

А К А Д Е М И Я Н А У К С С С Р
УРАЛЬСКИЙ ФИЛИАЛ

КОМИССИЯ ПО ОХРАНЕ ПРИРОДЫ

Растительность и промышленные загрязнения

ОХРАНА ПРИРОДЫ НА УРАЛЕ

V

СВЕРДЛОВСК
1966

*Печатается по постановлению
редакционно-издательского совета
Уральского филиала АН СССР*

Ответственные редакторы
Б. П. Колесников и С. А. Мамаев

П. Л. ГОРЧАКОВСКИЙ, С. А. МАМАЕВ, В. С. НИКОЛАЕВСКИЙ
Институт биологии УФАИ СССР

ЗАКРЕПЛЕНИЕ РАСТИТЕЛЬНОСТЬЮ ОТВАЛОВ ЗОЛОДОБЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

На Среднем Урале одним из крупных центров золотодобывающей промышленности является г. Березовский. За период работы Березовского рудника непосредственно в городской черте накопилось большое количество отвалов горной породы, загрязняющих воздух и почву жилых кварталов и производственных территорий. Аналогичная обстановка сложилась и на ряде других промышленных предприятий, разрабатывающих силикатные горные породы.

Как известно, одним из наиболее эффективных методов борьбы с вредным воздействием пылящих отвалов является закрепление их растительностью (Сигалов 1957; Greszta, 1957). Исследовательские работы, проводившиеся в этом направлении на Урале, касались золоотвалов электростанций и шламовых отвалов (Тарчевский, 1964).

Учитывая, что теоретические основы закрепления растительностью пылящих субстратов силикатного типа еще не разработаны и на Урале в этом направлении опыта не имеется, Институт биологии Уральского филиала АН СССР с 1962 г. начал на примере г. Березовского работы по изысканию способов закрепления растительностью промышленных отвалов золотодобывающих предприятий¹.

В ходе этих работ изучена динамика естественного зарастания отвалов более чем на 30 участках, характеризующих разные этапы самозарастания, заложены опыты по искусственному закреплению каменистого террикона шахты № 8 и песчаного отвала бегунной фабрики. В опытах использовано более 66 видов травянистых растений и 35 видов деревьев и кустарников. Контрольные опыты были заложены на экспериментальном участке в Ботаническом саду Уральского филиала АН СССР.

В течение каждого вегетационного периода регулярно (раз в 5—10 дней) проводили наблюдения за развитием растений, формированием корневых систем и зарастанием субстрата на опытных участках. Выяснилось влияние экологических факторов и агротехнических мероприятий на темп закрепления растительностью щебнистого и песчаного субстрата.

В статье излагаются результаты работы первых двух лет исследований.

¹ В работах, кроме авторов этой статьи принимали участие сотрудники Ботанического сада и лаборатории ботаники Института биологии УФАИ СССР Э. Д. Зайцева, К. А. Белоусова, Н. Н. Юдкина, Е. А. Шурова и В. И. Шабуров.

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОМЫШЛЕННЫХ ОТВАЛОВ БЕРЕЗОВСКОГО РУДНИКА

На территории Березовского рудника располагаются участки так называемых «бросовых» площадей различного типа. Наиболее часто встречаются зоны обрушения и отвалы разных типов.

Зоны обрушения (рис. 1). Занимают значительные площади. В основном экологическая обстановка для существования растений на этих территориях относительно благоприятна. Естественный почвенный покров большей частью нарушен слабо (за исключением склонов котловин). Условия увлажнения благоприятствуют выращиванию разнообразного ассортимента растений. Освещенность этих участков, особенно при низком положении солнца (в утренние и вечерние часы), недостаточна. Гораздо хуже условия на склонах котловин, иногда достигающих большой крутизны и протяженности. Здесь почвенный покров отсутствует, на поверхность выходит бесплодная материнская порода. Неблагоприятен режим увлажнения, так как снег сдувается, что приводит к вымерзанию корневых систем поселяющихся здесь растений. Отрицательно влияет на заселение такого субстрата растениями также водная эрозия.



Рис. 1. Участок зоны обрушения.

Отвалы. В связи с особенностями технологии добычи руды и ее последующей перера-

ботки, а также в связи с использованием пустой породы на территории рудника расположены отвалы следующих типов: а) каменистые терриконы; б) каменистые россыпи; в) песчаные отвалы.

Каменистые терриконы (рис. 2). Высокие (до 25 м) холмы с крутизной склонов до 40°, состоящие из гранитов, гнейсов в смешении со сланцами и частично песком. Химический состав нейтральный или слабокислый, вредных соединений нет. Механический состав — крупные или раздробленные глыбы, препятствующие посеву или посадке растений. На каменистых терриконах создаются крайне неблагоприятные условия питания для растений: в горных породах отсутствует азот, очень мало усвояемого калия и фосфора, но имеются различные микроэлементы. По мере выветривания и заноса пылеватых частей на грунте терриконов начинают появляться в незначительном количестве элементы минерального питания.

Режим увлажнения неблагоприятен. Как правило, большая крутизна склонов и особенности механического состава грунта создают условия для беспрепятственного стекания дождевой и снеговой воды вниз по



Рис. 2. Общий вид террикона шахты 8.

склону. Наименьшая увлажненность грунтов, естественно, наблюдается на вершине отвала. В зимний период большое защитное значение имеет снежный покров, защищающий почву и корни растений от промерзания. В этом отношении условия терриконов также неблагоприятны, так как снег с них обычно сдувается. Зимой 1963/64 г. средняя высота снежного покрова на терриконе шахты «Южная» 5—25 см, в то время как на равнине она достигла 80 см. Существенные различия в толщине снежного покрова наблюдаются и на разных частях склонов террикона. По мере движения по склону террикона снизу вверх величина отложения снега уменьшается. На наветренной стороне — на западном и северо-западном склонах — снег особенно сильно сдувается ветром, нередко даже обнажается субстрат.

Отрицательную роль играют резкие колебания температуры верхнего слоя грунта на терриконах. Особенно велики они на южном и отчасти западном склонах, так как днем солнце сильно нагревает поверхность, а ночью происходит ее охлаждение. Ветер усиливает величину амплитуды температуры, особенно в верхней трети террикона. В связи с этим, растения страдают в летний период от засухи и излишнего количества тепла, а в зимний период — от мороза. Весной в полуденные часы растения на терриконах получают много тепла, иногда даже страдают от ожогов, а в ночные часы и рано утром подвергаются действию заморозков. Это резко ухудшает условия поселения растений на терриконах и препятствует нормальному их развитию в дальнейшем. В этих условиях происходит отбор лишь видов, обладающих высокой устойчивостью как против низких, так и против высоких температур. Следовательно, ассортимент растений на терриконах должен быть весьма ограниченным.

Неблагоприятно сказывается на развитии растений и водная эрозия. Потоки дождевой и, реже, снеговой воды на грубокаменистом субстрате при отсутствии дернового покрытия беспрепятственно стекают вниз и разрушают образующиеся поселения растений.

Каменистые россыпи. По составу грунта россыпи мало отличаются от терриконов, однако на них более благоприятен режим влажности, а колебания температуры менее резки. Снегонакопление проис-

ходит интенсивно, часть дождевой влаги задерживается среди россыпей. Водная эрозия отсутствует. Суточный ход температуры более плавен. Ветровой режим гораздо благоприятнее, и зарастание идет быстрее, чем на терриконах.

Песчаные поля. Слагаются мелкозернистыми песками и супесями, состоящими из раздробленных частиц кварца. В них почти отсутствуют такие питательные вещества, как азот, фосфор и калий, мало и микроэлементов. Вредные химические вещества отсутствуют.

Водный режим складывается обычно неблагоприятно, особенно в засушливые периоды года. Влага просачивается вниз, капиллярное поднятие ее невелико. Однако в песках на некоторой глубине имеется конденсационная влага, поэтому растения с мощной корневой системой находят необходимое количество воды в глубинных слоях песка. Снежный покров на песчаном отвале неоднороден в связи с ветровыми условиями. Его высота в 1964 г. (в марте) колебалась от 15 до 55 см. Максимальной высоты от достигал в местах завихрения (у ограды). С открытых мест снег почти полностью сдувается.

Тепловой режим характеризуется сильным нагреванием песка в летние дни, когда он накаляется до температуры $+50^{\circ}$ и выше. Интенсивное нагревание обуславливается быстрым пересыханием верхних слоев песка при отсутствии капиллярного поднятия влаги.

Наиболее сильно действующим отрицательным фактором в условиях песчаного отвала является ветровая эрозия, перевевание песка. Даже ветер умеренной силы поднимает верхние слои сухого песка, обнажая корни поселяющихся на ней растений, что приводит к их гибели. Нередко происходит и засекание листьями частицами песка. В благоприятные по водному, тепловому и ветровому режиму годы на песчаных отвалах начинают поселяться группы растений, однако они нередко отмирают вследствие вытаптывания закрепленного ими ковра человеком или животными, поэтому без посева и посадки растений и необходимых мер ухода на ними отвал быстро возвращается в состояние сыпучей пустыни.

Кроме того, в районе золотых приисков г. Березовска встречаются смешанные отвалы, сочетающие признаки некоторых из упомянутых типов.

ЕСТЕСТВЕННОЕ ЗАРАСТАНИЕ ПРОМЫШЛЕННЫХ ОТВАЛОВ

Для изучения процессов естественного зарастания был подобран ряд пробных участков, различных по времени обнажения субстрата и по механическому составу горной породы. Геоботанические описания сгруппированы в несколько генетических рядов. Оказалось, что на отвалах произрастает 119 видов цветковых растений, в том числе 47 сорных, 40 луговых, 23 лесных, 4 вида, характерных для обнаженного субстрата, и 5 культурных.

Уже в первые годы на выброшенной породе поселяются сорняки (однолетние *Polygonum aviculare*, *P. scabrum*, *P. convolvulus*, *Atriplex patula*, *Chenopodium album*, *Berteroa incana*, *Capsella bursa-pastoris* и многолетние — *Agropyrum repens*, *Rumex acetosella*, *Linaria vulgaris*, *Potentilla anserina*, *Artemisia vulgaris* и др.). Почти одновременно с ними на щебне и в расщелинах появляются некоторые растения-пионеры, легко заселяющие обнаженный субстрат, например, *Tussilago farfara*, *Chamaenerium angustifolium*, *Calamagrostis epigeios* и *Taraxacum officinale*.

Сорняки и растения-пионеры продуцируют огромное количество семян и через 3—5 лет покрывают мелкощебенистые участки терриконов более или менее густой зарослью бурьяна.

Начиная с 4—6-го года в растительный покров внедряются некоторые луговые травы, например, *Deschampsia caespitosa*, *Phleum pratense*, *Poa trivialis* и *Achillea millefolium*.

На мелкощебенистых участках, где сформировался маломощный слой примитивной почвы, вырастают экземпляры березы бородавчатой, сосны обыкновенной, осины и ивы козьей. Из древесных растений наиболее жизнестойка в местных условиях береза бородавчатая, возобновляющаяся в дальнейшем преимущественно порослевым способом; расселению сосны препятствует вытаптывание молодых экземпляров, повреждение сломом и т. п.

На некоторых выработках, где условия этому благоприятствуют, через 20—30 лет сформировываются небольшие участки низкорослого березняка с единичной примесью сосны¹ с характерной свитой лесных растений (*Fragaria vesca*, *Antennaria dioica*, *Rubus saxatilis*, *vaccinium vitis-idaea* и др.).

Таким образом, процесс зарастания отвалов и горных выработок обычно распадался на следующие стадии: 1) появление сорняков и растений-пионеров (до 3—5 лет); 2) внедрение луговых трав, появление молодых экземпляров деревьев и кустарников (с 4—6 до 15 лет); 3) формирование низкорослых березняков (с 16 до 25—30 лет).

На вершинах крутых терриконов и крутых склонах, где сильно выражена эрозия, а также на песчаных отвалах темпы самозарастания сильно замедлены, и поэтому нет оснований ожидать естественного покрытия растительностью таких участков даже через 25—30 лет.

РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТ ПО ОЗЕЛЕНЕНИЮ КАМЕНИСТЫХ ОТВАЛОВ

Сложность закрепления растительностью таких терриконов заключается в том, что при довольно малых размерах они имеют очень крутые склоны (до 40—45°). Как отмечалось выше, терриконы в значительной мере подвержены в течение почти всего года водной и ветровой эрозии. Отсутствие почвенного слоя на терриконах и грубый каменистый состав выброшенных пород препятствует как естественному зарастанию, так и их искусственному озеленению. С учетом лесокультурного опыта облесения горных склонов и специфических условий терриконов Березовского рудника разработана следующая агротехника посадок древесины, посева травянистых растений и ухода.

На склонах различной экспозиции через 1—1,5 м по высоте создавали горизонтально террасы, на которых выкапывали траншеи. Размер террас и траншей указан на рис. 3. В траншеи вносили торф, сверху его присыпали песком и высаживали под лопату саженцы деревьев и кустарников или высевали травы. Посев трав осуществляли двумя способами: а) в траншеи, заполненные торфом, и б) в площадки с внесением торфа при перекопке. Кроме того, в траншеи сажали корневища пырея ползучего. В течение лета посева и посадки регулярно поливали (до 8—10 раз за сезон). Так как внешний бортик террасы со временем разрушается, то почти каждый раз перед поливом необходимо его подновлять. В 1962 г. были произведены посадки на восточном, северном и западном склонах терриконов, а в 1963 г.— на южном склоне и дополнения на остальных трех. В те же годы были посеяны травы на северном и южном склонах и посажены корневища пырея на южном.

¹ Развитие сосны в этих условиях подавляется вытаптыванием, поэтому она не принимает большого участия в составе таких сообществ.

Приживаемость и рост деревьев и кустарников на каменном терриконе

Растение	Посадки 1962 г.												Приживаемость по всему террикону, %	
	западный склон				северный склон				восточный склон					
	1962 г.		1963 г.		1962 г.		1963 г.		1962 г.		1963 г.			
	прирост, см	% приживаемости	прирост, см	% приживаемости	прирост, см	% приживаемости	прирост, см	% приживаемости	прирост, см	% приживаемости	прирост, см	% приживаемости		
Акация кустарниковая	100	4	7,8	89	7,1	58	6,3	94	5,2	84,5	2,3	—	—	65,8
Вяз обыкновенный	87	11	4,0	97	5,9	36	5,0	100	4,6	100	10	4,0	100	72,2
Боярышник сибирский	100	1,8	8,0	100	1,3	82	9,0	100	3,0	25	3,0	7,5	100	63,5
Ива мягчайшая	80	63,5	31	86	29,5	40	35	83	39,0	70	39,0	29,0	100	81,8
Ива козья	100	17	21	100	14,6	100	16,5	100	20,5	67	29,5	—	—	89,0
Груша уссурийская	100	1	8	100	2,0	100	14,0	—	—	—	—	6,0	82	94,5
Жимолость татарская	100	21	—	100	2,4	82	15	100	14,7	94	15	2,5	100	70,8
Роза морщинистая	100	10,7	6	—	—	—	—	100	2,5	89	3,0	2,0	33	54,4
Ирга колосцветная	100	13	—	—	—	—	—	87	7,0	87	9,0	5,0	85	66,7
Малина обыкновенная	73	18	13	0	0	0	0	—	—	—	—	—	—	25,0
Паслен безволосый	92	58	12	—	—	—	—	100	58,6	92	22,5	16	66	52,3
Кизильник блестящий	100	13	9,5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	80,0
Вишня стенная	100	0	5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	100,0
Береза бородавчатая	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0	40,0
Клен ясенелистный	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	40	87
Спирей	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	55	100
Итого	92,9	—	34	92,7	—	60	—	97,0	—	85,3	—	—	83	70,7

Неблагоприятные почвенные и микроклиматические условия для произрастания на терриконе, несомненно, отразились на приживаемости и приросте растений (табл. 1—3). По результатам осенней ревизии 1962 г., несколько лучшим по приживаемости за вегетационный период оказался восточный склон. Наименьший отпад наблюдался на I, II и III террасах, наибольший — на IV и V, т. е. на вершине террикона. Это, несомненно, объясняется более жесткими микроклиматическими условиями в верхней части террикона и, по-видимому, большей сухостью отвального субстрата. Общая приживаемость в 1962 г. достигла 92%.

Лучшую приживаемость в летний период 1962 г. показали боярышник сибирский, груша уссурийская, жимолость татарская, роза морщинистая, ирга колосистая, кизильник, паслен безволосый, вяз обыкновенный, вишня степная. Поэтому указанные виды были предварительно рекомендованы для озеленения отвалов.

Зима 1962/63 г. произвела некоторые изменения в ассортименте деревьев и кустарников. Учитывая результаты перезимовки, наиболее ценными для озеленения подобных терриконов следует считать: акацию кустарниковую, вяз обыкновенный, иву козью, кизильник, вишню степную и др.

Зимний отпад на терриконе произошел под влиянием холодных иссушающих ветров, а также и в связи с отсутствием надлежащей охраны посадок. Наибольшая гибель растений отмечена на наветренном западном склоне — 53,4%, меньшая на северном — 23,3% и наименьшая на подветренном — восточном — 8,3%.

В течение второго (1963 г.) вегетационного периода отпад саженцев был незначительным — 3,3%.

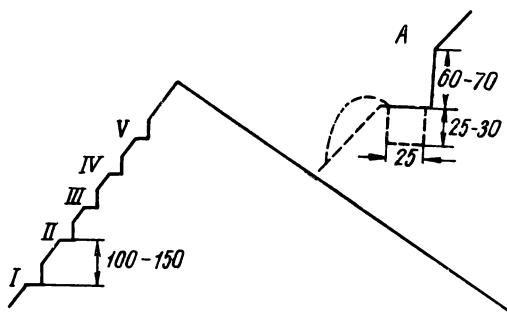


Рис. 3. Схема расположения террас по склону.
А — Размеры отдельной террасы и траншеи, см.

Таблица 2

Приживаемость растений в 1962 г. в зависимости от экспозиции склона, %

Склон	Терраса					Итого
	I	II	III	IV	V	
Восточный	100	95,5	100	97,2	90,5	97,0
Северный	—	100	90,9	89,5	81,5	91,7
Западный	—	93,1	97,4	90,0	76,4	91,9

Приживаемость растений посадки 1963 г. за летний период была ниже, чем в 1962 г., и составила 88,4%. Это объясняется тем, что посадки 1963 г. произведены в основном на южном склоне — наиболее неблагоприятном в микроклиматическом отношении для развития растений.

Таким образом, наиболее благоприятными для жизни растений оказались восточный и северный склоны. На западном склоне наблюдается значительный отпад растений из-за действия иссушающих зимних ветров, а на южном — из-за высокой солнечной радиации и водного дефицита.

Сравнение прироста у одного и того же вида в пределах склона одинаковой ориентации, но на различных по высоте террасах (см. табл. 3) дает зависимость прироста от высоты (за исключением ивы козьей и вяза). Так, на северном склоне прирост у растений на нижних террасах был больше, чем на верхних, в 3—12 раз.

На второй год жизни прирост у некоторых растений был больше, чем в 1962 г., и больше, чем у растений, высаженных в 1963 г. и «переболевших» в связи с пересадкой. Так, у боярышника он был в 3 с лишним раза больше, у груши уссурийской — в 7 раз, жимолости татарской — в 1,5 раза. У некоторых видов он остался равным приросту предыдущего года или даже понизился. В целом летний период 1963 г. был менее благоприятным для развития растений на отвале, чем в 1962 г., по погодным условиям (менее регулярное выпадение осадков).

Таблица 3
Прирост некоторых древесных растений в 1963 г. на различных террасах, см

Растение	Терраса	
	I—II	IV—V
Акация кустарниковая	12,0	6,2
Вяз обыкновенный	3,6	1,0
Роза морщинистая	17,0	4,5
Ива козья	18,5	25,0
Малина обыкновенная	37,5	21,0

Учитывая двухлетний опыт разведения древесных растений на терриконе, можно считать, что наиболее благоприятными условиями обладают нижние части склонов и северный и восточный склоны. Здесь

Учитывая двухлетний опыт разведения древесных растений на терриконе, можно считать, что наиболее благоприятными условиями обладают нижние части склонов и северный и восточный склоны. Здесь

Учитывая двухлетний опыт разведения древесных растений на терриконе, можно считать, что наиболее благоприятными условиями обладают нижние части склонов и северный и восточный склоны. Здесь

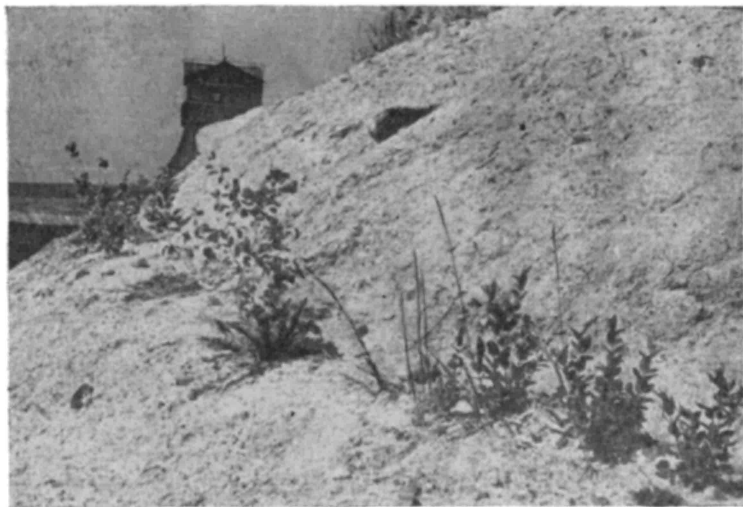


Рис. 4. Терраса, засаженная кизильником.

может использоваться для озеленения более обширный список древесных пород. Число видов растений, способных произрастать на южном и западном склонах, меньше. Для успешного озеленения терриконов, подобных по форме и субстрату терриконам Березовского рудника, необходимо использовать виды не только засухоустойчивые, но и зимостойкие. Этому требованию из изученных видов более или менее удовлетворяют: ива козья, кизильник блестящий (рис. 4), вишня степная, акация кустарниковая, вяз обыкновенный, груша уссурийская.

В 1963 г. производились посевы травянистых растений (злаков и бобовых) в борозды и площадки. Растения всошли, дали 3—4 листочка, но в июле почти все засохли. Посадка корневищ пырея ползучего на южном склоне дала положительный результат. Высота травостоя достигла 15—18 см при нормальной густоте. Этот опыт позволяет считать, что посевы трав семенами — малоэффективное средство для озеленения отвалов. Хорошие результаты может дать посадка корневищ пырея ползучего в траншеи с торфом, а также использование дернины.

РАБОТЫ ПО ЗАКРЕПЛЕНИЮ РАСТИТЕЛЬНОСТЬЮ ПЕСЧАНОГО ОТВАЛА

Естественная растительность на отвале отсутствует, и только по южному и юго-западному склонам поднимаются большими дерновинами мятлик луговой (*Poa pratensis*) и вейник наземный (*Calamagrostis epigeios*). Растения имеют ярко-зеленую окраску и проходят весь цикл

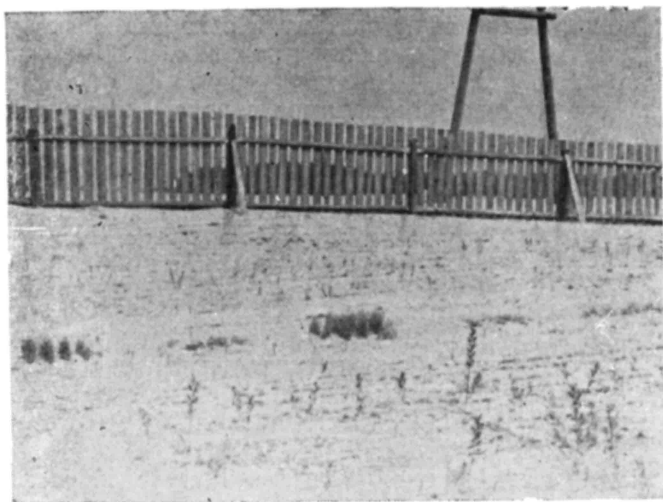


Рис. 5. Опытный участок на песчаном отвале.

развития. Один куст мятлика развил до 14—15 побегов, из них 9—10 генеративных. Высота растений 65—70 см. На разрезе, образованном стекающей водой, видно, как корни пронизывают слой песка на 50—60 см. Вейник образует меньше побегов, но высота растений значительно больше, местами достигая 1 м.

Опытный участок заложен в южной части песчаного отвала на площади 0,3 га (рис. 5). Опыты проводились в нескольких вариантах: 1) посев на чистом песке (контроль); 2) посев на песке с примесью полиакриламида; 3) посев на песке, покрытом слоем торфа 3—4 см; 4) посев на песке с применением полного минерального удобрения (НРК) из расчета 20—30 кг на 1 га; 5) посадка корневищ травянистых растений; 6) посев травянистых растений на террасах; 7) посадка ив черенками.

Полив производился регулярно в начале года, а затем — в засушливые периоды.

Всходы в разных вариантах опыта появлялись почти одновременно, даже с некоторым опережением (на 2—3 дня) на чистом песке. Но пос-

ле того как исчерпались запасы питательных веществ, содержащихся в семенах, началось заметное отставание в росте растений на чистом песке. Большинство их выпало из-за обнажения корневой системы в результате выдувания песка или засыпания им надземных органов. Несомненно, сказался и недостаток питательных веществ в песке.

При посеве на чистом песке и при посеве с внесением минеральных удобрений всходы появились у всех культур, но в дальнейшем рост приостановился, и растения в основной своей массе погибли, сохранились лишь отдельные экземпляры бобовых — люпина многолетнего, эспарцета песчаного и донника белого. Однако и эти растения имели угнетенный вид, образовав за все время вегетации, несмотря на регулярный полив, по 3 сложных листа. Высота растений незначительна — 3—5 см, длина корневой системы 3—3,5 см. Образования клубеньков на корнях бобовых в этих вариантах не наблюдалось.

Между тем, отдельные экземпляры люпина многолетнего, взошедшие в котловане под прикрытием деревянных щитов в условиях постоянного подтока воды от водопровода, хорошо развились, достигли высоты 10 см, имели мощную корневую систему. На корнях образовалось много крупных клубеньков. Всходы люпина появлялись в течение всего летнего периода. Применяемый нами полиакриламид — бесцветное желеобразное вещество, трудно растворимое в воде, — имел концентрацию 82. Для лучшего растворения его смешивали с песком, затем растирали в ступке до образования зернистой структуры. После этого полиакриламид растворяли в воде до 0,5 и 0,1%-ной концентрации (1 кг/16 л воды и 1 кг/64 л воды).

Для установления влияния концентрации полиакриламида на рост и развитие растений, а также выяснения оптимальной очередности его внесения были произведены посевы по следующей схеме: а) смешивание 0,1%-ного раствора полиакриламида с песком на глубину лопаты. Доза 20 л/м²; б) для образования поверхностной корки раствор полиакриламида концентрацией 0,5% выливали на поверхность площадки, не смешивая с песком. Доза 5 л/м²; в) смешивание 0,5%-ного раствора полиакриламида с песком на глубину 5—6 см. Доза 5 л/м².

Полиакриламид оказал положительное влияние на рост и развитие растений, при условии, если он смешивался с песком на глубину лопаты. Поверхностное влияние полиакриламида с образованием корочки затрудняет рост растений. Различие в концентрации полиакриламида (в пределах испытанных дозировок) не оказало существенного влияния на рост трав.

При посеве с применением торфяного покрова растения росли значительно лучше, причем к концу вегетации сохранились все виды. Особенно выделялись делянки пырея гребенчатого, регнерии волокнистой, люпина многолетнего и клевера красного.

В котловине северо-восточной части опытного участка, где расположена часть делянок, наблюдался небольшой нанос песка. Несмотря на эти неблагоприятные условия, растения здесь выглядят значительно лучше, чем на ровной поверхности участка, очевидно, в связи с лучшим увлажнением. Высота регнерии волокнистой и ежи сборной достигала 10—14 см.

Корневая система у растений располагалась преимущественно в торфяном слое, густо пронизывая его; в песок проникли лишь немногие корешки. При попытке выдернуть растение вместе с ним снимался слой торфа. Из бобовых хорошо развивались донник белый и люцерна синегибридная, удовлетворительно — клевер красный.

Весной 1963 г. были посажены корневища лапчатки гусиной (*Poten-*

tilla anserina) на площади 10 м². Корневища высаживались неглубоко (3—4 см) в траншеи. Лапчатка гусиная быстро принялась и стала размножаться, занимая новые площади. Все высаженные экземпляры цвели, если отдельные растения засыпались песком, неподалеку появлялись вегетативные отпрыски.

Для выяснения возможности закрепления склонов отвала от размыва и осыпания были произведены посевы растений на специально устроенных террасах. Это дало положительные результаты. Рядом с террасами склоны к осени были прорезаны глубокими эрозионными ложинами, в то время как на самих террасах эрозия была сильно ослаблена. Хорошо росли на террасах и даже цвели василек и фацелия, однако высота растений была здесь в 2—3 раза меньше той, которую имеют эти виды в своих обычных местах произрастания.

Ивы сажались рядами по 50 штук в каждом — один ряд с торцом, второй без торца. Кустарниковая ива чередовалась с древовидной. Использовались виды: *Salix acutifolia*, *S. fragilis*, *S. acuminata*, *S. purpurea*, *S. excelsior*, *S. polyphyllus*, *S. caspica*, *S. daphnoides*. Изучались также гибриды селекции В. Н. Сукачева и др.

Междурядья достигали 0,5 м при посадке растений одного вида и 2—3 м при посадке разных видов. Посадки ивы показали хорошие результаты. Приживаемость была высокой, большинство видов хорошо росло, образовывало эффективную живую защиту против ветра и закрепляло песок.

Проведенные опыты показали, что для закрепления песчаных отвалов наиболее эффективны посев трав с применением торфяного удобрения, посадка корневищ лапчатки гусиной и других корневищных травянистых растений, а также посадка черенков ив.

Лучший срок посева семян, посадки корневищ и черенков — ранняя весна (примерно середина апреля). Глубина заделки семян и посадки корневищ — 2—4 см; глубина посадки черенков ив — 20—30 см. В течение вегетационного периода крайне важен регулярный полив, особенно ранней весной и в засушливые периоды лета.

Хорошо зарекомендовали себя в посевах на песке с торфом следующие злаки: райграс (*Arrhenatherum* sp.), тимофеевка луговая (*Phleum pratense*), регнерия волокнистая (*Roegneria fibrosa*) и овсяница луговая (*Festuca pratensis*). Особенно эффективным оказался посев бобовых — люпина многолетнего (*Lupinus perennis*), эспарцета (*Onobrychis arenaria*), донника белого (*Melilotus albus*) и клевера лугового (*Trifolium pratense*). Лучше, если высевать бобовые вместе со злаками, так как в этом случае сочетается мощная корневая система злаков с дополнительным источником связанного азота за счет бактериальных клубеньков бобовых.

ВЫВОДЫ

Результаты проведенных исследований показывают, что естественное зарастание промышленных отвалов происходит очень медленно (в течение 20—30 лет). Поэтому для устранения загрязняющего влияния отвалов на воздух и почвы окружающей местности необходимы специальные работы по посеву и посадке растений.

В ходе исследований выяснилось, что при условии правильного подбора ассортимента растений и применения соответствующих агротехнических мероприятий можно в относительно короткий срок (3—5 лет) закрепить поверхность отвалов растительностью и сильно ослабить их загрязняющее влияние. Закрепление поверхности отвалов растениями значительно улучшает санитарные условия в районе расположения промышленных предприятий и прилегающих к ним рабочих поселков.

Основные агротехнические мероприятия по закреплению промышленных отвалов таковы.

На каменных терриконах: а) устройство террас на склонах и подготовка углублений в виде траншей; б) внесение торфа или перегноя в углубления; в) ранневесенняя посадка корневищ пырея в верхних частях склона и на более опасных участках и посадка древесных растений — в нижних частях терриконов и на менее эродированных, инсолированных и морозобойных склонах; г) обязательный регулярный полив в первые 10 дней, затем полив через 5—10 суток (в зависимости от погоды), подкормка минеральными удобрениями.

На каменных россыпях: а) внесение торфа или перегноя в микропонижениях; б) посев злаков и других трав, посадка корневищ пырея и древесных растений; в) полив (особенно в засушливые периоды) и подкормка.

На песчаных полях: а) ранневесенний посев злаков и бобовых в мелкие канавки с применением торфяного удобрения и формирование террас на склонах; б) посадка ив черенками с внесением удобрения в виде торфа; в) обязательный регулярный полив (особенно в первые две декады) и подкормка.

Во всех случаях необходимо прекратить доступ населения на отвалы, а также пастьбу скота и т. д.

ЛИТЕРАТУРА

- Сигалов Б. Я. О закреплении поверхности золоотвалов многолетними травами — Бюлл. Гос. бот. сада АН СССР, 1957, № 28.
- Тарчевский В. В. Биологические методы консервации золоотвалов тепловых электростанций Урала. Растения и промышленная среда. Свердловск, 1964 (Ур. гос. ун-т).
- Greszta J. Moxliwose Zagospodarowania nieuzytkow przemyslowyeh w swiete badem glelowyeh.— Ecol. Polska, 1957, ser. B, t. 3, № 2.
-