

УДК 630.231:553.676

DOI: 10.37482/0536-1036-2021-5-22-33

## ПОДРОСТ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ (*Pinus sylvestris* L.) НА ОТВАЛАХ МЕСТОРОЖДЕНИЯ ХРИЗОТИЛ-АСБЕСТА

Ю.В. Зарипов, канд. с.-х. наук; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6174-4001>

С.В. Залесов, д-р с.-х. наук, проф.; ResearcherID: [H-2605-2019](https://orcid.org/0000-0003-3779-410X),

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3779-410X>

Е.С. Залесова, канд. с.-х. наук, доц.;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4403-8118>

А.С. Попов, канд. с.-х. наук; ResearcherID: [AAN-6020-2021](https://orcid.org/0000-0002-3060-9461),

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3060-9461>

Е.П. Платонов, канд. с.-х. наук; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8502-1350>

Н.И. Стародубцева, канд. с.-х. наук; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8251-8537>

Уральский государственный лесотехнический университет, ул. Сибирский тракт, д. 37,  
г. Екатеринбург, Россия, 620100; e-mail: zalesov@usfeu.ru

---

Оригинальная статья / Поступила в редакцию 25.02.20 / Принята к печати 20.05.20

---

**Аннотация.** Исследования выполнены на отвалах вскрышных пород и отходов обогащения бедных руд месторождения хризотил-асбеста. Согласно схеме лесорастительного районирования, территорию проведения работ отнесли к округу предлесостепных сосново-березовых лесов Зауральской равнинной провинции Западно-Сибирской равнинной лесорастительной области. Закладывали учетные площадки на террасах отвала по ходовым линиям. На каждой учетной площадке подсчитывали подрост. Его распределяли по категориям жизнеспособности, крупности (мелкий, средний, крупный) и жизненной форме (дерево, куст, стланец). Установлена обеспеченность подростом указанного вида нарушенных земель и даны рекомендации по проведению мероприятий, направленных на ускорение процесса лесовосстановления. Подрост на отвалах представлен сосной обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.), березой повислой (*Betula pendula* Roth.), тополем дрожащим (осиной) (*Populus tremula* L.) и ивой козьей (*Salix caprea* L.). При этом доминируют сосна обыкновенная и береза повислая. Специфической особенностью формирующегося молодняка является высокая доля сосны обыкновенной стелющейся и кустарниковой формы. Указанные экземпляры зафиксированы среди мелкого и среднего подроста. Именно подрост данных групп высот становится отпадом, не переходя в категорию крупного. Последнее обуславливает необходимость ускорения перевода отвалов в покрытую лесной растительностью площадь, увеличения доли глинистых частиц в верхнем 50-сантиметровом слое отвала или покрытия его поверхности слоем нетрадиционных удобрений, в частности осадков сточных вод. Лесохозяйственное направление рекультивации отвалов на месторождении хризотил-асбеста является наиболее предпочтительным. В качестве главной породы при планировании данных работ следует выбрать сосну обыкновенную.

**Для цитирования:** Зарипов Ю.В., Залесов С.В., Залесова Е.С., Попов А.С., Платонов Е.П., Стародубцева Н.И. Подрост сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) на отвалах месторождения хризотил-асбеста // Изв. вузов. Лесн. журн. 2021. № 5. С. 22–33. DOI: 10.37482/0536-1036-2021-5-22-33

**Финансирование:** Исследования проведены в рамках научной темы «Экологические аспекты рационального природопользования» № FEUG-2020-0013, по заданию Минобрнауки.

*Ключевые слова:* нарушенные земли, рекультивация, лесовозобновление, подрост, сосна обыкновенная, месторождения хризотил-асбеста, отвалы.

## SCOTS PINE (*Pinus sylvestris* L.) UNDERGROWTH ON THE DUMPS OF THE CHRYSOTILE ASBESTOS DEPOSIT

*Yuriy V. Zaripov*, Candidate of Agriculture; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6174-4001>

*Sergey V. Zalesov*, Doctor of Agriculture, Prof.; ResearcherID: [H-2605-2019](https://orcid.org/0000-0003-3779-410X),

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3779-410X>

*Evgeniia S. Zalesova*, Candidate of Agriculture, Assoc. Prof.;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4403-8118>

*Artem S. Popov*, Candidate of Agriculture; ResearcherID: [AAN-6020-2021](https://orcid.org/0000-0002-3060-9461),

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3060-9461>

*Evgeniy P. Platonov*, Candidate of Agriculture, Assoc. Prof.;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8502-1350>

*Natal'ya I. Starodubtseva*, Candidate of Agriculture;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8251-8537>

Ural State Forest Engineering University, ul. Sibirskiy trakt, 37, Yekaterinburg, 620100, Russian Federation; e-mail: zalesov@usfeu.ru

---

Original article / Received on February 25, 2020 / Accepted on May 20, 2020

---

**Abstract.** The studies were carried out on the dumps of overburden rocks and tailings of poor ores of the chrysotile asbestos deposit. According to the scheme of forest site zoning, the studying area belongs to the pre-forest steppe district of pine and birch forests of the Zabaikal'ye plain province of the West Siberian plain forest site area. The survey sites were laid out on the terraces of the dump along the running lines. Undergrowth was counted at each survey site. It was classified by viability, size (small, medium, large), and life form (tree, bush, scrub). The provision with undergrowth of the indicated type of disturbed soils was defined and recommendations for measures aimed at accelerating the process of reforestation were given. Undergrowth on the dumps is represented by Scots pine (*Pinus sylvestris* L.), silver birch (*Betula pendula* Roth.), aspen (*Populus tremula* L.), and goat willow (*Salix caprea* L.). Scots pine and silver birch are the dominant species in the undergrowth composition. Large share of Scots pine of scrub and bush form is the specific feature of the developing young growth. These specimens were found among small- and medium-sized undergrowth. It is the undergrowth of these heights that becomes an annual attrition without passing into the large-sized category. The latter is the main reason for faster conversion of the dumps into forest-covered area, for increasing the share of clay particles in the upper 50 cm thick dump layer, or for coating the dump surface by non-traditional fertilizers, in particular sewage sludge. It was noted that silvicultural trend in the dump reclamation on the chrysotile asbestos deposit is the most preferable. Scots pine should be preferred as the primary species for reclamation planning.

**For citation:** Zaripov Yu.V., Zalesov S.V., Zalesova E.S., Popov A.S., Platonov E.P., Starodubtseva N.I. Scots Pine (*Pinus sylvestris* L.) Undergrowth on the Dumps of the Chrysotile Asbestos Deposit. *Lesnoy Zhurnal* [Russian Forestry Journal], 2021, no. 5, pp. 22–33. DOI: 10.37482/0536-1036-2021-5-22-33

**Funding:** The research was carried out within the framework of the scientific topic “Ecological Aspects of Rational Use of Natural Resources” No. FEUG-2020-0013 according to the assignment of the Ministry of Education and Science.

*Keywords:* disturbed soils, reclamation, reforestation, undergrowth, Scots pine, chrysotile asbestos deposit, dumps.

### *Введение*

Добыча полезных ископаемых и их переработка неразрывно связаны с изъятием земель для размещения отвалов вскрышных пород и отходов обогащения бедных руд [16, 17, 19]. После завершения складирования отвалы представляют собой рукотворные сооружения различной величины, ухудшающие существующий природный ландшафт и нередко представляющие угрозу для природы и населения [8, 13, 18, 23, 24]. Форма, высота и степень опасности для окружающей среды будут существенно различаться в зависимости от механического и химического состава содержащегося в отвалах. Последнее обуславливает сложность проведения рекультивационных работ, поскольку они предусматривают учет потенциального плодородия земель, химического состава почв и природно-экономических условий конкретного региона [4, 15, 20, 21].

В научной литературе широко освещен опыт рекультивационных работ как в нашей стране, так и за ее пределами [11, 22, 25, 27, 28]. Особое внимание при этом уделено результатам таких работ и методам их оценки [12, 14, 26].

На Урале, уже много лет являющемся поставщиком самых различных полезных ископаемых, накоплен значительный опыт рекультивации нарушенных земель, см. например [2, 3, 7]. Однако в научной литературе крайне мало работ, посвященных рекультивации отвалов вскрышных пород и отходов обогащения бедных руд на месторождениях хризотил-асбеста. Последнее в сочетании со значительными объемами добычи на Урале данных минеральных руд обусловило направление наших исследований.

Целью исследований стал анализ успешности естественного зарастания древесной растительностью отвалов вскрышных пород и отходов обогащения бедных руд на месторождении хризотил-асбеста и разработка на этой основе предложений по ускорению процесса естественной рекультивации.

### *Объекты и методы исследования*

Исследования проведены на территории округа предлесостепных сосново-березовых лесов Зауральской равнинной провинции Западно-Сибирской равнинной лесорастительной области [6].

Объектом изучения является древесная растительность, естественно сформировавшаяся на отвале № 3 (Восточный отвал) Баженовского месторождения хризотил-асбеста. Отвал образовался в результате сухого складирования вскрышных пород и отходов обогащения бедных руд. Он имеет площадь 188 га и представляет собой трехуровневый полигон. Схема расположения Восточного отвала приведена на рис. 1.

Отвал начал формироваться в 1951 г., а его отсыпка завершилась в 1979 г. При общем объеме 453,1 млн т отвал содержит 36,1 млн т вскрышных пород, 53,0 млн т отходов обогащения и 38,8 млн т бедных асбестосодержащих руд. Террикон отвала имеет 3 уровня (яруса). Первый уровень находится на высоте 45–50 м, второй – 70–75 м и третий, верхний – на высоте 105–110 м от поверхности почвы.

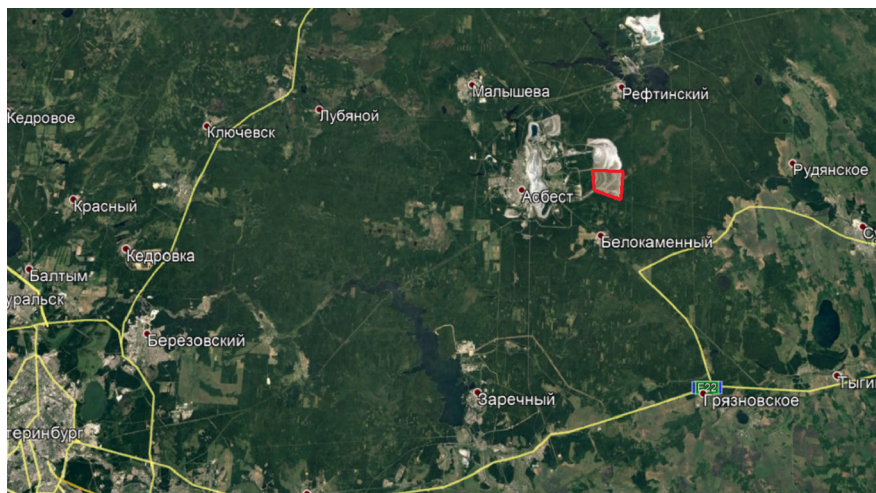


Рис. 1. Схема расположения отвала № 3 (Восточный отвал)

Fig. 1. Layout of dump No. 3 (Vostochny dump)

Содержимое отвала представлено обломками: перидотитов – 45 %, серпентинитов – 40 %, дунитов – 7 %, габбро – 5 %, диоритов – 1 % и глинистыми породами – 2 %. Указанные породы имеют устойчивое состояние и характеризуются следующей крупностью кусков, слагающих отвал: менее 5 см – 25 %, 5–10 см – 31 %, 11–20 см – 28 %, 21–50 см – 6 % и более 50 см – 11 %.

Особо следует отметить, что в содержащихся в отвале породах практически нет опасных (в экологическом плане) химических элементов, таких как медь, цинк, свинец, сера, фтор, бор, селен.

Определение количественных и качественных показателей подроста производили на основании общеизвестных апробированных методик [9, 10]. В основу исследований положен метод учетных площадок размером 2×2 м, которые закладывались на заранее обозначенных трансектах через равные расстояния. Трансекты располагали параллельно друг другу на каждом из уровней отвала на расстоянии 15, 100, 200 и 300 м от его края (откоса). На каждой трансекте выделено по 20 учетных площадок.

При пересчете подроста на экспериментальных площадках его распределяли по видам, категориям жизнеспособности и группам высоты: до 0,5 м – мелкий; 0,5–1,5 м – средний; выше 1,5 м – крупный. Полученные показатели пересчитывали на 1 га. Дополнительно устанавливали количество подроста в пересчете на крупный. При этом полученное число мелкого подроста умножали на коэффициент 0,5; среднего – на 0,8; крупного – на 1,0. По данным о густоте определяли состав подроста, а выраженное в процентах отношение количества учетных площадок с наличием конкретного древесного вида подроста к общему количеству заложенных площадок свидетельствовало о встречаемости вида.

Кроме того, все жизнеспособные экземпляры подроста сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) относили к одной из трех жизнеспособных форм. Форма «дерево» представляет собой экземпляры нормального развития (рис. 2, а); куст – с несколькими стволиками (рис. 2, б); стелющаяся – с наклоненными к поверхности субстрата стволиками (рис. 2, в).



а



б



в

Рис. 2. Подрост формы: а – дерево, или нормальное развитие; б – куст; в – стелющаяся

Fig. 2. Undergrowth forms: а – tree, or normal development; б – bush; в – scrub

Сравнение данных о составе и густоте подроста с действующими нормативными документами [10] позволило определить обеспеченность подростом и наметить пути ускорения процесса естественного зарастания отвалов древесной растительностью.

#### Результаты исследования и их обсуждение

Выполненные нами исследования показали, что подрост, формирующийся на отвалах месторождений хризотил-асбеста, представлен четырьмя видами: сосна обыкновенная, береза повислая (*Betula pendula* Roth.), тополь дрожащий (осина) (*Populus tremula* L.) и ива козья (*Salix caprea* L.).

Состав подроста, его густота и встречаемость зависят не только от уровня отвала, но и от расстояния до его откоса (края) (табл. 1).

Материалы табл. 1 свидетельствуют о том, что на большинстве трансект густота подроста в пересчете на крупный значительно превышает показатели, необходимые для перевода нарушенных земель в покрытую лесной растительностью площадь [10]. При этом в составе подроста доминируют сосна обыкновенная и береза повислая, густота которых в пересчете на крупный подрост варьируется по трансектам от 3,7 до 20,7 и от 4,1 до 14,1 тыс. шт./га соответственно. Худшие условия для накопления подроста при этом создаются у кромки откоса (рис. 3).

Особо следует отметить высокие показатели встречаемости подроста как сосны, так и березы. Для сосны этот показатель составляет по трансектам 47...77 %, для березы – 40...86 %.

Таблица 1

**Характеристика жизнеспособных экземпляров подроста на отвалах вскрышных пород и отходов обогащения бедных руд месторождения хризотил-асбеста**

Расстояние до откоса, м	Состав подроста в перерасчете на крупный	Количество подроста по группам высот, тыс. шт./га					Встречаемость, %
		мелкий	средний	крупный	итого	в пересчете на крупный	
<i>Первый уровень</i>							
15	5,9С	10,0	1,7	0	11,7	6,4	50
	3,9Б	4,0	2,7	0	6,7	4,1	50
	0,2ИВ	0	0,3	0	0,3	0,2	3
	<i>Итого</i>	10,4	4,7	0	19,0	10,7	
100	6,8Б	14,7	7,3	0	22,0	13,2	77
	2,9С	3,0	4,3	0,7	8,0	5,6	47
	0,3Ос	0,7	0,3	0	1,0	0,6	7
	<i>Итого</i>	18,4	11,9	0,7	31,0	19,4	
200	6,5Б	16,0	4,0	0,3	20,3	11,5	67
	2,4С	3,3	3,3	0	6,6	4,3	53
	1,1Ос	0	2,3	0	2,3	1,9	13
	<i>Итого</i>	19,3	9,6	0,3	29,3	17,7	
300	4,6Б	6,0	3,6	1,7	11,3	7,6	53
	3,7С	7,0	2,6	0,3	9,9	6,0	67
	1,7Ос	4,0	1,0	0	5,0	2,8	33
	<i>Итого</i>	17,0	7,2	2,0	26,2	16,4	
<i>Второй уровень</i>							
15	5,0С	13,0	0,7	0	13,7	7,0	73
	4,7Б	12,0	0	0,7	12,7	6,7	53
	0,3ИВ	1,0	0	0	1,0	0,5	10
	<i>Итого</i>	26,0	0,7	0,7	27,4	14,2	
100	4,8Б	9,0	1,3	0,3	10,6	5,9	63
	4,0С	4,7	2,3	0,7	7,7	4,8	47
	1,2Ос	2,0	0,7	0	2,7	1,5	20
	<i>Итого</i>	15,7	4,3	1,0	21,0	12,2	
200	5,8С	31,3	1,3	4,0	36,6	20,7	63
	4,0Б	17,7	5,3	1,0	24,0	14,1	86
	0,1Ос	0	0,3	0	0,3	0,3	3
	0,1ИВ	0	0,3	0	0,3	0,2	3
<i>Итого</i>	49,0	7,2	5,0	61,2	35,3		
<i>Третий уровень</i>							
15	5,2Б	5,3	1,3	0,3	6,9	4,0	43
	4,8С	4,7	1,3	0,3	6,3	3,7	63
	<i>Итого</i>	10,0	2,6	0,6	13,2	7,7	
100	5,4С	9,3	4,0	0	13,3	7,8	73
	4,2Б	3,0	5,0	0,7	8,7	6,2	40
	0,3Ос	0,3	0,3	0	0,6	0,4	7
	0,1ИВ	0,3	0	0	0,3	0,2	3
	<i>Итого</i>	12,9	9,3	0,7	22,9	14,6	
200	6,2С	17,3	0,7	0,3	18,3	9,5	77
	3,5Б	0,7	3,7	2,0	6,4	5,3	40
	0,2Ос	0	0	0,3	0,3	0,3	3
	0,1ИВ	0,3	0	0	0,3	0,2	3
	<i>Итого</i>	18,3	4,4	2,6	25,3	15,3	

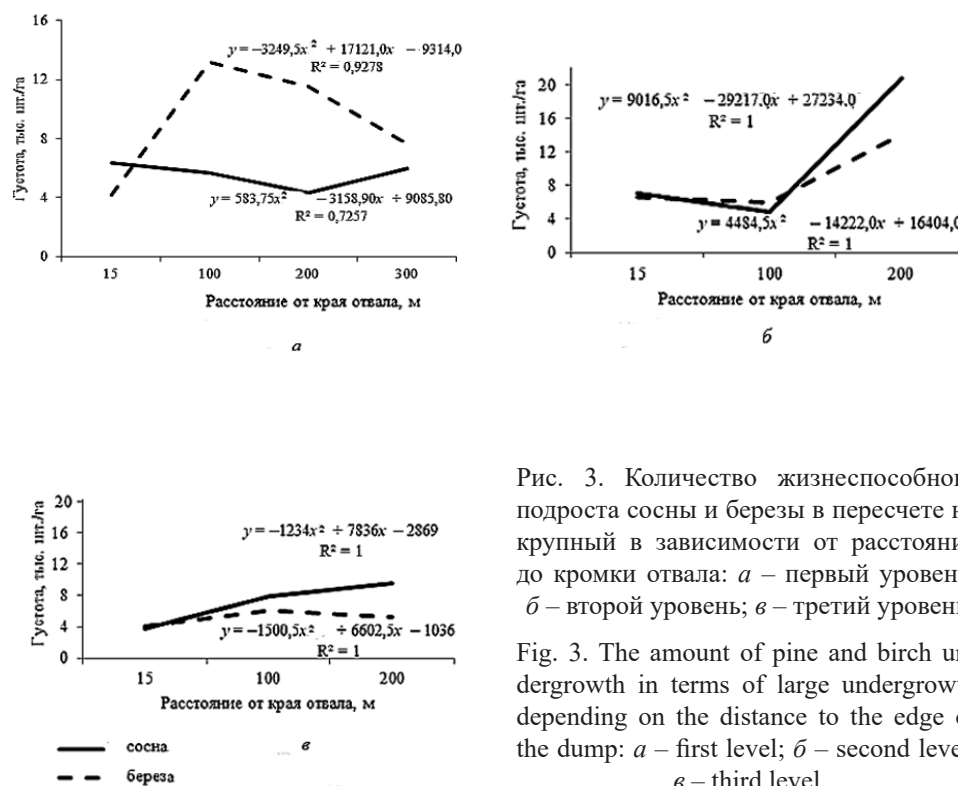


Рис. 3. Количество жизнеспособного подроста сосны и березы в пересчете на крупный в зависимости от расстояния до кромки отвала: а – первый уровень; б – второй уровень; в – третий уровень

Fig. 3. The amount of pine and birch undergrowth in terms of large undergrowth depending on the distance to the edge of the dump: а – first level; б – second level; в – third level

В то же время, несмотря на завершение отсыпки отвала 39 лет назад, количество крупного подроста сосны не превышает 4,0, а березы 2,0 тыс. шт./га. При этом указанное максимальное количество подроста зафиксировано в 200 м от кромки отвала, а на большинстве трансект крупный подрост сосны и березы либо отсутствует, либо его густота не превышает 0,7 тыс. шт./га. Причина заключается в интенсивном отпаде мелкого и среднего подроста (табл. 2).

Данные табл. 2 показывают, что в отпад переходит преимущественно подрост сосны. Другими словами, на отвале происходит смена поколений мелкого и среднего подроста, а не формирование молодняков.

Жесткими лесорастительными условиями объясняется присутствие на отвале подроста сосны обыкновенной разных жизненных форм (табл. 3).

Худшие условия для формирования подроста сосны обыкновенной, как видно из табл. 3, наблюдаются у откоса отвала. С увеличением крупности молодняка возрастает доля экземпляров нормальной формы – дерево. В частности, указанную форму имеют все экземпляры крупного подроста. В то же время значительная доля мелкого и среднего подроста форм стелющейся и кустовой позволяет прогнозировать интенсивный отпад.

Таблица 2

**Гибель подроста на отвале вскрышных пород  
и отходов обогащения бедных руд месторождения хризотил-асбеста**

Расстояние до откоса, м	Состав погибшего подроста в пересчете на крупный	Количество погибшего подроста по группам высот, тыс. шт./га				Встречаемость, %
		мелкий	средний	итого	в пересчете на крупный	
<i>Первый уровень</i>						
15	10,0С	9,3	0	9,3	4,7	50
100	10,0С	7,0	1,0	8,0	4,3	57
200	8,5С	8,7	0,3	9,0	4,6	60
	1,50с	0	1,0	1,0	0,8	10
	<i>Итого</i>	8,7	1,3	10,0	5,4	
300	0,3Б	0,3	0	0,3	0,2	3
	9,2С	9,0	1,0	10,0	5,3	50
	0,5Ив	0	0,3	0,3	0,2	3
	<i>Итого</i>	9,3	1,3	10,6	5,7	
<i>Второй уровень</i>						
15	8,7С	1,7	0,3	2,0	1,1	20
	1,3Б	0,3	0	0,3	0,2	3
	<i>Итого</i>	2,0	0,3	2,3	1,3	
100	10,0С	15,0	0,7	15,7	8,0	90
200	9,4С	22,3	0	22,3	11,1	67
	0,4Б	1,0	0	1,0	0,5	10
	0,20с	0,3	0	0,3	0,2	3
	<i>Итого</i>	23,6	0	23,6	11,8	
<i>Третий уровень</i>						
15	10,0С	5,0	0	5,0	2,5	37
100	10,0С	6,0	0	6,0	3,0	37
200	8,9С	8,7	0	8,7	4,3	50
	1,1Б	0	0,7	0,7	0,6	6
	<i>Итого</i>	8,7	0,7	9,4	4,9	

Известно [1], что подрост при систематическом объедании его животными приобретает форму куста. На отвалах животные не пасутся, поэтому предполагаем, что экземпляры подроста форм стелющейся и кустовой имеют такие очертания из-за жестких лесорастительных условий.



Таблица 3

**Распределение подроста сосны обыкновенной по жизненным формам, %**

Расстояние до откоса, м	Мелкий подрост			Средний подрост			Крупный подрост
	Дерево	Куст	Стелющаяся	Дерево	Куст	Стелющаяся	Дерево
<i>Первый уровень</i>							
15	12,8	15,4	71,8	61,2	26,3	12,5	0
100	20,0	5,0	75,0	68,0	26,2	5,8	0
200	66,7	2,0	31,3	73,2	10,2	16,6	100
300	66,6	16,7	16,7	86,7	9,4	3,9	100
<i>Второй уровень</i>							
15	35,9	18,4	45,7	73,2	15,6	11,2	0
100	69,4	22,1	8,5	74,2	19,9	5,9	100
200	72,3	18,3	9,4	83,1	10,7	6,2	100
<i>Третий уровень</i>							
15	22,4	15,3	62,3	82,0	9,8	8,2	100
100	25,3	15,8	58,9	84,3	11,8	3,9	0
200	71,2	8,7	20,1	78,2	20,6	1,2	100

Выполненные нами ранее исследования показали, что ускорить процесс зарастания отвалов на месторождениях хризотил-асбеста можно увеличением до 50 % доли глинистых частиц в верхнем слое отвала при техническом этапе рекультивации или нанесением на поверхность отвала нетрадиционных удобрений, в частности осадка сточных вод [5].

*Выводы*

1. На отвалах вскрышных пород и отходов обогащения асбестосодержащих руд естественно формируется подрост сосны обыкновенной, березы повислой, осины и ивы козьей. При этом в его составе доминируют сосна обыкновенная и береза повислая.

2. На всех уровнях отвала общая густота подроста является высокой. Однако процесс накопления крупного подроста сильно растянут во времени из-за отпада мелкого и среднего подроста.

3. Жесткие лесорастительные условия, складывающиеся на отвале, обусловили высокую долю среди мелкого и среднего подроста экземпляров сосны обыкновенной стелющейся и кустовой формы.

4. Худшие условия для накопления подроста на всех уровнях складываются вблизи откоса отвала.

5. В районе исследований лесохозяйственное направление рекультивации является наиболее приемлемым.

6. Ускорить процесс естественной рекультивации отвалов на месторождениях хризотил-асбеста можно увеличением доли глинистых частиц в верхнем слое отвала или нанесением на его поверхность нетрадиционных удобрений, например осадка сточных вод.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

1. Ермакова М.В. Особенности посттравматического формирования и роста деревьев в молодняках сосны Зауралья: автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук. Уфа, 2016. 44 с. Ermakova M.V. *Features of Post-Traumatic Formation and Growth of Trees in Young Pine Growth of Zaural'ye*: Dr. Agric. Sci. Diss. Abs. Ufa, 2016. 44 p.
2. Залесов С.В., Залесова Е.С., Зарипов Ю.В., Оплетаяев А.С., Толкач О.В. Рекультивация нарушенных земель на месторождении тантал-бериллия // Экология и промышленность России. 2018. Т. 22, № 12. С. 63–67. Zalesov S.V., Zalesova E.S., Zaripov Yu.V., Opletaev A.S., Tolkach O.V. Reclamation of Damaged Soils on Tantal-Berill Deposit. *Ekologiya i promyshlennost' Rossii* [Ecology and Industry of Russia], 2018, vol. 22, no. 12, pp. 63–67. DOI: <https://doi.org/10.18412/1816-0395-2018-12-63-67>
3. Залесов С.В., Залесова Е.С., Зверев А.А., Оплетаяев А.С., Терин А.А. Формирование искусственных насаждений на золоотвале Рефтинской ГРЭС // Изв. вузов. Лесн. журн. 2013. № 2. С. 66–73. Zalesov S.V., Zalesova E.S., Zverev A.A., Opletaev A.S., Terin A.A. The Method of Growing Artificial Pine Stands at the Ash Dumps of the Refinskaya Power Plant. *Lesnoy Zhurnal* [Russian Forestry Journal], 2013, no. 2, pp. 66–73. URL: <http://lesnoizhurnal.ru/upload/iblock/068/lh7.pdf>
4. Зарипов Ю.В. Эффективность лесной рекультивации нарушенных земель на месторождениях хризотил-асбеста и тантал-бериллия: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук, Екатеринбург, 2018. 19 с. Zaripov Yu.V. *Efficiency of Forest Reclamation of Disturbed Lands at Chrysotile Asbestos and Tantalum-Beryllium Deposits*: Cand. Agric. Sci. Diss. Abs. Yekaterinburg, 2018. 19 p.
5. Зарипов Ю.В., Залесов С.В., Залесова Е.С., Крюк В.И., Фрейберг И.А. Опыт рекультивации отвалов хризотил-асбеста // Биологическая рекультивация нарушенных земель: материалы X всерос. науч. конф. с междунар. участием. Екатеринбург: УГЛТУ, 2017. С. 124–131. Zaripov U.V., Zalesov S.V., Zalesova E.S., Kruk V.I., Freiberg I.A. The Experience of Recultivation of Dumps of Chrysotile-Asbestos. *Biological Recultivation of Disturbed Lands: Proceedings of the X All-Russian Scientific Conference with International Participation*. Yekaterinburg, USFEU Publ., 2017, pp. 124–131.
6. Колесников Б.П., Зубарева Р.С., Смолоногов Е.П. Лесорастительные условия и типы лесов Свердловской области. Свердловск: УНЦ АН СССР, 1973. 176 с. Kolesnikov B.P., Zubareva R.S., Smolonogov E.P. *Forest Growth Conditions and Forest Types in Sverdlovsk Region*. Sverdlovsk, UNTs AN SSSR Publ., 1973. 176 p.
7. Михеев А.Н. Лесная рекультивация нарушенных земель горных склонов в зоне влияния медеплавильного производства (на примере ЗАО «Карабашмедь»): автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. Екатеринбург, 2013. 20 с. Mikheyev A.N. *Forest Reclamation of Disturbed Lands of Mountain Slopes in the Zone of Influence of Copper-Smelting Production (Case Study of Karabashmed)*: Cand. Agric. Sci. Diss. Abs. Yekaterinburg, 2013. 20 p.
8. Моторина Л.В., Овчинников В.А. Промышленность и рекультивация земель. М.: Мысль, 1975. 240 с. Motorina L.V., Ovchinnikov V.A. *Industry and Land Reclamation*. Moscow, Mysl' Publ., 1975. 240 p.
9. ОСТ 56-69-83. Площади пробные лесоустроительные. Методы закладки. М.: Экология, 1992. 17 с. *Industry Standard. OST 56-69-83. Forest Inventory Test Areas. Method of Laying out*. Moscow, Ekologiya Publ., 1992. 17 p.
10. Правила лесовосстановления: утв. приказом Минприроды России от 25.03.2019 г. № 188. *Rules for Reforestation: Approved by the Order of the Ministry of Natural Resources of Russia Dated March 25, 2019 No. 188*.

11. Dentoni V., Grosso B., Massacci G., Pinna F. Validation of a Wind Erosion Model for Tailings Basins: Wind Tunnel Design and Atmospheric Boundary Layer Simulation. *International Journal of Mining, Reclamation and Environment*, 2020, vol. 34, iss. 8, pp. 562–572. DOI: <https://doi.org/10.1080/17480930.2019.1678226>
12. Edraki M., Baumgartl T., Mulligan D., Fegan W., Munawar A. Geochemical Characteristics of Rehabilitated Tailings and Associated Seepages at Kidston Gold Mine, Queensland, Australia. *International Journal of Mining, Reclamation and Environment*, 2019, vol. 33, iss. 2, pp. 133–147. DOI: <https://doi.org/10.1080/17480930.2017.1362542>
13. Gautam S., Patra A.K., Sahu S.P., Hitch M. Particulate Matter Pollution in Open-cast Coal Mining Areas: A Threat to Human Health and Environment. *International Journal of Mining, Reclamation and Environment*, 2018, vol. 32, iss. 2, pp. 75–92. DOI: <https://doi.org/10.1080/17480930.2016.1218110>
14. Hao G., Yun F., Fangfang L., Yang L., WenLi Y., Yin Y. Soil Diagnosis and Land Suitability Assessment for Vegetation Restoration on Coal Waste Piles in Liupanshui, Guizhou, China. *International Journal of Mining, Reclamation and Environment*, 2016, vol. 30, pp. 209–216. DOI: <https://doi.org/10.1080/17480930.2015.1036519>
15. Hogberg J.I., Pinno B.D., MacKenzie M.D. Evaluating Foliar Nutrient Concentration as an Indicator of Soil Nutrients in Reclaimed and Natural Forests in Alberta, Canada. *International Journal of Mining, Reclamation and Environment*, 2020, vol. 34, pp. 75–87. DOI: <https://doi.org/10.1080/17480930.2018.1516330>
16. Hu Z. Special Issue on Land Reclamation in Ecological Fragile Areas. *International Journal of Coal Science and Technology*, 2018, vol. 5, iss. 1, pp. 1–2. DOI: <https://doi.org/10.1007/s40789-018-0206-5>
17. Lehmann D., Brinkmann K., Diogo R.V.C., Buerkert A. Temporal and Spatial Changes of Land Use in Rare Metal Mining Areas of Rwanda. *International Journal of Mining, Reclamation and Environment*, 2017, vol. 31, iss. 8, pp. 519–529. DOI: <https://doi.org/10.1080/17480930.2016.1160490>
18. Maiti S.K., Kumar A., Ahirwal J. Bioaccumulation of Metals in Timber and Edible Fruit Trees Growing on Reclaimed Coal Mine Overburden Dumps. *International Journal of Mining, Reclamation and Environment*, 2016, vol. 30, iss. 3, pp. 231–244. DOI: <https://doi.org/10.1080/17480930.2015.1038864>
19. Moomen A.-W., Dewan A. Assessing the Spatial Relationships between Mining and Land Degradation: Evidence from Ghana. *International Journal of Mining, Reclamation and Environment*, 2017, vol. 31, iss. 7, pp. 505–518. DOI: <https://doi.org/10.1080/17480930.2016.1188253>
20. Nurtjahya E., Franklin J.A. Some Physiological Characteristics to Estimate Species Potential as a Mine Reclamation Ground Cover. *International Journal of Mining, Reclamation and Environment*, 2019, vol. 33, pp. 75–86. DOI: <https://doi.org/10.1080/17480930.2017.1333296>
21. Sears A.E., Hopkinson L.C., Quaranta J.D. Predicting Erosion at Valley Fills with Two Reclamation Techniques in Mountainous Terrain. *International Journal of Mining, Reclamation and Environment*, 2020, vol. 34, iss. 4, pp. 223–237. DOI: <https://doi.org/10.1080/17480930.2018.1516938>
22. Sedivec K., Piper C., Printz J., Wick A., Daigh A., Limb R. *Successful Reclamation of Lands Disturbed by Oil and Gas Development and Infrastructure Construction*. R1728. Fargo, NDSU, 2014. 16 p.
23. Stanturf J.A. Future Landscapes: Opportunities and Challenges. *New Forests*, 2015, vol. 46, pp. 615–644. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11056-015-9500-x>

24. Yang K., Cattle S.R. Contemporary Sources and Levels of Heavy Metal Contamination in Urban Soil of Broken Hill, Australia after *ad hoc* Land Remediation. *International Journal of Mining, Reclamation and Environment*, 2018, vol. 32, iss. 1, pp. 18–34. DOI: <https://doi.org/10.1080/17480930.2016.1208859>

25. Yeiser J.M., Baxley D.L., Robinson B.A., Morgan J.J., Stewart J.N., Barnard J.O. A Comparison of Coal Mine Reclamation Seed Mixes in Kentucky: Implications for Grassland Establishment in Appalachia. *International Journal of Mining, Reclamation and Environment*, 2016, vol. 30, pp. 257–267. DOI: <https://doi.org/10.1080/17480930.2015.1041682>

26. Zhang Q.J., Lu J.N. Suitability Evaluation on Land Reclamation in Hebei Fanshan Phosphate Mine. *Advanced Materials Research*, 2014, vol. 1010-1012, pp. 1291–1296. DOI: <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMR.1010-1012.1291>

27. Zhao S., Zhang L. The Current Policy and Problems about Land Reclamation of Chinese Mainland. *Journal of the American Society of Mining and Reclamation*, 2015, vol. 4, iss. 1, pp. 117–136. DOI: <https://doi.org/10.21000/JASMR15010114>

28. Zhou W., Yin W., Peng X., Liu F., Yang F. Comprehensive Evaluation of Land Reclamation and Utilisation Schemes Based on a Modified VIKOR Method for Surface Mines. *International Journal of Mining, Reclamation and Environment*, 2018, vol. 32, iss. 2, pp. 93–108. DOI: <https://doi.org/10.1080/17480930.2016.1228031>