

УДК 630\*23 : 630\*425

## О ВОЗМОЖНОСТЯХ ЛЕСОВЫРАЩИВАНИЯ В ЗОНЕ ГОРНОМЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Р. П. ПАНКРАТОВА

Мурманская научно-исследовательская лаборатория  
Архангельского института леса и лесохимии

Под воздействием промышленных выбросов горнометаллургических предприятий разрушаются лесные экосистемы. Участки леса в течение 40...50 лет превращаются в техногенные пустыни. В решении проблемы оздоровления окружающей среды важное место занимает восстановление растительности. Изучались различные варианты лесовыращивания в зоне сильного аэротехногенного загрязнения. Опытный участок расположен в 2...3 км от комбината «Североникель» (г. Мончегорск Мурманской области), перерабатывающего сульфидные медно-никелевые руды. Здесь на 1 км<sup>2</sup> ежегодно выпадает около 5 т серы, 2,5...4,0 т меди, никеля и кобальта. Исходная почва — подзол иллювиально-гумусово-железистый — в настоящее время значительно разрушена. В ней отсутствуют органогенный и подзолистый горизонты, продолжает разрушаться иллювиальный. Для минеральных почв характерна значительная уплотненность, сильноокислая реакция, ненасыщенность поглощающего комплекса, бедность питательными веществами, накопление тяжелых металлов в поверхностном слое (содержание никеля в 6—12, меди — в 15—30 раз выше фонового). Естественное восстановление растительности на таких площадях исключается. Предотвращение дальнейшего разрушения природных экосистем и оздоровление среды в таких условиях возможно лишь на основе рекультивации земель.

На опытном участке выполнено пять вариантов подготовки почвы: 1 — удаление верхнего 15-сантиметрового слоя почвы, рыхление последующих 20...25 см; 2 — то же, с внесением полных минеральных удобрений и известки; 3—5 — дополнительное внесение в почву соответственно сфагнового торфа, смеси торфа с навозом и смеси торфа с активным илом. Лесорастительные свойства сформированных субстратов оценивались показателями роста и состоянием сеянцев древесных и кустарниковых пород. Опыт предусматривал посевы семян и посадку выращенных в теплице однолетних сеянцев сосны и ели обыкновенных, лиственницы даурской, караганы древовидной, березы пушистой, жимолости золотистой, сирени венгерской, спиреи средней.

Сеянцы выращивали на подготовленных субстратах непосредственно под факелом дымо-газовых эмиссий и вне зоны, промышленного загрязнения. Такая схема эксперимента давала возможность оценить влияние разных приемов технико-химических рекультиваций на лесорастительные свойства исходных загрязненных почв при сохранении текущего аэротехногенного загрязнения и при его устранении.

Исследовали всхожесть семян и сохранность всходов, приживаемость сеянцев. Основные биометрические показатели, а также массу надземных и подземных частей сеянцев в посевах определяли в конце первой, в посадках — в конце второй вегетации. Оценивали жизненное состояние растений на разных этапах их роста.

Показатели некоторых физико-химических свойств подготовленных почвенных субстратов к моменту посева семян и посадки сеянцев приведены в таблице.

Вариант опыта	рН солевой вытяжки	Кислотность		Сумма обменных оснований	Емкость обмена	Насыщенность, %	NH <sub>4</sub> + NO <sub>3</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
		обменная	гидролитическая						
1	4,3	2,3	6,8	1,5	8,3	18	0,7	17,3	2,6
2	4,9	0,3	4,5	5,2	9,7	54	0,5	33,3	18,3
3	5,6	0,2	11,3	29,2	40,5	72	1,8	103,4	27,3
4	5,7	0,2	8,4	17,0	25,4	67	1,4	209,7	22,8
5	4,8	1,0	15,0	16,4	31,4	52	3,2	196,5	23,1

В эксперименте с посадками на исходном почвогрунте после простейшей обработки (вариант 1) в зоне постоянного воздействия газов не смогли прижиться сеянцы ни одной из испытываемых древесных и кустарниковых пород. Через 5...9 дн. отмечено скручивание листьев и хвои и полное их отмирание. Отпад сеянцев начался через 2 нед после посадки, в первую очередь у сосны. До конца вегетации сохранили жизнеспособность 60 % сеянцев ели, 30 % сеянцев лиственницы и березы, однако их состояние оценивалось как крайне неудовлетворительное. Зимой все они погибли.

При посевах на этой же делянке редкие всходы появились только у сосны и лиственницы (всхожесть 11...13 %). Развитие проростков закончилось образованием деформированного каллюсного корешка, совершенно не заглубившегося в субстрат.

Внесение извести, минеральных удобрений и органики в исходный почвогрунт способствовало значительному увеличению приживаемости сеянцев в посадках. К концу первого вегетационного периода сохранили жизнеспособность 66 % растений, к концу второго — 31 %. Самая высокая приживаемость отмечена у лиственницы (72,5 %), затем у березы (57,5 %), ели (7,0 %), сосны (2,5 %); кустарники погибли полностью в год посадки. Во всех вариантах рекультивации под факелом с первых дней посадки наблюдалось повреждение сеянцев газами, выражавшееся в некрозах листьев и хвои, скручивании листовых пластинок и верхушек главных побегов. Наиболее устойчивыми к текущим газовым эмиссиям оказались лиственница и береза. Сеянцы этих пород не только сохранили жизнеспособность, но и дали прирост (1,2...5,0 см). Однако в течение всего периода наблюдений состояние сеянцев оценивали как ослабленное и неудовлетворительное.

Рекультивация обеспечила повышение всхожести семян всех испытываемых пород. По вариантам опыта она составила: у жимолости 6...59 %, у лиственницы 8...34 %, у сосны 8...57 %, у ели и сирени не более 32 %. Однако во всех вариантах отпад растений был очень высоким. К концу вегетации погиб каждый второй сеянец лиственницы и сирени, каждый третий — сосны, каждый пятый — ели. Сохранность сеянцев жимолости составила 99 %.

Лучшим ростом отличались сеянцы лиственницы и сосны. В конце сезона высота первых изменялась в разных вариантах от 0,97 до 1,48 см, вторых — от 0,76 до 1,28 см. Высота сеянцев ели, сирени, жимолости не превышала 1 см. У всех сеянцев были мелкие листья (короткая хвоя) с признаками некроза. Жизненное состояние большинства пород в конце сезона вегетации оценено как ослабленное, лиственницы — как удовлетворительное.

Вынесение опыта (те же варианты подготовки почвы, посев, посадка) за пределы действия факела промвыбросов способствовало существенному изменению результатов. Эффективность всех испытываемых приемов технико-химических рекультиваций повысилась. Однако по-прежнему самые плохие результаты получены на исходных грунтах (вариант 1). Из 90 семян (ель, сосна, лиственница, береза и др.) к концу вегетации сохранилось только 18 (20 %). Состояние всех семян было крайне неудовлетворительным, при перезимовке все они погибли.

Всхожесть семян на исходном грунте вне зоны влияния промвыбросов у разных пород колебалась от 20 до 55 %. Самой высокой была приживаемость ели (88 %), затем жимолости (61 %), лиственницы (57 %), сосны (49 %). Всходы сирени, караганы погибли полностью. Показательно, что все сохранившиеся к концу вегетации растения были сильно подавлены и отличались медленным ростом.

Таким образом, даже при снятии пресса газов исходные грунты, прошедшие лишь механическую подготовку, непригодны для роста и развития древесной и кустарниковой растительности.

На рекультивированных субстратах вне зоны задымления были получены вполне удовлетворительные результаты. Наиболее информативными оказались опыты с посадками. Из 360 семян в конце первой вегетации сохранилось 295 (82 %), к концу второго сезона 254 (76 %). Самую высокую приживаемость имела лиственница (100 %), затем береза (90 %), ель (80...100 %), жимолость (40...60 %), сосна (20...80 %). Сеянцы всех пород хорошо росли. Текущий прирост второго года составил у березы 10...30 см, у лиственницы 3...20 см, у ели 3...10 см, у сосны 2...4 см. Медленнее всех росла жимолость. Практически у всех семян отсутствовали признаки поражения токсикантами.

Таким образом, отсутствие аэротехногенного загрязнения существенно повысило эффективность приемов рекультивации. У семян березы и лиственницы в лучшем варианте (внесение извести, минеральных удобрений и смеси сфагнового торфа с навозом) прирост в высоту увеличился в 7—15 раз по сравнению с аналогичным вариантом под факелом, масса семян в посевах возросла в 1,4—4,6 раза.

### Выводы

В зоне дымо-газовых эмиссий сильно загрязненные почвы непригодны для выращивания рассматриваемых пород. Агрохимические мероприятия (удаление верхнего, наиболее загрязненного металлами слоя, рыхление, известкование, внесение минеральных удобрений и органики) способствовали существенному снижению фитотоксичности почв по отношению к растениям, однако при сохранении задымления испытываемые древесные и кустарниковые породы как в посевах, так и в посадках сильно повреждаются и погибают. Следовательно, неизменными условиями успешного восстановления растительности в зоне активного аэротехногенного загрязнения являются резкое снижение выбросов газов и сложные технико-химические рекультивации почв. В этом случае в промышленной зоне возможно выращивание всех анализируемых в эксперименте древесных и кустарниковых пород. Наиболее приемлемы посадки семян с уже сформировавшимися корневыми системами, в первую очередь березы пушистой и лиственницы даурской.

УДК 662.63

## ГОРЕНИЕ ЛЕТУЧИХ ТОПЛИВНОЙ ЩЕПЫ

В. И. НАЙДЕНОВ, Ю. В. ОТРАШЕВСКИЙ

ЦНИИМЭ

В настоящее время низкокачественные древесные отходы оцениваются как один из возможных дополнительных источников энергии [15]. Использование отходов позволит лесной промышленности удовлетворить значительную часть своих потребностей в топливе.

Тепловая мощность паровых и водогрейных котлоагрегатов существенно зависит от фракционного состава топливной щепы, так как по своему физическому смыслу представляет собой величину, пропорциональную скорости выгорания топлива в заданном объеме или на заданной площади колосникового полотна.

Интенсификация тепломассообменных процессов, характеризующих горение в топочном объеме, возможна лишь при детальном изучении воспламенения летучих и выгорания коксового остатка древесного топлива. Эти процессы для достаточно крупных древесных частиц лимитируются физическими факторами (конвективной диффузией кислорода и продуктов сгорания), а для очень мелких частиц — кинетическими факторами (температурой и энергией активации суммарных химических реакций).

Как известно [4, 6, 12], древесина имеет высокий (наибольший из всех твердых органических топлив) процент выхода летучих, величина которого слабо зависит от породы, места произрастания, географических условий и т. д. Физико-химический процесс выхода и сгорания летучих определяет реакционную способность древесины.

Цель настоящего исследования — изучить выделение из древесной биомассы летучих и определить время их видимого горения, а также влияние на эти процессы геометрических размеров щепы.

Горение летучих рассматривается как диффузионное пламя [11]. Летучие, выделяясь из щепы, образуют вокруг нее бесконечно тонкую пленку с концентрацией  $C_l^0$ , равной плотности летучих при данной температуре, из которой они распространяются в окружающую среду путем молекулярной диффузии и конвекции и сгорают на границе области, реагируя с кислородом, поступающим из окружающего пространства (рис. 1).

Уравнения конвективной диффузии примем в приближении диффузионного пограничного слоя [7, 9], т. е. будем считать, что длина щепы вдоль волокон будет значительно больше толщины. Топливная щепка, получаемая в современных рубительных машинах, обычно удовлетворяет этому требованию.

При постоянной эффективной скорости воздушного потока уравнения массообмена с крайевыми условиями, соответствующими заданию концентраций летучих и кислорода у поверхности щепы и на бесконечности, имеют следующий вид:

$$\begin{aligned} D_l \frac{\partial^2 C_l}{\partial y^2} &= v \frac{\partial C_l}{\partial x}; & C_l(0) &= C_l^0; & C_l(y^*, x) &= 0; \\ D_k \frac{\partial^2 C_k}{\partial y^2} &= v \frac{\partial C_k}{\partial x}; & C_k(\infty) &= C_k^0; & C_k(y^*, x) &= 0. \end{aligned} \quad (1)$$