3-18 м у молодых до 11-25 м у старых, диаметр – от 5-38 до 29-120 см, а абсолютный возраст от 50-240 до 370-570 лет соответственно. Форма кроны деревьев изменяется от узкояйцевидной и яйцевидной у молодых, через широкояйцевидную и удлинненно-обратно-грушевидную у зрелых, до цилиндрической, реже грушевидной у старых (рис. 1).

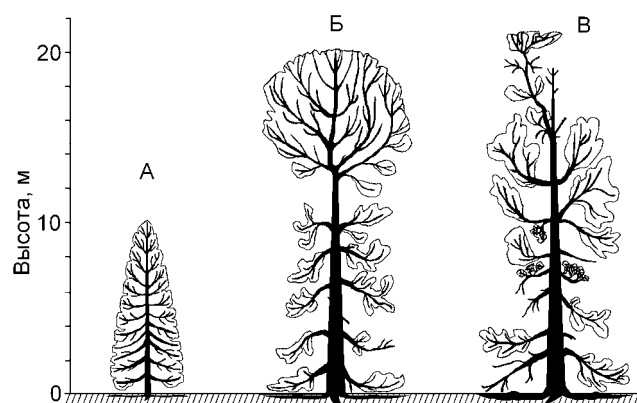


Рис. 1. Онтогенетические состояния кедра сибирского генеративного периода: А – молодое (g_1); Б – зрелое (g_2); В – старое (g_3)

Основу кроны этих деревьев составляют скелетные ветви, подчиняющиеся закономерностям апикального доминирования. Это как первичные (появившиеся на следующий год из обычных почек возобновления), так и вторичные (появившиеся через несколько лет из латентных почек) ветви, которые могут сохраняться в нижней части ствола дерева продолжительное время. Вторичные системы ветвления в виде мощных «пучков», как в равнинных таежных лесах у деревьев в высокогорных сообществах, не получают развития, они здесь имеют вид слабо ветвящихся

длинных плетевидных осей и развиваются на стволе и скелетных ветвях [1, 2, 5, 12].

Воздействие комплекса внешних факторов на деревья кедра в высокогорных лесах в верховьях р. Актру вызывает частичную гибель их надземной и/или подземной частей. А восстановление последних у особей приводит к появлению разнообразных морфологических структур, развитие которых, в конечном счете, может привести к образованию новых морфологических форм [12, 13]. Поэтому основная жизненная форма кедра здесь представлена не только прямоствольными, но и наклоненными, одновершинными и многовершинными, одноствольными и малоствольными деревьями; его крона имеет форму от симметричной до неправильной и флагообразной. Кроме того, в верхней части лесного пояса нами представлены особи, имеющие обособленные структуры в пределах кроны, и переходные морфологические формы кедра [12]. Это (1) деревья или их сохранившиеся части с мощными ветвями-канделябрами в кроне (до 10-40% деревьев зрелого и старого генеративных состояний), (2) «живой» валежник (80-90% от упавших деревьев), (3) стланниковидные образования в основании стволов деревьев (менее 1% от деревьев зрелого и старого генеративных состояний) и (4) особи кустовидной формы (встречаются единично среди деревьев виргинильного и молодого генеративных состояний).

Морфологические структуры (мощные ветви-канделябры, стланниковидные образования в основании стволов материнских деревьев, ветви-стволы «живого» валежника) являются относительно обособленными единицами в составе материнской особи с собственной иерархической структурой систем ветвления и собственным полюсом апикального доминирования. Большинство этих структур и форм кедра отличаются стабильным заложением шишек на протяжении длительного времени. Мужское «цветение» отмечено у тех, которые имеют 2-4-й порядки ветвления.

Морфология корневых систем кедра сибирского изучена намного хуже по сравнению с надземной частью. Известно, что у молодых особей они поверхностные слабо-развитые, часто однобокие, особенно на крутых склонах, а у взрослых – поверхностно-якорные. Они располагаются в верхних слоях почвы до глубины 30-40 см (реже 50 см) [14, 15 и др.]. В районе наших исследований, судя по вывалам взрослых деревьев и раскопкам молодых, корневые системы кедра имеют аналогичное строение. Кроме того, на участках, где идет засыпание стволов деревьев обломочным материалом, кедр способен неоднократно образовывать прида-

точные корни в приповерхностных слоях почвы, т.е. формировать многоярусную корневую систему [13].

В зависимости от степени разрушения особи и того, какая часть (надземная и/или подземная) дерева и каким образом (засыхание и облом ветвей и ствола; гибель корней после засыпания обломочным материалом; обрыв корней и облом ветвей в результате вывала) утрачена, можно выделить четыре основных варианта морфологических форм. Рассмотрим крайние случаи: (1) отсутствие значительных повреждений особи, (2-4) гибель значительной доли надземной и/или подземной частей дерева; при этом сохраняются только 20-30% (2) кроны и ствола, (3) корней или (4) одновременно кроны, ствола и корней.

I вариант – отсутствие значительных повреждений деревьев зрелого и старого генеративных состояний. У них от нижней части ствола могут отходить или ветви-канделябры, или стланниковидные образования. Первые представляют собой скелетные ветви, имеющие ортотропно растущие ветви следующего порядка, вторые – ветви, отходящие от материнского ствола между корневых лап и первоначально растущие плагиотропно. В дальнейшем их дистальные концы могут переходить к ортотропному росту [12].

II вариант – сохранение только 20-30% кроны и ствола дерева при отсутствии значительных повреждений корневой системы. После гибели 70-80% кроны и ствола дерева восстановление утраченных надземных частей в зависимости от его биологического возраста идет по-разному. У деревьев виргинильного или начала молодого генеративного состояний, имеющих небольшие размеры, после засыхания верхней части ствола возможно разрастание первичных ветвей, сохранившихся в нижней части. В результате такие особи через несколько лет приобретают кустовидную форму (рис. 2 А).

У деревьев зрелого и старого генеративных состояний во всех частях кроны взамен утраченных ветвей в течение десятков лет формируются структуры в форме канделябра. Ортотропные участки таких структур имеют вид небольшого деревца виргинильного, молодого или зрелого генеративных состояний. После утраты 70-80% надземной части особи нижняя часть ствола с ветвями-канделябрами представляет собой «живой» пен (рис. 2 Б, В). Ветви такого пня появляются из «проснувшихся» латентных почек или в основании (рис. 2 В), или на некотором расстоянии от него (рис. 2 Б) на ветвях предыдущего порядка ветвления, т.е. они являются вторичными.

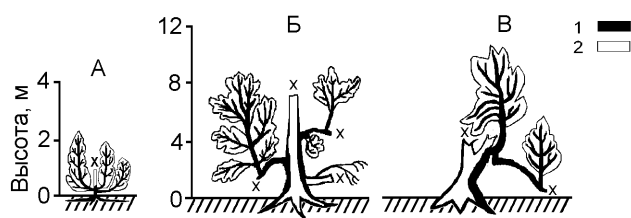


Рис. 2. Морфологические формы кедра при значительной утрате надземной части (II вариант): А – кустовидная форма; Б, В – «живой» пенёк. Живые (1) и мертвые (2) части ствола, скелетных ветвей и корней

III вариант – сохранение только 20-30% корневой системы дерева при отсутствии значительных повреждений надземной части. Этот вариант наблюдается в областях массового перемещения обломочного материала: селей, оползней и т.п. Засыпание оснований стволов таким материалом через некоторое время приводит к гибели большей части корней дерева. В дальнейшем они восстанавливаются в приповерхностных слоях почвы на новых высотных отметках ствола в течение 40-70 лет. При неоднократных засыпаниях корневая система из поверхностно-якорной становится многоярусной [13]. Такое постепенное и длительное восстановление корневой системы отражается на жизнедеятельности надземной части дерева. У молодых особей, выживших после неоднократных засыпаний, крона выглядит угнетенной. Переход таких особей в генеративный период сильно затягивается, а плодоношение очень нестабильное и слабое. Так, несколько шишек у 500-летнего дерева с многоярусной корневой системой (нами обнаружено 6 уровней корней) отмечалось только в годы обильных урожаев кедра в рассматриваемом районе.

IV вариант – сохранение только 20-30% и надземной, и подземной частей дерева. Этот вариант наблюдается после вывала генеративных деревьев. В результате в почве сохраняется один (реже два) скелетный корень, а в надземной части – большая часть ствола и только те ветви, которые расположены на морфологически верхней поверхности лежащего ствола. Начинает развиваться новая морфологическая форма – так называемый «живой» валежник (рис. 3 А-В). Она представляет собой полегший или зависший над субстратом ствол дерева, у которого скелетные корень и ветви соединены друг с другом посредством живых тяжей ксилемы. Дальнейшее направление и скорость роста таких ветвей зависят от биологического возраста упавшего материнского дерева и собственного возраста ветвей. Ветви деревьев молодого генеративного состояния имеют

небольшие размеры и возраст. После падения материнского ствола они быстро меняют направление роста на новое ортотропное и в дальнейшем растут довольно быстро, формируя узкояйцевидную островершинную крону (рис. 3 А). Скелетные ветви первичного происхождения особей зрелого и старого генеративных состояний обычно имеют относительно большие размеры и собственный возраст. После вывала материнского ствола они сохраняют близкое к исходному направление и незначительную скорость роста. В результате формируется широкояйцевидная и округлая формы кроны (рис. 3 Б 1). Скелетные ветви вторичного происхождения этих особей относительно быстро меняют направление роста на новое вертикальное при промежуточной скорости роста. Их форма кроны близка к яйцевидной и широкояйцевидной (рис. 3 Б 2, В).

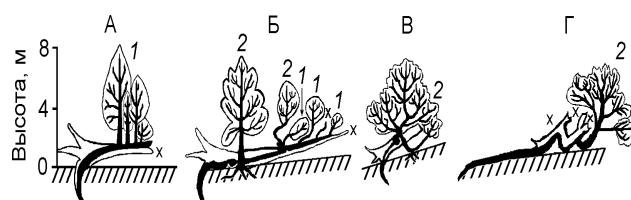


Рис. 3. Морфологические формы кедра при значительной утрате надземной и подземной частей (IV вариант): А-В – «живой» валежник; Г – «живой» валежник пня. Скелетные ветви первичного (1) и вторичного (2) происхождения

Кроме того, нами обнаружена особь, соединяющая в себе признаки двух морфологических форм – «живого» пня и «живого» валежника. Это «живой» полегший пенёк, на котором сохранились две мощных ветви-канделябры 3-го порядка ветвления и один очень длинный скелетный корень материнского дерева (рис. 3 Г). Эта особь на протяжении своей жизни сменила минимум три варианта морфологической формы: (1) дерево с обычными скелетными ветвями 1-го порядка и ветвями-канделябрами 2-го порядка, (2) «живой» пенёк с ветвями-канделябрами 2-го и/или 3-го порядков и (3) «живой» валежник с остатками пня и ветвями-канделябрами 3-го порядка ветвления.

Время существования особей кедра в виде основной жизненной формы (дерево) до их естественной гибели достигает 400-600 лет. После частичного разрушения особи в возрасте 30-500 лет время ее жизни в виде новой морфологической формы, по нашим данным, составило еще 70-200 лет для надземной части, 400-450 лет – для подземной. Скорее всего, такие формы могут существовать значительно дольше. Это подтверждается найденной нами особью (валежник «живо-

го» пня), которая на протяжении своей жизни при постепенном разрушении надземной и подземной частей изменяла морфологическую форму не менее трех раз. Но, к сожалению, из-за больших трудностей при раскопке корневых систем и повышенной пораженности сердцевидными гнилями стволов и ветвей особей во второй половине их жизни максимальный возраст их существования установить проблематично.

Молодые и омоложенные морфологические структуры (ветви-канделябры, стланиковидные образования, ветви валежника) способны к дальнейшему росту и развитию. При соприкосновении ветвей с почвой у них возможно появление собственных корней (рис. 3 Б-В) и формирование одного-двух дочерних «индивидов», связанных через скелетные ветви с материнским стволом. В целом такие сложные особи, включающие в себя материнское дерево или его сохранившиеся части и укоренившиеся ветви-стволы, близки к куртинообразующему дереву [12].

Появлению и дальнейшему развитию разнообразных морфологических структур и форм способствуют целый комплекс условий и факторов высокогорий и биологические особенности самого вида. Это высокая интенсивность освещения, резкие перепады суточных и межсезонных температур, возврат ранне- и позднелетних заморозков, каменистая поверхность и ее уклон, сели и оползни, сердцевидные гнили ствола, поверхностная корневая система, соприкосновение ветвей с рыхлым и влажным субстратом и др. Поэтому такие структуры и формы чаще встречаются в разреженных сообществах, на полянах и опушках сомкнутых лесных массивов, а также у одиночно растущих деревьев в верхней части лесного пояса [12].

Таким образом, вышеописанные морфологические структуры кедра сибирского в верховьях р. Актру (Северо-Чуйский хребет, Центральный Алтай) являются относительно автономными единицами в составе материнской особи (жизненная форма – дерево), отличаются продолжительным временем существования (до сотен лет) и формирования генеративных органов. При благоприятных условиях они способны к дальнейшему росту и укоренению, т.е. потенциально являются последующими вегетативными поколениями.

Дальнейшее развитие таких структур в составе материнской особи или после разрушительных воздействий в составе ее сохранившихся частей приводит к появлению разнообразных морфологических форм. Их систематизация по наличию и степени разрушения дерева, по локализации его погибших частей и способу гибели позволила предложить четыре варианта дальнейшего развития особи. Разнообразные морфологические формы

кедра, образующиеся в верхней части лесного пояса, могут рассматриваться в качестве одной из адаптаций для длительного удержания территории за его популяцией.

Библиографический список

1. Горошкевич С.Н., Велисевич С.Н. Структура кроны кедра сибирского (*Pinus sibirica* Du Tour) на генеративном этапе онтогенеза // *Krylovia: Сибирский ботанический журнал*. – 2000. – Т. 2. – № 1. – С. 110-122.
2. Николаева С.А., Велисевич С.Н., Савчук Д.А. Онтогенез *Pinus sibirica* на юго-востоке Западно-Сибирской равнины // *Журнал Сибирского федерального университета. Биология*. – 2011. – Т. 4. – № 1. – С. 3-12.
3. Хуторной О.В., Велисевич С.Н., Воробьев В.Н. Экологическая изменчивость морфоструктуры кроны кедра сибирского на верхней границе распространения // *Экология*. – 2001. – № 6. – С. 427-433.
4. Велисевич С.Н., Хуторной О.В., Читоркина О.Ю. Рост и репродукция разновысотных ценопопуляций сосны кедровой сибирской (*Pinus sibirica* Du Tour) в Северо-Восточном Алтае // *Вестник ТГУ. Биология*. – 2009. – № 3 (7). – С. 73-84.
5. Тимошок Е.Е., Николаева С.А., Скороходов С.Н., Савчук Д.А., Бочаров А.Ю. Особенности онтогенетических состояний генеративного периода *Pinus sibirica* (Pinaceae) в лесах Центрального Алтая // *Растительные ресурсы*. – 2009. – Т. 45. – Вып. 1. – С. 3-12.
6. Галазий Г.И. Вертикальный предел древесной растительности в горах Восточной Сибири и его динамика // *Тр. Ботанического института. Сер. геоботан.* – 1954. – Вып. 9. – С. 210-329.
7. Горчаковский П.Л. Границы распространения сибирского кедра на Урале // Академику В.Н. Сукачеву к 75-летию со дня рождения. – М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1956. – С. 131-141.
8. Воробьев В.Н. Горные экологические формы кедра сибирского (*Pinus sibirica* Du Tour) // *Совещание по объему вида и внутривидовой систематике*. – Л.: Наука, 1967. – С. 31-32.
9. Горошкевич С.Н., Кустова Е.А. Морфогенез жизненной формы стланца у кедра сибирского на верхнем пределе распространения в горах Западного Саяна // *Экология*. – 2002. – № 4. – С. 243-249.
10. Тимошок Е.Е., Филимонова Е.О., Пропастилова О.Ю. Структура и формирование древостоев хвойных в экотоне верхней границы древесной растительности Северо-Чуйского хребта (Центральный Алтай) // *Экология*. – 2009. – № 3. – С. 187-197.

11. Бочаров А.Ю. Структура и динамика высокогорных лесов Северо-Чуйского хребта (Горный Алтай) в условиях изменений климата // Вестник ТГУ. – 2011. – № 352. – С. 203-206.

12. Николаева С.А., Савчук Д.А. Морфологические формы кедр сибирского (*Pinus sibirica* Du Tour) в высокогорных лесах Северо-Чуйского хребта: 1. Морфологический аспект // Вестник ТГУ. Биология. – 2013. – № 2 (22). – С. 101-114.

13. Николаева С.А., Савчук Д.А. Корневая система и рост кедр сибирского (*Pinus sibirica* Du Tour) в зоне засыпания обломочным материалом // Мир науки, культуры, образования. – 2012. – № 4 (35). – С. 318-322.

14. Красильников П.К. Придаточные корни и корневая система у кедр в Центральных Саянах // Ботанический журнал. – 1956. – Т. 41. – № 8. – С. 1194-1206.

15. Пац Е.Н. Распределение корневых систем подрост кедр сибирского на верхней границе леса (на примере Семинского хребта) // Вестник ТГУ. Биология. – 2010. – № 2 (10). – С. 97-111.

References

1. Goroshkevich S.N., Velisevich S.N. Struktura krony kedra sibirskogo (*Pinus sibirica* Du Tour) na generativnom etape ontogeneza // Krylovia: Sibirskii botanicheskii zhurnal. – 2000. – Т. 2. – № 1. – С. 110-122.

2. Nikolaeva S.A., Velisevich S.N., Savchuk D.A. Ontogenez *Pinus sibirica* na yugo-vostoke Zapadno-Sibirskoi ravniny // Zhurnal Sibirskogo federal'nogo universiteta. Biologiya. – 2011. – Т. 4. – № 1. – С. 3-12.

3. Khutornoi O.V., Velisevich S.N., Vorob'ev V.N. Ekologicheskaya izmenchivost' morfostruktury krony kedra sibirskogo na verkhnei granitse rasprostraneniya // Ekologiya. – 2001. – № 6. – С. 427-433.

4. Velisevich S.N., Khutornoi O.V., Chitorkina O.Yu. Rost i reproduksiya raznovysotnykh tsenopopulyatsii sosny kedrovoi sibirskoi (*Pinus sibirica* Du Tour) v Severo-Vostochnom Altae // Vestnik TGU. Biologiya. – 2009. – № 3 (7). – С. 73-84.

5. Timoshok E.E., Nikolaeva S.A., Skorokhodov S.N., Savchuk D.A., Bocharov A.Yu.

Osobennosti ontogeneticheskikh sostoyanii generativnogo perioda *Pinus sibirica* (Pinaceae) v lesakh Tsentral'nogo Altaya // Rastitel'nye resursy. – 2009. – Т. 45. – Vyp. 1. – С. 3-12.

6. Galazii G.I. Vertikal'nyi predel drevesnoi rastitel'nosti v gorakh Vostochnoi Sibiri i ego dinamika // Tr. Botanicheskogo instituta. Ser. geobotan. – 1954. – Vyp. 9. – С. 210-329.

7. Gorchakovskii P.L. Granitsy rasprostraneniya sibirskogo kedra na Urale // Akademiku V.N. Sukachevu k 75-letiyu so dnya rozhdeniya. – M.-L.: Izd-vo AN SSSR, 1956. – С. 131-141.

8. Vorob'ev V.N. Gornye ekologicheskie formy kedra sibirskogo (*Pinus sibirica* Du Tour) // Soveshchanie po ob'emnu vida i vnutrividovoi sistematike. – L.: Nauka, 1967. – С. 31-32.

9. Goroshkevich S.N., Kustova E.A. Morfogenез zhiznennoi formy stlantsa u kedra sibirskogo na verkhnem predele rasprostraneniya v gorakh Zapadnogo Sayana // Ekologiya. – 2002. – № 4. – С. 243-249.

10. Timoshok E.E., Filimonova E.O., Propastilova O.Yu. Struktura i formirovanie drevostoev khvoinykh v ekotone verkhnei granitsy drevesnoi rastitel'nosti Severo-Chuiskogo khrebta (Tsentral'nyi Altai) // Ekologiya. – 2009. – № 3. – С. 187-197.

11. Bocharov A.Yu. Struktura i dinamika vysokogornnykh lesov Severo-Chuiskogo khrebta (Gornyi Altai) v usloviyakh izmenenii klimata // Vestnik TGU. – 2011. – № 352. – С. 203-206.

12. Nikolaeva S.A., Savchuk D.A. Morfologicheskie formy kedra sibirskogo (*Pinus sibirica* Du Tour) v vysokogornnykh lesakh Severo-Chuiskogo khrebta: 1. Morfologicheskii aspekt // Vestnik TGU. Biologiya. – 2013. – № 2 (22). – С. 101-114.

13. Nikolaeva S.A., Savchuk D.A. Kornevaya sistema i rost kedra sibirskogo (*Pinus sibirica* Du Tour) v zone zasypaniya oblomochnym materialom // Mir nauki, kul'tury, obrazovaniya. – 2012. – № 4 (35). – С. 318-322.

14. Krasil'nikov P.K. Pridatochnye korni i kornevaya sistema u kedra v Tsentral'nykh Sayanakh // Botanicheskii zhurnal. – 1956. – Т. 41. – № 8. – С. 1194-1206.

15. Pats E.N. Raspredelenie kornevykh sistem podrosta kedra sibirskogo na verkhnei granitse lesa (na primere Seminskogo khrebta) // Vestnik TGU. Biologiya. – 2010. – № 2 (10). – С. 97-111.

