

Г. Г. КАРТАШЕВА  
Уральский университет

## ***Химический состав деревьев и кустарников, произрастающих на уступах угольного разреза***

Открытые разработки угольных месторождений вызывают полное уничтожение естественной растительности на обширных территориях, занятых непосредственно выемкой и отвалами. Биологическое освоение внутрикарьерного пространства должно проводиться в различных направлениях, при этом необходимо решить вопрос ассортимента растений, способных в сложных экологических условиях не только расти, но и значительно улучшать среду. На верхних уступах южного борта бурогоугольного разреза «Коркинский» ц/o «Челябинскуголь» 10 лет назад были высажены в целях озеленения некоторые древесные виды: тополь бальзамический, клен ясенелистный, вяз обыкновенный, ива, карагана.

В августе 1979 г. проведено обследование посадок с описанием их состояния: у модельных экземпляров замерены высота, диаметр ствола, ширина кроны, глубина проникновения и распространения корней и их диаметр. Для химического анализа были отобраны средние пробы коры, веток, корней, выпилов древесины, листьев средней части кроны; у последних была определена также площадь листовой поверхности. В растительных пробах определены зольность и содержание основных биогенных элементов в одной навеске после «мокрого» сжигания в смеси  $\text{H}_2\text{SO}_4$  и  $\text{HClO}_4$ :  $\text{K}_2\text{O}$  — на пламенном фотометре,  $\text{P}_2\text{O}_5$  — фотометрически-аскорбиновым методом, N — с реактивом Несслера. Под модельными экземплярами были отобраны образцы грунта до глубины проникновения корней по слоям 0—30, 30—60, 60—90 см для определения свойств субстрата. По общепринятым методикам (Аринушкина, 1970) были определены pH, засоление, содержание общего углерода и основных элементов питания.

Результаты исследований по морфологии наземной части, корневой системы деревьев и кустарников из посадок на разрезе «Коркинский» обсуждались ранее (Чибрик и др., 1982). В настоящей статье анализируются результаты химического анализа различных частей изучаемых растений.

В практике биологической рекультивации зачастую приходится сталкиваться с наличием целого ряда отрицательных для произрастания растений факторов внешней среды. Для уголь-

Таблица 1

Агрохимическая характеристика субстрата  
под древесными посадками

Мо- дель	Глубина отбора, см	рН водный	Плотный остаток, %	Общий углерод, %	Подвижные формы элемен- тов минерального пита- ния, мг/100 г	
					P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
			Вяз обыкновенный			
1	0—30	7,00	0,96	12,32	—	—
	30—60	7,65	0,41	1,61	2,34	0,04
4	0—30	7,25	0,19	6,95	2,85	0,02
	30—60	6,98	0,40	2,03	2,49	0,01
5	0—30	—	1,62	15,54	—	—
	30—60	7,00	1,07	9,81	2,34	0,05
			Клен ясенелистный			
2	0—30	7,03	0,67	12,38	1,05	0,03
	30—60	6,30	1,18	10,80	0,89	0,02
3	0—30	6,80	1,75	12,48	0,89	0,02
	30—60	—	1,60	14,09	—	—
10	0—30	6,73	0,43	9,11	1,64	0,33
	30—60	4,45	0,82	2,33	—	—
			Тополь бальзамический			
6	0—30	7,50	0,40	16,21	—	—
	30—60	6,60	0,41	15,73	3,84	0,07
	60—90	6,78	0,22	5,26	4,20	0,02
7	0—30	5,00	0,95	5,36	4,01	0,02
	30—60	6,62	0,29	2,31	4,68	0,01
8	0—30	7,20	0,52	9,31	—	—
			Ива			
11	0—30	6,20	1,12	9,93	3,48	0,07
	30—60	6,75	0,34	7,00	3,68	0,02
	60—90	5,84	0,40	3,10	—	—
12	0—30	3,85	0,81	4,96	—	—
	30—60	4,90	0,24	3,17	—	—
	60—90	7,75	0,37	1,86	4,20	0,02
14	0—30	7,62	1,43	8,04	—	—
	30—60	7,45	0,78	3,73	1,64	0,04
			Акация желтая			
13	0—30	5,30	1,01	8,74	—	—
	30—60	3,95	1,09	3,80	—	—
15	0—30	6,70	0,56	8,67	—	—
	30—60	4,65	0,84	2,94	—	—

ного разреза «Коркинский» характерно отсутствие почвенного слоя, засоление и высокая кислотность ряда пород, низкая обеспеченность их основными элементами питания, тяжелый механический состав, наличие эрозийных процессов, недостаток влаги, запыленность и загазованность воздуха.

Таблица 2

Содержание золы и основных биоэлементов  
в различных частях модельных растений

Анализируемая часть	Зольность, %	N, %	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , %	K <sub>2</sub> O, %
<i>Вяз</i>				
Листья . . . . .	9,08±0,60	1,06±0,13	0,47±0,02	1,06±0,04
Ветви . . . . .	2,81±0,91	0,70±0,20	0,16±0,06	0,33±0,08
Кора . . . . .	5,19±0,60	0,58±0,18	0,15±0,07	0,46±0,23
Древесина . . . . .	3,56	0,44±0,06	0,08±0,03	0,22±0,08
<i>Клен</i>				
Листья . . . . .	7,67±2,65	1,49±0,18	0,57±0,26	1,26±0,17
Ветви . . . . .	1,85±0,03	0,56±0,13	0,16±0,03	0,34±0,15
Кора . . . . .	3,76±0,69	0,83±0,40	0,15±0,04	0,61±0,08
Древесина . . . . .	1,65	0,55±0,17	0,10±0,03	0,23±0,03
Корни . . . . .	3,41	0,72	0,07	0,26
Семена (крылат.) . . . . .	4,71±0,22	1,38±0,38	0,73±0,26	1,86±0,46
<i>Тополь</i>				
Листья . . . . .	12,21±0,84	1,28±0,18	0,41±0,05	1,43±0,03
Ветви . . . . .	3,15±0,80	0,55±0,12	0,23±0,02	0,54±0,08
Кора . . . . .	4,87±0,71	0,49±0,04	0,14±0,02	0,64±0,06
Древесина . . . . .	6,87±1,73	0,49±0,04	0,15±0,03	0,41±0,10
<i>Ива</i>				
Листья . . . . .	11,52±0,72	0,43±0,04	0,42	2,04±0,08
Ветви . . . . .	2,44±0,65	0,43±0,04	0,15±0,02	0,41±0,07
Кора . . . . .	6,15±0,07	0,80±0,18	0,16±0,02	0,52±0,08
Древесина . . . . .	5,19	0,37±0,02	0,13	0,43±0,20
<i>Акация желтая</i>				
Листья . . . . .	8,56	2,18	0,27	1,19
Ветви . . . . .	2,92	1,26	0,13	0,34
Кора . . . . .	3,65	0,90	0,10	0,46
Древесина . . . . .	1,68	0,48	0,13	0,22

Агрохимические свойства субстрата под посадками представлены в табл. 1. Из 30 образцов больше половины засолены, в основном сильно: величина плотного остатка засоленных образцов пород колеблется в пределах 0,51—1,75 %. В большинстве разрезов наиболее богаты водно-растворимыми солями верхние 30 см пород. В водной вытяжке преобладают сульфат-ионы, количество которых колеблется в пределах 0,35—1,40 %. Хлориды содержатся в незначительных количествах (0,03—0,05 %). Катионы представлены в основном кальцием (0,03—0,24 %) и магнием (0,02—0,21 %). Натрий не оказывает значительного влияния на засоление, так как содержится в незначительных количествах, в пределах 0,01—0,05 %. Реакция водной вытяжки колеблется в пределах 3,85—7,75 единиц pH, но в основном

слабокислая и кислая. С увеличением глубины можно отметить снижение pH. Субстрат слабо обеспечен элементами питания: подвижного фосфора содержится 0,89—6,48 мг  $P_2O_5$ /100 г, подвижного калия — 0,01—0,07 мг  $K_2O$ /100 г. В образцах субстрата отмечается высокое содержание общего углерода (1,61—16,21 % C), что, видимо, связано с наличием в них частиц угля. Наибольшее количество углерода находится в верхних 30 см, затем с глубиной содержание уменьшается, например, под тополем (модель 6) количество углерода изменяется по слоям следующим образом: в слое 0—30 см — 16,21 %, 30—60 см — 15,73 %, 60—90 см — 5,26 %. Содержание общего углерода в слое 0—30 см колеблется в пределах 4,46—16,21 %. Накоплению углерода в верхнем слое субстрата способствует наличие ежегодного опада и травянистой растительности, произрастающей на уступах.

Исследуемые виды древесных обладают широкой экологической приспособляемостью, в основном они мало требовательны к почвенным условиям, что может быть сопряжено, как считает А. А. Шахов (1956), с их солеустойчивостью.

Одним из общих показателей, отражающих процесс минерального питания, особенности поглощения и накопления питательных веществ растением, является содержание золы в тканях его органов. Зольность растительных проб изучаемых видов различна (табл. 2), по этому показателю растения можно расположить в следующем ряду: тополь — ива — вяз — акация — клен. Наибольшей зольностью обладают листья деревьев: от 7,67 % у клена до 12,21 % у тополя. Примерно вдвое меньше зольность коры: от 3,65 % у акации до 6,15 % у ивы. Значительна зольность семян клена, например, у модели 3 семена содержат 4,49 % золы, листья — 5,4 %, а кора — 3,75 %. Такое распределение зольных элементов вполне согласуется с биологией растений: в дереве минеральных веществ больше в той части, где преобладают живые клетки, которые и накапливают соли.

При сравнении данных по содержанию золы в растительных пробах и засоленностью пород отмечена обратная связь между ними: сильная коррелятивная зависимость ( $r > 0,7$ ) для вяза, клена, ивы и средняя ( $r = 0,5$ ) для тополя, т. е. чем менее засоленна почва под растениями, тем выше зольность его тканей.

Как было сказано выше, исследуемые виды растут в условиях кислого сульфатного засоления. Ион серной кислоты в определенных дозах необходим для нормального развития растений; токсичность связана не столько с его концентрацией, сколько с катионным составом почвенного раствора. Считается, что избыток сульфатов в почвах вызывает в основном осмотическое воздействие на растения (Шахов, 1956). Осмотическим воздействием следует, видимо, объяснить и обратную зависимость зольности растительных тканей изучаемых растений от содержания водно-растворимых солей в субстрате: при сильном за-

Таблица 3

Площадь листовой пластинки у модельных экземпляров

Модель	$X \text{ см}^2 \pm t_{0,5} \frac{s}{x}$	Коэффициент вариации, %
	<i>Вяз</i>	
1	$7,6 \pm 1,8$	42
4	$7,4 \pm 1,3$	47
5	$10,4 \pm 2,2$	32
	<i>Тополь</i>	
6	$30 \pm 17$	81
7	$17,2 \pm 9,2$	81
8	$21,0 \pm 8,6$	74
	<i>Клен</i>	
2	$9,7 \pm 2,2$	70
3	$6,8 \pm 1,6$	76
10	$17,2 \pm 5,9$	60
	<i>Акация желтая</i>	
13	$4,4 \pm 0,2$	45
15	$6,6 \pm 0,2$	50
	<i>Ива</i>	
14	$3,6 \pm 1,9$	56

солении растения не справляются с высоким осмотическим давлением почвенного раствора, что уменьшает поступление воды, а вместе с ней и ионов в ткани растения.

В условиях засоления почв и недостаточного водоснабжения наблюдается резкое угнетение листовой поверхности растений (Шахов, 1956). Площадь листа модельных экземпляров представлена в табл. 3. Этот показатель значительно изменяется, однако средние данные имеют незначительную величину. Установлено, что уменьшение площади ассимилирующего органа, а также наличие хлороза приводит к ослаблению фотосинтеза (Лебедев, 1982), что, вероятно, имеет место у изучаемых древесных растений.

В обследованных посадках растения более низкорослы, чем при произрастании в условиях нормального питания и водоснабжения. Так, в десятилетнем возрасте высота клена в посадках колеблется в пределах 1,2—3,3 м, вяза — 2,2—2,7 м, тополя — 2,1—3,5 м, акации — 1—2 м, ивы — 1,6—2,7 м.

Известно, что содержание минеральных элементов в растении определяется видовыми особенностями, изменчивостью

и экологическими условиями произрастания, особенно количеством элементов в почве. Недостаток элементов приводит к изменениям в биохимических и физиологических процессах, а значит, и отклонениям в росте и развитии растений. Важнейшими биоэлементами являются азот, фосфор, калий, их содержание в различных частях исследованных моделей приведено в табл. 2. Наибольшее количество этих элементов содержится в листьях деревьев, а также в семенах клена. Высоким содержанием азота отличаются листья акации (2,18 % N), что, очевидно, объясняется способностью этого кустарника к симбиозу с азотфиксирующими бактериями. У остальных видов содержание азота в листьях в 1,5—2 раза меньше, чем у акации. Наибольшее количество фосфора содержат листья клена (0,57 %  $P_2O_5$ ), а калия — листья ивы (2,04 %  $K_2O$ ). Деревья и кустарники обычно содержат больше азота, чем калия (Лархер, 1978), что нашло подтверждение и в наших исследованиях (для сравнения оксидную форму  $K_2O$  в табл. 2 следует перевести в элементарную). Содержание элементов в растении может значительно колебаться в зависимости от ряда внешних и внутренних факторов,

поэтому судить об обеспеченности растений элементами минерального питания невозможно. Учитывая данные наблюдений за состоянием опытных посадок, можно говорить о наличии явных признаков угнетения у большинства изученных растений: низкорослость, сухoverшинность, слабая облиственность, деформация листовой поверхности, хлороз и некроз листьев. Эти внешние признаки свидетельствуют о морфологической и физиологической реакции растений на неблагоприятные факторы среды обитания. Несмотря на это, деревья и кустарники живут более десяти лет в условиях, ограничивающих их рост и развитие, что свидетельствует о широкой экологической приспособленности, пластичности изучаемых видов.

## ЛИТЕРАТУРА

- Аринушкина Е. А., 1970. Руководство по химическому анализу почв. МГУ.  
Василевич В. И., 1969. Статистические методы в геоботанике. Л.  
Лархер В., 1978. Экология растений. М.  
Лебедев С. И., 1982. Физиология растений. М.  
Чибрик Т. С., Карташева Г. Г., Саламатова Н. А., 1982. Оценка опыта биологической рекультивации верхних уступов Коркинского угольного разреза.— В кн.: Растения и промышленная среда. Свердловск, вып. 9.  
Шахов А. А., 1956. Солеустойчивость растений. М.