

ЕСТЕСТВЕННОЕ ЛЕСОВОССТАНОВЛЕНИЕ И ЛЕСНАЯ РЕКУЛЬТИВАЦИЯ ОТВАЛОВ ГОРНОДОБЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ ЮЖНОГО УРАЛА

А.Ю. КУЛАГИН, Г.А. ЗАЙЦЕВ, Р.Х. ГИНИЯТУЛЛИН

Уфимский Институт биологии РАН, Уфа (coolagin@list.ru, forestry@mail.ru)

NATURAL REGENERATION AND REFORESTATION IN DUMPS OF MINING INDUSTRY OF THE SOUTH URAL REGION

A.Yu. KULAGIN, G.A. ZAITSEV, R.Kh. GINIYATULLIN

Ufa Institute of Biology of the RAN, Ufa (coolagin@list.ru, forestry@mail.ru)

Резюме. Представлены результаты лесной рекультивации промышленных отвалов на Южном Урале. Показано, что древесные растения депонируют техногенные элементы в побегах и ассимиляционном аппарате. По аккумулирующей способности построен следующий ряд: берёза повислая > сосна обыкновенная > лиственница Сукачёва. Установлено нетипичное формирование корневых систем лиственницы Сукачёва на отвалах Кумертауского бурогольного разреза – в верхнем 0–50 см слое почвы сосредоточено до 39,7% всей массы корневой системы лиственницы. Такое строение корневой системы лиственницы можно объяснить особенностями почвогрунтов, а именно неоднородностью механического состава почвогрунтов. Перечисленные виды древесных растений рекомендуются для использования при лесовосстановлении и проведении биологической рекультивации промышленных отвалов.

Ключевые слова: промышленные отвалы, лесная рекультивация, аккумуляция тяжёлых металлов, корневые системы.

Abstract. The results of reforestation of industrial waste dumps in the South Urals are given. It is shown that woody plants deposit technogenic elements in shoots and assimilation apparatus. According to the plants' assimilation capacity, they are ranked as follows: *Betula pendula* > *Pinus sylvestris* > *Larix sukaczewii*. Atypical formation of the root system of Sukachev's larch was observed in Kumertau brown-coal mine dumps with as much as 39.7% of the total mass of larch root system concentrated in the upper 0–50 cm soil layer. It can be explained by the soil specific features, namely heterogeneity of the mechanical soil texture. The trees listed above are recommended for reforestation and biological reclamation of postindustrial waste dumps.

Key words: industrial dumps, reforestation, accumulation of heavy metals, root systems.

Многолетняя разработка месторождений полезных ископаемых на Южном Урале привела к значительным нарушениям ландшафтно-природных комплексов и к формированию техногенных карьерно-отвальных ландшафтов. Отвалы представляют источники вторичного загрязнения прилегающих территорий за счёт водной и ветровой эрозии. Использование карьерно-отвальных комплексов и прилегающих территорий в агрохозяйственных целях недопустимо в связи с наличием токсичных веществ (тяжёлые металлы и их соединения). Лесная рекультивация техногенно-нарушенных территорий – отвалов и карьеров снижает водно-ветровую эрозию (в 1,5–2 раза по сравнению с открытыми пространствами), сокращает сроки восстановления биологической продуктивности (на 15–20 лет) и обеспечивает многолетнюю биологическую консервацию токсичных соединений. Лесная рекультивация нарушенных ландшафтов обеспечивает восстановление биологических ресурсов в условиях антропогенной трансформации окружающей среды [Колесников, 1974; Баталов и др., 1989; Зверковский, Тулика и др., 2003].

Изучены особенности накопления экотоксикантов древесными растениями (берёза повислая – *Betula pendula* Roth, лиственница Сукачёва – *Larix sukaczewii* Dyl., сосна обыкновенная – *Pinus sylvestris* L.) при произрастании на отвалах Кумертауского бурогольного бассейна. Показано, что содержание ряда техногенных элементов (табл. 1) под древесными растениями в целом ниже, чем на необлесённых участках.

Таблица 1

Содержание тяжёлых металлов (ppm) в образцах почвогрунтов (0–10 см) на степных и облесённых участках промышленных отвалов Кумертауского бурогольного разреза

Элемент	Степной облесённый участок	Берёза повислая	Лиственница Сукачёва	Сосна обыкновенная
Cr	15±3,8	353±97,4	341 ±92,1	238±81,7
Co	2,3±0,7	22±8,6	22±6,9	22±8,2
Mo	0,23±0,08	0,7±0,2	0,55±0,17	0,71 ±0,26
Pb	1,5±0,4	13±4,7	19±5,3	10±3,0
Hg	0,03±0,009	0,06±0,02	0,1 ±0,02	0,04±0,01
As	0,51 ±0,13	27±6,9	17±5,5	18±5,8
Mn	991 ±267,2	601±173,8	673±199,1	514±152,7
Ni	876±216,7	207±62,4	253±76,3	231±63,8
Sr	181±49,0	86±21,9	83±23,7	55±14,2
Cd	5,4±1,1	0,55±0,16	0,15±0,04	след.
P	3300±990	692±216,7	294±53,1	526±159,8
Cu	след.	след.	81±21,8	след.
Ag	след.	след.	0,06±0,02	след.
Zn	11±3,4	след.	77±21,9	след.

Кроме того, наблюдается резкое увеличение коэффициента накопления кадмия в ряду берёза – лиственница – сосна (6,7–97,6–238). Сравнение распределения металлов по органам древесных растений показало (рис. 1), что наибольшее количество поглощенных техногенных элементов накапливается в побегах и в ассимиляционных органах древесных растений, меньше – в корнях и коре.

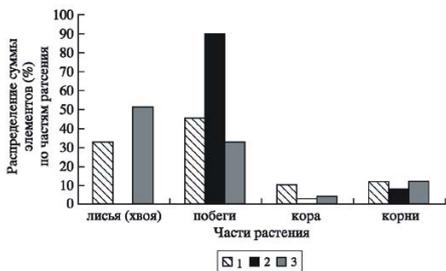


Рис. 1. Распределение (в %) элементов в различных органах древесных растений при произрастании на отвалах Кумертауского бурогольного бассейна: 1 – берёза повислая (*Betula pendula* Roth), 2 – лиственница Сукачёва (*Larix sukaczewii* Dyl.), 3 – сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris* L.).

Кумертауского бурогольного разреза. Установлено, что на промышленных отвалах отмечается двукратное снижение коренасыщенности почвы в насаждениях сосны обыкновенной по сравнению с контролем (рис. 2). Коренасыщенность метрового слоя почвы на отвалах составляет 423,3 г/м², тогда как в контрольных насаждениях – 869,5 г/м². Как на отвалах, так и в контроле основная масса корневой системы расположена верхних горизонтах почвы. Так, в слое почвы 0–50 см на отвалах содержится 85,5%, а в контроле – 78,0% всех корней сосны обыкновенной. Максимальная коренасыщенность почвы в насаждениях сосны обыкновенной на отвалах установлена на глубине 20–30 см, где сосредоточено 29,08% всех корней сосны (123,10 г/м²), а в условиях контроля – на глубине 10–20 см, где сосредоточено почти половина всех корней сосны обыкновенной (45,6% или 396,6 г/м²).

Количество марганца в грунтах необлесённого участка отвалов бурогольного месторождения на 30% больше по сравнению с аналогичными облесёнными территориями. Наибольший коэффициент накопления марганца у сосны – 5,8, наименьший – у берёзы (2,0), промежуточное положение занимает лиственница Сукачёва – 5,3. В почвогрунтах под насаждениями берёзы цинк обнаруживается лишь в следовых количествах, при этом среднесуммарное содержание цинка в органах растений 451 ppm. Коэффициент накопления цинка при произрастании в идентичных условиях лиственницей составляет 7,8. Отмечается увеличение коэффициента биоаккумуляции свинца в ряду берёза – лиственница – сосна (1,8–2,3–3,9).

Оценивая общую аккумулирующую способность древесных растений по отношению к металлам в условиях промышленных отвалов, можно составить следующий ряд по аккумулирующей способности: берёза повислая > сосна обыкновенная > лиственница Сукачёва (табл. 2).

Изучены особенности формирования корневых систем [Зайцев, 2000] сосны обыкновенной и лиственницы Сукачёва при произрастании на отвалах

Таблица 2

Суммарное содержание (средние значения) техногенных элементов (ppm) в почвах и растениях на промышленных отвалах Кумертауского буроголольного разреза

Показатель	Берёза повислая	Сосна обыкновенная	Лиственница Сукачёва
Сумма элементов в растении, ppm	15385,95	5611277,50	9911,
Сумма элементов в почве под растениями, ppm	2002,31	1614,36	1860,86
Отношение суммы элементов в растении к сумме элементов в почве под растениями	7,7	7,0	5,3

На отвалах Кумертауского буроголольного разреза отмечается увеличение доли поглощающих корней (в среднем на 5%) в общей массе корней по сравнению с насаждениями, произрастающими в контрольных условиях. При этом отмечается снижение доли полускелетных корней (на 5%) в общей массе корневой системы сосны обыкновенной на промышленных отвалах. Доля скелетных корней в общей массе корневой системы, как на отвалах (в среднем 23,5%), так и в контроле (в среднем 23,2%) не различается.

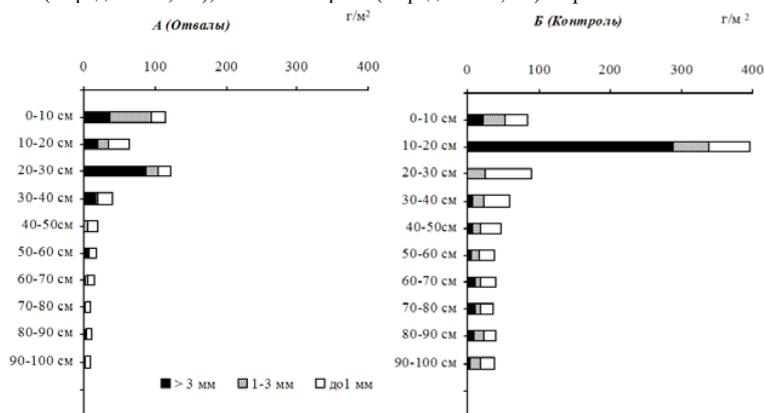


Рис. 2. Корненасыщенность почвы в насаждениях сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) на отвалах Кумертауского буроголольного разреза.

В насаждениях лиственницы Сукачёва также отмечается двукратное снижение корненасыщенности почвы по сравнению с контролем (рис. 3). Корненасыщенность метрового слоя почвы на отвалах составляет всего 668,9 г/м², тогда как в контроле – 1299,8 г/м².

Отмечается нетипичное строение корневой системы лиственницы при произрастании на отвалах: с глубиной происходит послойное увеличение содержания корней, а максимальная корненасыщенность почвы отмечается на глубине 80–90 см, где сосредоточено 15,9% (106,3 г/м²).

В контроле максимальная корненасыщенность отмечается на глубине 10–20 см, где сосредоточено 26,7% всех корней (364,9 г/м²). Если в контроле в верхних горизонтах почвы сосредоточена основная масса корневой системы лиственницы (что типично для данного лесообразователя) – в слое почвы 0–50 см сосредоточено 79,8% всей массы корневой системы, тогда как на отвалах буроголольного разреза в слое почвы 0–50 см сосредоточено всего 39,7% корневой массы. Увеличение доли содержания корней в нижних горизонтах можно объяснить неоднородностью механического состава почвогрунтов отвалов и тем, что примерно с глубины примерно 60 см отмечается увеличение влагонасыщенности почвы, которое связано с наличием водоупорного горизонта в виде глин под данным насаждением.

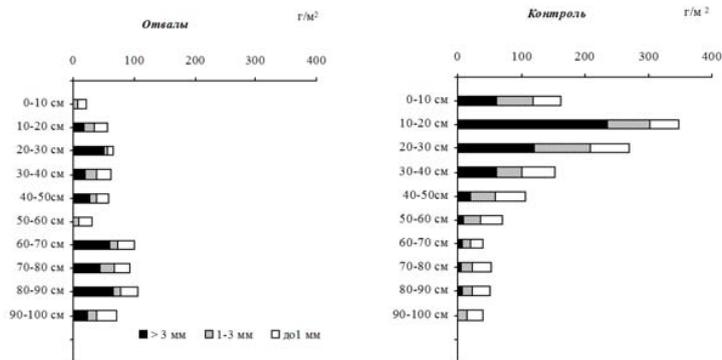


Рис. 3. Коренасыщенность почвы в насаждениях лиственницы Сукачёва (*Larix sukaczewii* Dyl.) на отвалах Кумертауского буроугольного разреза.

На отвалах отмечается снижение доли поглощающих корней (39,4%) по сравнению с контролем (42,2%). Также отмечено снижение доли полускелетных корней на отвалах (21,6%) от массы корневой системы по сравнению с контрольными условиями (31,8%). Отмечено увеличение скелетной составляющей корневой системы лиственницы на отвалах буроугольного разреза по сравнению с контролем (39,1% и 26,1% соответственно).

Получены данные по особенностям формирования корневых систем хвойных на промышленных отвалах. Установлено нетипичное формирование корневых систем лиственницы Сукачёва. В верхнем 0–50 см слое почвы сосредоточено всего 39,7% всей массы корневой системы лиственницы. Такое строение корневой системы лиственницы можно объяснить особенностями почвогрунтов отвалов Кумертауского буроугольного разреза, а именно неоднородностью механического состава почвогрунтов.

Древесные растения, произрастая на промышленных отвалах, депонируют часть техногенных элементов [Махонина, 1987]. При этом отмечается значительное накопление техногенных элементов в побегах и ассимиляционном аппарате древесных растений. По общей аккумулирующей способности древесных растений построено следующий ряд: берёза > сосна обыкновенная > лиственница Сукачёва. Полученные данные по биоаккумулирующей способности древесных растений позволяют рекомендовать данные древесные породы для проведения биологической рекультивации промышленных отвалов.

Обоснование технологий лесной рекультивации карьерно-отвальных комплексов направлено на оптимизацию состояния окружающей среды в промышленно развитых районах Республики Башкортостан. Экологическая коррекция антропогенно нарушенных территорий обеспечивает снижение техногенной нагрузки и оптимизацию социально-экономических условий жизни людей. Лесная рекультивация и лесовосстановление в промышленно-развитых районах – рациональный путь устойчивого развития социально-эколого-экономических систем региона.

ЛИТЕРАТУРА

- Баталов А.А., Мартянов Н.А., Кулагин А.Ю., Горюхин О.Б. 1989. Лесовосстановление на промышленных отвалах Предуралья и Южного Урала. Уфа: БНЦ УрО АН СССР: 140 с.
- Зайцев Г.А. 2000. Особенности формирования корневых систем сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) и лиственницы Сукачёва (*Larix sukaczewii* Dyl.) в техногенных условиях Предуралья (Уфимский промышленный центр). Автореф. дис. ...канд. биол. наук. Уфа: 16 с.

- Зверковский В.Н., Туника Н.П.** 2003. Биоэкологическое обоснование лесной рекультивации нарушенных земель. *В кн.*: Биологическая рекультивация нарушенных земель. Екатеринбург: УрО РАН: 112–125.
- Колесников Б.П.** 1974. О научных основах биологической рекультивации техногенных ландшафтов. *В кн.*: Проблемы рекультивации земель в СССР. Новосибирск: 73–87.
- Прохорова Н.В., Матвеев Н.М., Павловский В.А.** 1998. Аккумуляция тяжёлых металлов дикорастущими и культурными растениями в лесостепном и степном Поволжье. Самара: Изд-во Самарского ун-та: 97 с.