

## ЭКОЛОГИЯ И РАЦИОНАЛЬНОЕ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ

УДК 504.062.2; 662.002.8

### Решение вопросов рационального природопользования на примере месторождений Северо-Байкальской провинции\*

Л.И. Худякова<sup>1, а</sup>, О.В. Войлошников<sup>1, b</sup>, С.С. Тимофеева<sup>2, c</sup>

<sup>1</sup>Байкальский институт природопользования СО РАН, ул. Сахьяновой 6, Улан-Удэ, Россия

<sup>2</sup>Иркутский государственный технический университет, ул. Лермонтова 83, Иркутск, Россия

<sup>а</sup>lkhud@binm.bscnet.ru, <sup>б</sup>ovod@binm.bscnet.ru, <sup>с</sup>timofeeva@istu.edu

Статья поступила 4.05.2013, принята 19.08.2013

*В период интенсивного освоения минерально-сырьевых ресурсов вопросам экологической обстановки уделяется большое внимание. Среди всех отходов значительную долю занимают отходы горного производства, в том числе магнийсиликатные породы. Они слагают медно-никелевые месторождения. В статье рассмотрена возможность использования отходов горнодобывающей промышленности в виде магнийсиликатных пород на примере Йоко-Довыренского массива. Они представлены не только массивными породами, но и рыхлой корой механического выветривания (песком). Объем их составляет миллиарды тонн. Изучены физико-механические показатели щебня и песка из данных видов пород. Установлено, что они имеют высокое качество. Это твердые породы, не содержащие зерен слабых пород и имеющие высокую марку по дробимости. Дунитовый песок относится к группе крупных песков. Показано, что данные породы можно использовать в виде крупного и мелкого заполнителя при производстве тяжелых бетонов и в дорожном строительстве. Полученные бетоны обладают высокими физико-механическими показателями. Их прочность выше прочности бетонов на гранитном щебне и кварцевом песке. Коэффициент водостойкости составляет 0,85-0,87, морозостойкость – 50 циклов. В дорожном строительстве магнийсиликатные породы можно использовать для отсыпки грунтовых дорог, а также для укладки асфальтобетона. Использование отходов горнодобывающей промышленности позволит создать малоотходное производство при разработке месторождений полезных ископаемых, а также снизить экологическую нагрузку на окружающую среду.*

**Ключевые слова:** отходы горнодобывающей промышленности, щебень из магнийсиликатных пород, дунитовый песок, тяжелый бетон.

### Solution of rational nature management problems by the example of north baikal province deposits

L.I. Khudyakova<sup>1, а</sup>, O.V. Voyloshnikov<sup>1, b</sup>, S.S. Timofeeva<sup>2, c</sup>

<sup>1</sup>Baikal Institute of Nature Management, SB RAS, 6 Sakh'yanova st., Ulan-Ude, Russia

<sup>2</sup>Irkutsk State Technical University, 83 Lermontov str., Irkutsk, Russia

<sup>а</sup>lkhud@binm.bscnet.ru, <sup>б</sup>ovod@binm.bscnet.ru, <sup>с</sup>timofeeva@istu.edu

Received 4.05.2013, accepted 19.08.2013

*During the period of intensive mineral resources development, a lot of attention is paid to the environmental situation issues. Among all the waste, a key part belongs to the mining waste including magnesium silicate rocks forming copper-nickel deposits. The possibility of utilization of the mining waste in the form of magnesium silicate rocks by the example of the Yoko-Dovyren massif has been considered in the article. They are presented not only by massive rocks, but by the loose crust of mechanical weathering (sand) as well. Their reserves amount to billions of tons. The physical and mechanical properties of gravel and sand produced from these types of rocks have been studied. It has been established that they are of high quality. They are hard rocks, they do not contain any grains of soft rock and are of high grade as to their crushability. Dunite sand refers to the group of coarse sand. It has been demonstrated that these rocks may be used as coarse and fine aggregate in the process of heavy concrete manufacture and in road construction. The obtained concrete has high physical-mechanical properties. Its strength is higher than the strength of the concrete produced using granite and quartz sand. The coefficient of water resistance is equal to 0,85-0,87, its frost resistance is 50 cycles. The magnesium silicate rocks may be used for earth road filling and for laying asphalt concrete in road construction as well. Using the mining waste makes it possible to organize a low-waste production while developing mineral deposits and to decrease the ecological stress on the environment.*

**Keywords:** mining waste, magnesium silicate rocks gravel, dunite sand, heavy concrete.

\* Работа выполняется по программе ОХНМ РАН № 5.5.2 «Получение новых видов материалов с высокими эксплуатационными характеристиками из отходов горнодобывающей промышленности»

**Введение.** В настоящее время вопросам экологии уделяется огромное внимание не только у нас в стране, но и за рубежом. Во всем мире скопилось огромное количество отходов, которые оказывают негативное влияние на окружающую среду, нанося вред не только природе, но и всему человечеству. Поэтому проблема утилизации отходов стоит очень остро. Данная тема обсуждалась на заседаниях Общественной палаты Российской Федерации, президиума Госсовета по вопросам обеспечения и ликвидации накопленного экологического ущерба в 2011 году. Президент страны Д.А. Медведев на заседании президиума Госсовета отметил, что «ликвидация накопленного экологического ущерба – это большая и сложная тема, которая требует значительных инвестиций, не только государственных, конечно, но и частных; требует внедрения новых технологий переработки и безопасного захоронения отходов». Тема накопленного экологического ущерба поднималась и на XVI Петербургском Международном экономическом форуме в июне 2012 года, где глава Минприроды РФ Сергей Донской говорил: «Общий объем ущерба, накопленного со времен Советского Союза, огромен, это миллиарды тонн. И это требует технологий, требует привлечения ресурсов».

Среди всех отходов большое место (70-80 %) занимают отходы горнодобывающих и горноперерабатывающих предприятий в виде отвалов вскрышных и вмещающих пород, хвостов обогащения. В их числе находятся магнийсиликатные горные породы, которые занимают огромное место и формируют экологически небезопасные отвалы. Данные породы слагают большое количество массивов, расположенных по всей территории России: на Кольском полуострове, Урале, в Восточной Сибири, Якутии, на Дальнем Востоке и Камчатке. С ними связаны платинометалльный, медно-никелевый, хромитовый типы оруднения. Запасы магний-силикатных пород неисчерпаемы.

Для нас представляет интерес Северо-Байкальская медно-никелевая провинция, расположенная в юго-восточной части складчатого обрамления Сибирской платформы. В ее состав входят Чайский, Гасан-Дякитский, Маринкинский, Йоко-Довыренский и Авкитский массивы [1].

Центральную часть Чайского дунит-перидотит-габброноритового массива слагают серпентинизированные дуниты, по периферии – плагиоперидотиты. На востоке оливиновые габбронориты и троктолиты переслаиваются с перидотитами [1].

Дуниты, перидотиты, пироксениты слагают мелкие линзовидные и неправильные тела Гасан-Дякитского массива. С ними отмечаются троктолиты и оливиновые габбро. Основную часть слагают оливиновые и безоливиновые габбронориты [1].

Маринкинский дунит-троктолит-габбровый массив в центральной части состоит из дунитов и плагиодунитов, образующих вытянутое эллипсовидное тело площадью 2 км<sup>2</sup>. На северо-востоке переслаиваются троктолиты, плагиодуниты, перидотиты, переходящие в однородные оливиновые габбро и оливиновые габбронориты [1].

Йоко-Довыренский дунит-троктолит-габбровый массив находится в 60 км к северу от оз. Байкал. В нем выделяются следующие зоны: ультрамафитовая, со-

стоящая из дунитов и верлитов; ритмичного чередования плагиодунитов и троктолитов; троктолитов и оливиновых габбро; массивных оливиновых габбро; оливиновых габброноритов [1, 2].

Авкитский массив представлен в основном серпентинитовыми породами. Дуниты и перидотиты отмечаются реже [1].

Таким образом, Северо-Байкальская провинция содержит огромное количество магнийсиликатных пород. Запасы их составляют миллиарды тонн. При освоении данных месторождений будет выделяться руда, содержащая Cu, Ni, элементы платиновой группы, а основная масса горных пород – перемещаться в отвалы. В числе них дуниты, верлиты, троктолиты, оливиновые габбро, серпентиниты. Практического применения они не имеют, за исключением производства огнеупоров из дунитов (с жесткими требованиями по химическому составу). Наличие отвалов приводит к загрязнению атмосферы, почвы, подземных и поверхностных вод, что способствует нарушению экологической обстановки на прилегающих территориях. Поэтому актуальной задачей является вовлечение данных пород в производство с получением высококачественной товарной продукции.

Одной из основных отраслей, использующих отходы, является отрасль стройиндустрии. Исходя из этого, целью исследований явилась разработка технологий утилизации отходов горнодобывающей промышленности в виде магнийсиликатных пород в производстве строительных материалов.

Как известно, разработка любого месторождения требует прокладки дорог, строительства объектов инфраструктуры. Для этого необходимы строительные материалы. Находясь на значительном расстоянии от предприятий, производящих данные виды материалов, а также от источников сырья, руководству горных компаний требуются большие деньги для их закупки. Решить данную проблему возможно за счет местного сырья, в частности, отходов собственного производства.

**Объекты и методы исследования.** Рассмотрим решение данной проблемы на примере Йоко-Довыренского дунит-троктолит-габбрового массива, находящегося на севере Республики Бурятия.

Дунитовая зона массива выходит на поверхность на северо-западном склоне гольца Довырен. Достаточно мощная (более 100 м) и однородная часть зоны прослеживается от ручья Рыбачий на юго-западе до ручья Белый на северо-востоке на расстоянии около 13 км. Мощность до 870 м отмечена в центральной части массива (ручьи Центральный и Большой), но в верхней трети зоны встречаются ксенолиты скарнов, вокруг которых развиты перидотиты и пироксениты, серпентинизация и карбонатные прожилки. Зона уходит почти вертикально на глубину 600-700 м (результаты бурения). Запасы свежих дунитов можно оценить во многие миллиарды тонн [2, 3].

Дунитовая зона отделяется от плагиодунитовой чередованием 1-2-метровых прослоев плагиодунитов, верлитов и дунитов мощностью около 50 м. Анхимоминеральные дуниты характерны в большей мере для нижней и средней частей дунитовой зоны. В ее верхней части, насыщенной апокарбонатными ксено-

литами, широко распространены верлиты, а также жилы и гнезда диопсидитов [2, 3].

Большие перспективы имеет использование коры выветривания дунитов. Нижние две трети дунитовой зоны геоморфологически выражены долиной, пересекающейся ручьями. Большая часть долины покрыта интенсивно дезинтегрированными породами, рыхлой корой механического выветривания с хорошо сохранившейся структурой исходных дунитов, по химическому составу практически не отличающейся от последних. Мощность коры выветривания обычно не превышает 10 м. Повышенная мощность (до 30-50 м) зафиксирована в местах развития небольших разрывных нарушений, ориентированных, главным образом, в

северо-восточном направлении. Ширина таких участков достигает 15-20 м [2, 3].

Кора выветривания состоит преимущественно из дресвы разнообразного размера. При этом ее приповерхностная часть состоит в большей мере из кристаллов и обломков кристаллов оливина, так как остальные минералы более подвержены выветриванию. Таким образом, происходит природное обогащение дунитов. Запасы дунитового песка составляют миллионы тонн [2, 3].

Химический состав магнийсиликатных пород Йокондовыренского массива, использованных в данной работе, представлен в таблице 1.

Таблица 1

*Химический состав магнийсиликатных пород*

Порода	Содержание основных оксидов, масс. %								
	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	CaO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	Ппп
Дунит	37,40	1,25	40,81	0,40	3,10	12,60	0,14	0,02	2,84
Верлит	39,70	1,80	43,83	0,81	0,42	10,70	0,12	0,07	1,29
Дунитовый песок	38,40	2,10	43,20	0,46	2,93	9,95	0,05	0,03	0,98

До начала исследований были проведены испытания щебня и песка из отходов горно-добывающей промышленности в виде магнийсиликатных горных пород на предмет пригодности для использования в строительстве. Испытания щебня проведены по ГОСТ 8269.0-97 «Щебень и гравий из плотных горных пород и отходов промышленного производства для строительных работ. Методы физико-механических испытаний» и ГОСТ 8267-93 «Щебень и гравий из плотных горных пород для строительных работ. Технические условия». Испытание песка проведено по ГОСТ 8735-88 «Песок для строительных работ. Методы испытаний», ГОСТ 8736-93 «Песок для строительных работ. Технические условия».

**Результаты и обсуждения.** Обычно сырьевые строительные материалы производятся на мелких предприятиях, эксплуатирующих небольшие месторождения. На-

более перспективным и экономически выгодным является использовать породы, находящиеся в отвалах, так как при этом исключается проведение буровзрывных работ и первичное дробление горной массы.

В частности, магнийсиликатные породы, находящиеся в отвалах, после крупного дробления можно сразу подавать на грохочение и разделение по классам крупности: 0-5 мм, 5-20 мм, 20-40 мм, 40-70 мм. Породы крупнее 70 мм должны поступать на среднее дробление, а затем назад на грохочение. Щебень нужной фракции можно использовать для получения строительных материалов или проведения строительных работ [4].

Физико-механические показатели щебня и песка из магнийсиликатных пород Йокондовыренского массива представлены в таблицах 2 и 3, зерновой состав песка – в таблице 4.

Таблица 2

*Физико-механические показатели щебня из магнийсиликатных пород*

№ п/п	Показатели	Дунит	Верлит	Требования ГОСТ 8736-93
1	Объемный насыпной вес щебня, кг/м <sup>3</sup>	1745	1739	–
2	Содержание илистых, глинистых, пылевидных частиц, %	1,0	1,0	не > 1 %
3	Содержание глины в комках	нет	нет	не > 0,25 %
4	Марка щебня по дробимости	М 1200	М 1200	М 1000
5	Марка щебня по истираемости	И 2	И 2	И 2
6	Морозостойкость	F 200	F 200	F 200
7	Влажность щебня, %	0,5	0,5	–
8	Истинная плотность (удельный вес), г/см <sup>3</sup>	3,0	3,01	–
9	Содержание зерен пластинчатой (лещадной) и игловатой формы, %	–	–	не > 25 %
10	Содержание зерен слабых пород, %	–	–	не > 5 %
11.	Граница текучести	не имеет	не имеет	–
12	Граница раскатывания	не имеет	не имеет	–
13	Число пластичности	не имеет	не имеет	–

Данные таблицы показывают, что магнийсиликатные породы – твердые породы, они не содержат зерен слабых пород, пластинчатой и игловатой формы, име-

ют высокую марку по дробимости и высокий удельный вес. Наличие вредных компонентов и примесей в исследуемых породах не выявлено.

Таблица 3

*Физико-механические показатели дунитового песка Йоко-Довыренского массива*

Показатели	Фактическое значение	Требования ГОСТ 8736-93
1. Насыпная плотность	1900 кг/м <sup>3</sup>	–
2. Содержание пылевидных и глинистых частиц	5,0%	не > 3%
3. Содержание глины в комках	нет	не > 0,5%
4. Истинная плотность песка	3,0 г/см <sup>3</sup>	–
5. Граница текучести	не имеет	–
6. Граница раскатывания	не имеет	–
7. Число пластичности	не имеет	–

Таблица 4

*Зерновой состав дунитового песка*

Размер сит, мм	Частные остатки, %	Полные остатки, %	Полные проходы, %	Требования ГОСТ 8736-96
2,5	19,0	19,0	81,0	–
1,25	7,5	26,5	73,5	–
0,63	20,3	46,8	53,2	45-65
0,315	27,2	74,0	26,0	–
0,16	20,3	94,3	6,7	не > 15%
0,071	4,2	98,5	1,5	–
<	1,5	100	0	–

Ситовой анализ дунитового песка показал, что 46,8 % представлено частицами крупнее 0,63 мм. По модулю крупности ( $M_{кр} = 2,72$ ) и полному остатку на сите № 0,63 он относится к группе крупных песков. Содержание в песке пылевидных и глинистых частиц составляет 5 %, что не удовлетворяет требованиям ГОСТ 8736-93 «Песок для строительных работ. Технические условия». Поэтому требуется дополнительное просеивание песка. Содержание органических примесей в песке согласно ГОСТ 8735-88 «Песок для строительных работ. Методы испытаний» находится в пределах допустимых значений.

Проведена радиационно-гигиеническая оценка пород. По радиационным показателям образцы не превышают нормируемых значений СанПиН 2.6.1.2523-09 «Нормы радиационной безопасности» (НРБ-99/2009) и согласно ГОСТ 8267-93 могут использоваться для всех видов строительных работ.

Таким образом, установлено, что отходы горнодобывающей промышленности в виде магнийсиликатных пород Йоко-Довыренского массива имеют высокое качество, соответствуют требованиям ГОСТ и могут использоваться для проведения строительных работ.

Одним из основных видов строительных материалов является бетоны, и при возведении объектов инфраструктуры они будут востребованы. При производ-

стве данного материала перспективным и экономически выгодным будет использование местного сырья в виде отходов горнодобывающей промышленности.

Для этого изучалось влияние щебня и песка из магнийсиликатных пород Йоко-Довыренского массива на технологические свойства бетонных смесей [5]. Были проведены испытания по подбору состава бетонов на четырех видах щебня и двух видах песка. Расход щебня всех видов в составе бетонов оставался равным по массе. Подвижность бетонных смесей во всех случаях составляла 1-4 см при соотношении массы песка к общей массы заполнителей, равном 0,4. Расход цемента при подборе состава бетона оставался постоянным. В качестве мелкого заполнителя использовались: кварцполевошпатовый песок с модулем крупности  $M_k = 2,5$  и дунитовый песок Йоко-Довыренского массива с модулем крупности  $M_k = 2,72$ . В качестве крупного заполнителя – щебень из дунита, верлита, гранита, а также гравий. В качестве вяжущего в работе применялся портландцемент Тимлойского цементного завода марки М400Д0.

Определялось влияние вида щебня и песка на темпы твердения и прочность бетонов. Исследования проводились в возрасте 7 и 28 суток нормально-влажностного твердения. Полученные результаты представлены в таблице 5.

Механические показатели бетона в зависимости от вида заполнителей

Вид крупного заполнителя	Вид мелкого заполнителя	Предел прочности при сжатии, МПа в возрасте	
		7 суток	28 суток
Дунит	Кварцевый песок	18,3	28,8
	Дунитовый песок	21,9	32,8
Верлит	Кварцевый песок	17,1	28,3
	Дунитовый песок	21,7	32,0
Гранитный щебень	Кварцевый песок	16,0	27,3
	Дунитовый песок	17,3	28,4
Гравий	Кварцевый песок	15,8	26,2
	Дунитовый песок	16,9	27,8

Полученные в ходе экспериментов данные показывают, что основной набор прочности происходит в первые 7 суток твердения бетона (более 50 %), далее набор прочности замедляется и достигает максимального значения к 28 суткам твердения в нормально-влажностных условиях.

Вид крупного заполнителя оказывает влияние на прочностные характеристики бетонов. Самые низкие показатели имеют бетоны, где в качестве крупного заполнителя используется гравий. Лучшие показатели имеют бетоны с использованием магнийсиликатных пород.

Мелкий заполнитель также оказывает влияние на прочностные характеристики бетонов. Замена кварцевого песка на дунитовый способствует повышению их прочности, которая увеличивается на 12,5-13,9 %.

Таким образом, получены тяжелые бетоны, где в качестве заполнителей используются дунит и верлит. Их средняя плотность находится в пределах 2400-2600 кг/м<sup>3</sup>, коэффициент водостойкости составляет 0,85-0,87, морозостойкость – 50 циклов. Данные бетоны можно использовать для производства фундаментных блоков и внутренних стеновых панелей.

Еще одним перспективным направлением использования отходов горнодобывающей промышленности является дорожное строительство. Освоение любого месторождения требует прокладки дорог. И здесь перспективным и дешевым материалом является местное сырье, в частности, отходы. Отсыпка грунтовых дорог, а, в перспективе, и укладка асфальтобетона, требуют качественного крупного и мелкого заполнителей. Для строительства грунтовой дороги используют щебень фракции 40-70 мм и 20-40 мм. Для придания основания будущей дороги нижний слой отсыпают щебнем фракции 40-70 мм, затем покрывают щебнем фракции 20-40 мм. Этим достигается эффект разклиновки материалов и повышается прочность дороги.

Для определения качества щебня из магнийсиликатных пород Йоко-Довыренского массива и определения его пригодности для использования при отсыпке грунтовых дорог и прокладке асфальтобетонов проведены исследования по ГОСТ 8267-93 «Щебень и гравий из плотных горных пород для строительных работ. Технические условия» и ГОСТ 9128-97 «Смеси асфальтобетонные дорожные, аэродромные и асфальто-бетон. Технические условия».

Известно, что большое влияние на прочность и водостойкость дорожного покрытия оказывает качество крупного заполнителя (прочность его зерен, шероховатость и активность поверхности). В этом отношении щебень из магнийсиликатных пород имеет высокое качество, он практически однороден по своему составу, имеет ультраосновную высокоразвитую поверхность и поэтому должен хорошо взаимодействовать с битумом, что способствует получению асфальтобетона высокого качества.

Другим компонентом, оказывающим влияние на свойства асфальтобетона, является песок. Прочность асфальтового раствора зависит от крупности зерен песка, степени их окатанности, удельной поверхности, пористости и химико-минералогических свойств. Известно, что чем крупнее песок, тем плотнее асфальтобетон и выше его деформационная устойчивость. Как показали проведенные исследования, дунитовый песок относится к группе крупных песков 2 класса и пригоден для приготовления асфальтобетонной смеси согласно ГОСТ 8736-93.

**Заключение.** Таким образом, в результате проведенных исследований установлено, что отходы горнодобывающей промышленности в виде магнийсиликатных горных пород Йоко-Довыренского массива можно использовать в качестве крупного и мелкого заполнителей при получении тяжелых бетонов высокого качества. Данные породы также могут применяться для отсыпки грунтовых дорог и прокладки асфальтобетона. Это позволит комплексно и рационально использовать природные ресурсы, решить проблемы создания экологически чистого горнодобывающего предприятия, что, в свою очередь, уменьшит экологическую нагрузку на окружающую среду за счет сокращения и ликвидации отвалов.

#### Литература

1. Кислов Е.В. Никеленозные ультрамафит-мафитовые интрузивы в рифтовых и островодужных структурах (Северобайкальская провинция) // Материалы XI всероссийского петрографического совещания с участием зарубежных ученых «Магматизм и метаморфизм в истории земли», 24-28 авг. 2010 г. Екатеринбург, 2010. С. 301-302.
2. Кислов Е.В. Йоко-Довыренский расслоенный массив. Улан-Удэ: Изд-во БНЦ, 1998. 265 с.
3. Кислов Е.В., Худякова Л.И. Войлошников О.В. Дуниты Йоко-Довыренского массива и возможности их использования // Минеральное сырье Урала и его использование. 2009. № 6 (25). С. 17-23.

4. Худякова Л.И. Комплексное освоение минеральных ресурсов на месторождениях Северо-Байкальской рудной зоны // Горный информ.-аналит. бюл. 2012. № 7. С. 112-114.

5. Худякова Л.И., Войлошников О.В., Кислов Е.В. Пути повышения рационального природопользования на примере Северо-Байкальского рудного района // Журн. Сиб. федер. ун-та. Сер. Техника и технологии. 2011. № 2 (2011 4). С. 155-161.

### References

1. Kislov E.V. Nickel-bearing ultramafic-mafic intrusions in the rift and island structures (the North Baikal Province) // Materialy XI vsross.

petrograficheskogo soveshchaniya s uchastiem zarubezhnykh uchenykh. Yekaterinburg: IGG UB RAS. 2010. S. 301-302.

2. Kislov E.V. Ioko-Dovyren layered massif. Ulan-Ude: Izd-vo BNTs, 1998. 265 s.

3. Kislov E.V., Khudyakova L.I., Voiloshnikov O.V. Dunites Yoko-Dovyren massif and using them // Minerals Urals and its use. 2009. № 6 (25). С. 17-23.

4. Khudyakova L.I. The integrated development of mineral resources on the deposits of the Northern Baikal ore zone // Gorny inform.-analit. byul., 2012. № 7. S. 112-114.

5. Khudyakova L.I., Voiloshnikov O.V., Kislov E.V. The ways of improving the rational nature management by the example of North Baikal ore region // Zhurn. Sib. feder. un-ta. 2011. № 2 (2011 4). S. 155-161.

УДК 630.181.41+630.182.5

## Влияние рубок ухода на конкурентные отношения сосны и ели в смешанном древостое

Д.А. Данилов<sup>1, a</sup>, Т.А. Ищук<sup>2, b</sup>

<sup>1</sup>ГНУ Ленинградский НИИСХ «Белогорка» Россельхозакадемии, ул. Институтская, 1, п. Белогорка, Гатчинский р-н, Ленинградская обл., Россия

<sup>2</sup>Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет им. Кирова, Институтский пер.5, Санкт-Петербург, Россия

<sup>a</sup>stown200@mail.ru, <sup>b</sup>rabbit0189@mail.ru

Статья получена 26.04.2013, принята 22.08.2013

*Выращивая смешанные хвойные древостои, необходимо знать, когда в них обостряются конкурентные взаимоотношения, чтобы предотвратить усиление отпада и перенаправить с помощью рубок ухода прирост на более хозяйственно ценную часть насаждения. Условия произрастания определяют конкурентные отношения в смешанных хвойных ценозах. В зависимости от биологических свойств пород, разреживая древостой, можно до известной степени ослаблять их воздействие друг на друга, распределяя равномерно ярусы по экологическим нишам. Однако, в зависимости от метода рубок ухода на супесчаных почвах в черничных типах леса, может происходить не уменьшение, а увеличение конкуренции между ярусами сосны и ели. Для исследуемых объектов были составлены модели распределения по ступеням толщины деревьев сосны и ели, представленных на пробных площадях. Рассчитаны показатели меры плотной упаковки видов с использованием принципа «плотной упаковки» экологических ниш (дифференциации экологических ниш) Р. Мак-Артура, отражающие степень конкурентных взаимоотношений сосны и ели. При рубках ухода необходимо дифференцированно подходить к методу разреживания ярусов древостоя в зависимости от целевой выращиваемой породы. В данных экологических условиях целесообразней не выводить ель в один ярус с сосной, чтоб не обострять конкуренцию пород и не усилить отпад. Сохранение лидирующего положения соснового яруса позволит более оптимально использовать лесорастительные условия, т. к. на супесчаных почвах еловый ярус имеет меньшую производительность. Следует оставлять не более двух единиц ели в составе смешанного хвойного древостоя к возрасту сплошной рубки.*

**Ключевые слова:** сосново-еловые древостои, конкуренция, экологическая ниша, рубки ухода, мера плотной упаковки видов, распределение деревьев по ступеням толщины.

## Effect of improvement thinning on pine and spruce competitive relationships in mixed forest stands

D.A. Danilov<sup>1, a</sup>, T.A. Ishchuk<sup>2, b</sup>

<sup>1</sup>Leningrad Research Institute of Agriculture «Belogorka», Russian Academy of Agricultural Sciences, 1 Institutskaya str., Belogorka, Gatchina district, Leningrad region, Russia

<sup>2</sup>St. Petersburg State Forestry Engineering University, 5 Institutsky lane, St. Petersburg, Russia

<sup>a</sup>stown200@mail.ru, <sup>b</sup>rabbit0189@mail.ru

Received 26.04.2013, accepted 22.08.2013

*Growing mixed conifer stands it is necessary to know when their competitive relationships become aggravated in order to prevent increasing attrition and to redirect growth to more economically valuable part of plantings using improvement thinning. The growing conditions determine the competitive relationships in the mixed coniferous cenoses. Depending on the species biological properties, when thinning one can dilute their influence on each other to a certain extent distributing evenly the layers in the environmental niches.*