МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА СССР
ЦЕНТРАЛЬНАЯ ЛАБОРАТОРИЯ ОХРАНЫ ПРИРОДЫ

РЕКОМЕНДАЦИИ И МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К СЕЛЬСКО-ХОЗЯЙСТВЕННОМУ И ЛЕСОХОЗЯЙСТВЕННОМУ ВОССТАНОВЛЕНИЮ ОТВАЛОВ В ПОДМОСКОВНОМ БАССЕЙНЕ

Москва-1969 г.

gost.e-ecolog.ru

Составители: Старший научный сотрудник Центральной лаборатории охраны природы МСХ СССР, кандидат биологических наук Л.В.Моторина, научные сотрудники: Г.А.Зайцев, Т.И.Ижевская, А.И.Савич, В.Н.Чеклина.

ВВЕДЕНИЕ

С увеличением количества земель, подвергающихся загрязняющему и разрушающему воздействию промышленности, возрастает и актуальность проблемы рекультивации таких территорий, восстановления их плодородия и возвращения во вторичное сельскохозяйственное, лесохозяйственное и другие виды использования. Подмосковный угольный бассейн - один из крупных промышленных районов страны, где влияние промышленности и особенно ее горнодобывающей отрасли на сельское и лесное хозяйство оказывается наиболее резко. Только в одной Тульской области в настоящее время действует более 100 карьеров по добыче полезных ископаемых и строительных материалов открытым способом. Площадь земель, отведённых горнодобывающим предприятиям для промышленных разработок, составляет около 8 тыс.гектар, а ежегодный прирост нарушенных площадей будет составлять 400-500 га. За последние 10 лет площадь пашни в колхозах и совхозах сократилась за счёт отвода её для промышленных и других несельскохозяйственных целей более чем на 15 тыс.га.

Общая площадь разведанных месторождений по Тульской области превышает 25 тыс.га, а по Подмосковному бассейну в целом свыше 80 тыс.га.

Таким образом, очевидно, что актуальность проблемы рекультивации территорий, нарушаемых в результате деятельности промышленных предприятий, для Подмосковного бассейна возрастает с каждым годом. Работы по рекультивации здесь ведутся с 1957-1959 гг. и наиболее глубокое развитие получили после проведённого в 1964 г. в г.Туле научно-технического совещания по восстановлению и использованию территорий, нарушенных горными работами.

Однако до сих пор работы по рекультивации в Подмосковном бассейне проводятся часто без учета научных рекомендаций, без правильной их организации и соблюдения всех необходимых технических правил и методических указаний.

Настоящие "Рекомендации и методические указания к сельскохозяйственному и лесохозяйственному восстановлению отвалов в Подмосковном бассейне" имеют цель дать основные разъяснения по методам изучения новых специфических условий, возникающих в результате открытых горных работ, и методам сельскохозяйственного и лесохозяйственного освоения отвалов открытых горных разработок в Подмосковном бассейне.

В настоящей работе приводится ряд методик, разработанных Центральной лабораторией охраны природы на основании собственных исследований, проведённых в Подмосковном бассейне, а также на основании обобщения зарубежного и отечественного опыта рекультивации.

В данной работе не рассматриваются общие положения рекультивации, организационные и правовые вопросы, нашедшие отражение во "Временных инструктивных указаниях по рекультивации земель на угольных разрезах Подмосковного бассейна" (1968 г.), а также в "Рекомендациях по рекультивации земель, нарушаемых открытыми горными работами" (1969 г.).

I. Методы и направления рекультивации при сельскохозяйственном и лесохозяйственном освоении отвалов.

В результате деятельности промышленности и особенно под влиянием открытого способа добычи полезных ископаемых происходят глубокие почвенно-климатические, гидрологические, флористические и фаунистические изменения среды с созданием подчас совершенно новых специфических условий. В процессе ведения открытых горных работ происходит разрушение земной

поверхности до уровня залегания полезного ископаемого, вынесение в отвалы и перемешивание пород вскрышной толщи, образование не заполненных породой выемок - карьеров. На поверхности отвалов часто оказываются глубинные породы, содержащие избыточные количества солей, токсичных для растений. Таким образом, создаются условия, совершенно непригодные для жизни растений и животных, и большие площади превращаются в бесплодные безжизненные пространства, получившие название "индустриальных пустынь".

В Подмосковном бассейне подобные условия создаются при добыче бурого угля (Ушаковский, Кимовский угольные разрезы), при добыче огнеупорных глин (Суворовское месторождение). Значительные трудности для рекультивации имеют место также и на других месторождениях Подмосковного бассейна.

При открытых разработках происходят серьезные изменения водного режима, понижение уровня грунтовых вод на окружающих территориях, снижение таким образом производительности сельскохозяйственных и лесных угодий. Возможность и эффективность биологической рекультивации во многом будут зависеть от правильной оценки имеющихся условий, от выбора наиболее рационального вида освоения "послепромышленных" земель, от определения и осуществления требований, которые должны быть выполнены на горнотехническом этапе восстановления. И самое основное требование - это создание вновь на площадях, подвергшихся промышленному воздействию, условий, пригодных для жизни растений и животных.

Большое значение имеет выявление и определение вида освоения и всех требований биологической рекультивации перед началом промышленных разработок, т.е. составление проекта рекультивации при проектировании горных работ.

Это дает возможность произвести оценку условий, в которых будут проводиться горные работы и в дальнейшем рекультивация нарушенных в процессе разработок земель; позволит предусмотреть соответствующие изменения в технологии ведения горных работ, которые обеспечат наибольшую экономическую и биологическую эффективность рекультивационных работ /например, предотвращение вынесения на поверхность фитотоксичных горных пород и т.д./; поможет найти наиболее рациональный и эффективный способ восстановления.

В настоящее время в Подмосковном бассейне из всего разнообразия направлений и способов рекультивации наибольшее распространение получили сельскохозяйственная рекультивация и использование промышленных отвалов под лесонасаждения.

Для осуществления обоих видов рекультивации необходимо выполнение ряда общих мероприятий.

А/ Изучение физико-химических свойств вскрышных пород при проектировании рекультивации до начала разработок.

При проектировании рекультивационных работ прежде всего следует обеспечить создание благоприятных для биологической рекультивации грунтовых условий. Как известно, главнейшими факторами, ограничивающими возможность биологического освоения, являются обычно показатели кислотности, засолённости, механического состава, степени скелетности грунта, обеспеченность питательными веществами и обводнённость составляющих отвалы пород. При бестранспортной системе разработок и валовом формировании отвалов, применяющимися в Подмосковном бассейне, образуются грядовые и конусовидные формы рельефа отвалов с вынесением на их поверхность бес-

плодных кварцевых песков или сульфидизированных /с большим содержанием пирита и мельниковита/, надугольных глин и супесей. При выветривании последних происходит окисление сульфидов железа - процесс, имеющий сложную химико-микробиологическую природу, растягивающийся на десятки лет.

В результате на поверхности отвалов создаются условия, крайне неблагоприятные для роста растений - чрезвычайно высокая кислотность (pH - I,5-2,5), избыточное содержание водорастворимых сульфатов железа и алюминия. Сами сульфидосодержащие горные породы получили поэтому название фитотоксичных пород.

В целом соотношение распределения различных пород на поверхности отвалов зависит от особенностей геологического строения вскрываемой толщи и от технологии вскрышных работ. В условиях Подмосковного бассейна на ряде участков Кимовского и Ушаковского углеразрезов после разравнивания отвалов содержание фитотоксичных палеозойских горных пород в поверхностном слое несколько возрастает по сравнению с относительным содержанием их во вскрываемой толще. /Таблица № I/. Это говорит о том, что применяемые системы вскрышных работ в большинстве случаев приводят к образованию грунтосмесей, неблагоприятных для произрастания растительности и должны быть изменены.

Таблица № I.

Распределение площади разравненных отвалов, отсыпанных по бестранспортной валовой системе драглайнами, по группам условий токсичности /на I.I.68 г./.

Участок	Процентное содержание фитотоксичных горных пород /объемное/			
	во вскрыше	в отвалах		
		до 20 I	2I-40 II	более 40 III
		группы		
Кимовский 4-й	до 20	68	I4	I8
Ушаковский I-й	до 40	I2	57	3I
-"- 2-й	2I-40	-	39	6I

При выборе технологии вскрышных работ и системы отвалообразования необходимо обязательно учитывать требования последующей рекультивации нарушенных поверхностей. Там, где палеозойские горные породы составляют до сорока и более процентов от мощности вскрываемой толщи, целесообразно отказаться от применения валовой системы отвалообразования. В таких условиях следует применять селективное ведение вскрышных работ, которые обеспечивают сохранение почвы и потенциально-плодородных грунтов, захоронение фитотоксичных горных пород и перекрытие их четвертичными лёссовидными суглинками, почвообразующими породами или почвенным слоем.

Принято считать достаточным для сельскохозяйственного освоения перекрытие слоем мощностью в I м, для лесного - слоем мощностью около 2 м.

Для определения характера пород вскрышной толщи с точки зрения их пригодности к дальнейшему биологическому освоению, проводят их агрохимическое изучение и классификацию, составляют карто-схемы распределения определенных групп горных пород по поверхности месторождения. Эти материалы должны быть получены на стадии проектной разработки или в ходе разработки действующих карьеров и положены в основу проекта рекультивации, в основу выбора вида освоения.

Методика проведения таких работ для Подмосковного бассейна приводится ниже. Составление агрохимической классификации вскрышных пород и карто-схемы их распределения на площади месторождения можно рассмотреть на примере изучения пород вскрыши на Ушаковском и Кимовском угольных разрезах.

В Подмосковном угольном бассейне надугольная толща представлена преимущественно осадочными породами Бобриковского и Тульского горизонтов нижнего карбона /палеозой/, мезозойскими и четвертичными отложениями.

Бобриковский горизонт (C_I^{bb}) представлен песками, глинами и пластами угля. Средняя мощность отложений IO-I2 м.

Тульский горизонт (C_I^{tul}) представлен песчаными отложениями в нижней части и глинистыми отложениями с пропластками угля и известняка в верхней части. Средняя мощность отложений IO-I5 м.

Мезозойские отложения /M z/ имеют локальное распространение. Представлены темно-серыми глинами и буровато-желтыми кварцевыми песками. Средняя мощность отложений 3-4 м.

Четвертичные отложения / Q / представлены локально супесями и повсеместно покровными и карбонатными лессовидными суглинками средней мощностью 3-5 м.

Покровные суглинки, тяжелосуглинистые по механическому составу, бурого или буровато-желтого цвета. До глубины I,5-2,0 м от поверхности почвы затронуты процессом почвообразования. На них образовались серые и светло-серые лесостепные почвы, местами темно-серые лесостепные почвы.

Лессовидные суглинки тяжелосуглинистые по механическому составу, желтовато-бурого и палевого цвета, обусловленного содержанием карбонатов кальция. На карбонатных лессовидных суглинках сформировались оподзоленные черноземы и черноземы различной степени выщелоченности.

Отбор образцов на агрохимический анализ из пород вскрышной толщи проводят со строгой привязкой их к геологическим материалам.

На практик проектируемых к открытой разработке месторождениях отбор проб проводится геологами при разведочном бурении или при доразведке. На действующих разрезах пробы пород вскрыши отбираются геологами с борта вскрышной траншеи.

В том и в другом случае для отбора образцов необходимо выделить не менее 3 типичных для данного угольного разреза геологических профиля с тем, чтобы они характеризовали все основные породы вскрыши.

Выделенные по профилям основные горизонты следует охарактеризовать по следующим признакам: возраст породы, глубина залегания, мощность данного горизонта, его цвет и механический состав, количество и характер включений, характер обводненности горизонта в естественном залегании /до начала разработки/. Одновременно с описанием из каждого горизонта, включая верхний почвенный слой и почвообразующую породу, берут образцы на агрохимический анализ. Каждый отобранный образец должен иметь точную привязку к геологическим координатам (к разрезам и скважинам геологической сетки). Образцы отбираются в мешочки по 0,5-0,7 кг и отправляются на анализ в инженерно-геологические или агрохимические лаборатории для обработки.

Подготовка и анализ образцов проводится в основном по общепринятым в Советском Союзе методикам, в некоторых анализах с небольшими изменениями и дополнениями (см.приложение I).

Прежде всего проводятся анализы, характеризующие породы с точки зрения их пригодности для произрастания растительности:

Определяются подвижные формы фосфора и калия, общий азот по Кьельдалю, гумус по Тюрину, степень насыщенности основаниями.

Особое внимание необходимо обратить на изучение активной кислотности, с последующим определением в образцах с pH < 5 обменной кислотности по прилагаемой методике (приложение I).

Для характеристики пород проводят также определение их механического состава (методом Н.А.Качинского) и удельного веса. Наиболее полно методы агрохимического анализа

вскрышных пород отражены в книге "О единой методике почвенных исследований для картирования грунтов отвалов" /IO/. После проведения всех видов анализов породы классифицируются по группам в зависимости от пригодности их для биологического освоения /приложение 2/. Методы составления такого рода классификаций освещены в работе В.Гнабе /I2/, С.Штыса /I4,I5/, А.И.Савича, В.Н.Чеклиной /8/. На основании геологических материалов и агрохимической классификации вскрышных пород составляют картосхемы распределения их по площади месторождения /С.Штыс - I96I /I4/, Н.М.Забелина, I967 г. /2/.

С этой целью распределение выделенных по агрохимическим показателям групп вскрышных пород отмечается на имеющихся графических материалах разрезов. Это позволяет в каждой конкретной точке участка получить характеристику залегания агрохимических групп горных пород, что в свою очередь даст возможность определить наиболее целесообразную технологию вскрышных работ с учётом обеспечения последующей рекультивации. Поскольку наибольший интерес обычно представляют глубины и мощности залегания фитотоксичных или других непригодных для освоения пород, эти показатели наносятся на планы горных работ в виде изолиний и таким образом выделяются ареалы распределения соответствующих групп пород. Например, выделение ареалов процентного содержания фитотоксичных пород к мощности всей вскрышной толщи на ряде участков Ушаковского и Кимовского угольных разрезов позволило составить обоснованные рекомендации по видам биологического освоения для каждого участка в отдельности и выделить площади, для которых селективное формирование отвалов является с точки зрения возможности проведения последующей рекультивации обязательным(5).

В/ Особенности рекультивации старых отвалов.

В настоящее время в результате проводившихся ранее работ по добыче полезных ископаемых открытым способом имеются значительные площади отвалов, отсыпанных без учета требований рекультивации. В частности, такие отвалы с вынесенными на поверхность фитотоксичными породами есть на Ушаковском и Кимовском угольных разрезах, на Суворовском месторождении огнеупорных глин. Особенно они распространены на Ушаковском разрезе, где мощность фитотоксичных пород во вскрышной толще доходит до 40-60% и таким образом почти вся поверхность сформированных отвалов оказывается покрытой слоем фитотоксичных пород.

Лесокультуры, высаженные на таких площадях без предварительной химической мелиорации, полностью погибли. Практикуемое в настоящее время на ряде участков нанесение на фитотоксичные породы чернозёмного слоя мощностью до 40 см также не даёт положительных результатов, о чём свидетельствуют исследования, проведённые в Центральной лаборатории охраны природы, по выявлению влияния фитотоксичной супеси на свойства чернозёма.

В этом случае чернозём, покрывающий фитотоксичную супесь, постоянно находится под воздействием раствора, имеющего pH около 2,0 и содержащий большое количество ионов железа и алюминия. Водородные ионы и ионы алюминия вытесняют обменные кальций и магний из поглощающего комплекса чернозема. Это приводит в конечном итоге к уменьшению количества обменного кальция и магния и увеличению количества обменного водорода и алюминия, что ухудшает свойства чернозема, резко снижает его плодородие. Перед нанесением на отвалы, сложенные фитотоксичными породами, черноземного слоя для сельскохозяйственного их освоения или перед осуществлением лесопосадочных работ необходимо провести химическую мелиорацию отвалов с целью нейтрализации кислотности и вредных для растений соединений алюминия

и железа.

Существует несколько способов химической мелиорации фитотоксичных сульфидосодержащих пород, разработанных немецкими исследователями из ГДР, где на открытых буроугольных разработках имеются условия, сходные с Подмосковным бассейном /46/,

I. Метод Бёлен /по Брюнингу/ - мелиорация известью с последующим внесением удобрений и возделыванием мелиоративных культур.

2. Метод Домсдорф - мелиорация с помощью буроугольной золы, с содержанием CaO более I5% и серы менее 4%.

3. Метод Койне - промывание сточными промышленными фенольными водами с высоким содержанием питательных веществ для растений.

4. Применение для нейтрализации бытовых отходов.

Наиболее эффективными признаны первые два метода. Поскольку в условиях Подмосковного бассейна использование буроугольной золы не желательно, вследствие обедненности CaO и высоким содержанием серы, остается известкование. Одним из важнейших условий успешного проведения мелиорации является правильная дозировка извести, соответствующая грунтовым условиям. Обычно применяемые в сельском хозяйстве методы расчета нейтрализующих доз извести по обменной и гидролитической кислотности в данном случае оказываются непригодными, поскольку в постоянно окисляющихся фитотоксичных грунтах наряду с активной и потенциальной /обменной и гидролитической/ кислотностями существует постоянный источник пополнения грунта добавочной кислотностью в виде еще неокисленной сульфидной серы. Кроме того, эти показатели значительно варьируют в зависимости от температурных условий и влажности грунта.

Только в сильно окисленных грунтах обменная кислотность может служить показателем потребности их в нужном количестве известковых материалов.

Универсальными и наиболее правильными методами расчета нейтрализующих добавок извести для сульфидосодержащих фитотоксичных грунтов являются методы, учитывающие все формы и источники грунтовой кислотности /см.приложение № 4/. Для химической мелиорации следует применять тонко размолотую известь, которая должна быть тщательно перемешана с мелиорированным слоем грунта.

Разгрузка известковых материалов производится с автомашины, свободно передвигающейся по разравненной поверхности отвалов. Распределение извести по площади в пределах скоплений фитотоксичных горных пород производится вручную. Для внесения извести можно рекомендовать методику, разработанную исследователями ГДР для нейтрализации третичных грунтов буроугольных отвалов, близких по своим фитотоксичным свойствам отвальным грунтам Подмосковного бассейна.

При мелиорации известью немецкие ученые /I0/ рекомендуют стремиться к возможно более глубокой ее заделке. Глубокая заделка извести может осуществляться болотным плугом или сконструированным из лущильника специальным орудием.

Сначала известь с помощью сельскохозяйственных орудий перемешивается с почвой до глубины примерно 20 см, затем участок обрабатывается болотным плугом. Первый корпус плуга сбрасывает мелиорированный пласт в плужные борозды, в то время, как следующий за ним большой корпус плуга перекрывает мелиорированный материал исходной грунтосмесью. Этот покровный слой во время второго гона перемешивается с известью. Таким образом, удается произвестковать слой глубиной 50 см.

По данным наших исследований перспективным для нейтрализации фитотоксичных пород является метод перекрытия их экранирующим слоем карбонатного лессовидного суглинка перед нанесением черноземного слоя. Данные опыта находятся в стадии проверки.

Зарубежный опыт показывает, что известкование токсичных грунтосмесей целесообразно совмещать с промывкой их и глубоким рыхлением. Вода для промывки подается на отвалы по системе водоотлива из водопонизительных скважин, расположенных вдоль нерабочего борта карьера на значительном удалении от траншеи. Промывка способствует удалению значительной части токсичных продуктов из поверхностного слоя, что позволяет снизить норму известкования и повысить эффективность реакции нейтрализации. Для повышения биологической активности грунтосмесей на отвалы, расположенные вблизи населённых пунктов, вместе с водой подаются бытовые, кухонные отходы.

Большое значение для успешного сельскохозяйственного и лесохозяйственного освоения отвалов имеет рациональное оформление их рельефа, осуществляемое на горнотехническом этапе рекультивации.

В Подмосковном бассейне отвалы разравниваются экскаватором, затем проводят планировку поверхности бульдозером. При разравнивании и планировке поверхности происходит некоторое ухудшение воднофизических свойств грунтосмесей в результате их уплотнения, о чём имеются свидетельства в литературе. Однако это уплотнение не столь чрезмерно, чтобы полностью препятствовать росту растений, особенно в условиях преобладания на отвалах грунтов легкого механического состава, последнее нередко имеет место в Подмосковном бассейне.

В ряде случаев после разравнивания отвалов, отсыпанных по бестранспортным системам, создается поверхность, чрезвычайно разнородная по форме рельефа. Возникают значительно завышенные над дневной поверхностью террасы внешних отвалов, поверхность же внутренних отвалов, отсыпанных на дно карьера, часто оказывается под непосредственным воздействием грунтовых вод. Выемка последней заходки, которая обычно не засыпается грунтом, после прекращения откачки воды из карьера оказывается заполненной грунтовыми водами. Разнообразие форм рельефа заставляет подходить к рекультивации таких территорий комплексно, стремиться создавать на них наиболее целесообразный ландшафт, не ограничиваясь созданием только пашен или лесов.

Правильное формирование и разравнивание отвалов должно обеспечить наиболее удобный рельеф, устойчивость к просадкам и эрозии, возможность применения сельскохозяйственных машин и других механизмов. Как показали наблюдения на 4-м Кимовском участке, в результате проседания и вследствие усадки и сложной конфигурации отвалов оказалось невозможным использовать при механизированной лесопосадке 17% площади, а на внутренних отвалах 2-го Ушаковского участка - до 60%.

Рациональное оформление отвалов является основой для повышения качества работ по восстановлению плодородия опустошенных земель, а также даёт большую экономию расходов: по форме следует отдавать предпочтение крупным отвалам с основанием, максимально приближающимися к форме квадрата.

Откосы отвалов должны быть уположены. Не допускается крутизна откосов отвалов выше следующих максимальных величин:

Высота отвала в м	Крутизна откоса отвалов
20	I : 3,5
40	I : 5
60	I : 6,5
80	I : 7
I00	I : 9

Отвалы не должны иметь откосы круче чем I:3 при глинистом составе и I:4 при песчаном.

При хозяйственном использовании крутизна откосов не должна превышать I:3, если отвалы предназначены для облесения, и I:5, если они будут использоваться под садоводство. Для сельскохозяйственного использования поверхность отвала должна быть ровкой с небольшим односторонним уклоном в пределах 3-5^0 для стока избыточных атмосферных осадков. Поверхность его необходимо спланировать так, чтобы имелась возможность применения тяжёлой сельскохозяйственной техники. В случае облесения отвала может допускаться его слабоволнистая поверхность, но без местных бессточных понижений. Возможно террасирование отвала.

Планировка террасами применяется на откосах и сложных участках рельефа отвалов. Размеры террас должны обеспечивать максимальную механизацию лесокультурных работ. Для предотвращения эрозии и лучшего накопления влаги террасам придают поперечный уклон I,5-2 градуса в сторону вышележащей террасы.

При озеленении крутых откосов отвалов и терриконов рекомендуется создавать горизонтальные или диагональные к склону небольшие террасы шириной 0,5-I м, посадка леса на которых производится вручную. У подножия бортовых отва-

лов проводится нагорная канава для задержания продуктов эрозии с отвалов и отвода паводковых вод.

Поверхность отвалов следует покрывать наиболее плодородными грунтами, снимаемыми во время вскрышных работ в соответствии со шкалой классификации грунтов по плодородию и пригодности их для освоения. Планировка проводится в 2 этапа, сначала общая, через I-2 года окончательная. Полная стабилизация отвалов происходит через I5-20 лет, но наибольшая усадка - в первые 2 года. Высота отвала для сельскохозяйственного освоения не должна превышать 2 м над общим уровнем поверхности.

Для предотвращения заболачивания восстанавливаемой территории окончательные отметки поверхности отвалов должны быть выше уровня грунтовых вод, существовавшего до начала разработок карьерного поля, не менее чем на I-2 м. Если этого нельзя обеспечить по горно-техническим условиям, проводятся дренажные работы.

В. Оценка пригодности поверхностного слоя разровненных отвалов для биологической рекультивации.

Многие из существующих разровненных отвалов в Подмосковном бассейне, а также вновь отсыпанные отвалы, особенно на угольных разрезах, имеют и будут иметь значительные площади скоплений токсичных сульфидизированных грунтов (таблица I). На разровненной поверхности такие скопления проявляются в виде бурых маслянистых пятен - зон наиболее энергичного окисления пирита. Однако площадь непригодных для растительности скоплений горных пород оказывается значительно большей, чем видимые маслянистые пятна. Цвет токсичных грунтов часто скрадывается общим серым оттенком грунтосмеси особенно в сырую погоду.

На разровненных территориях отвалов буроугольных разработок можно выделить три типа грунтосмесей по токсичности для растений.

I. Слабо токсичные - содержание токсичных сульфидизированных горных пород до 20% объема поверхностного слоя.

2. Токсичные - содержание токсичных пород от 20 до 40%.

3. Сильно токсичные - содержание токсичных пород более 40-50%.

При содержании в грунтосмесях фитотоксичных пород более 40-50% по объему они оказываются полностью непригодными для произрастания растительности /тип сильно токсичных грунтосмесей/.

При содержании токсичных пород от 20 до 40% растения в испытываемых лесокультурах отличались замедленным ростом и крайне неравномерным развитием /тип токсичных грунтосмесей/.

Неравномерность в развитии отдельных саженцев обусловлена хаотичным распределением фрагментов фитотоксичных пород в поверхностном слое отвалов. Приживаемость и рост лесных пород затрудняются не только токсичностью горных пород, но и неблагоприятными водно-физическими свойствами грунтосмеси, а также почти полным отсутствием в ней питательных веществ. Поэтому на протяжении ряда лет /3-5 лет/ после посадки культуры выглядят сильно ослабленными.

Наиболее пригодными для роста и развития растений являются грунтосмеси, в которых преобладают потенциально-плодородные горные породы и грунтосмеси с содержанием фитотоксичных пород не более 20% по объему /тип слабо токсичных грунтосмесей/.

Оценку пригодности грунтосмесей для биологического освоения в зависимости от наличия токсичных грунтов можно проводить по разработанной в Центральной лаборатории охраны природы методике /приложение 3/.

В условиях Подмосковного бассейна подразделение грунтосмесей старых отвалов по их токсичности положено в основу оценки пригодности разрозненной территории отвалов для биологической рекультивации. Однако при этом следует учитывать также и соотношение горных пород по принадлежности к той или иной группе агрохимической классификации (приложение 2).

На основе перечисленного выделяются следующие виды разровненных территорий отвалов:

I. Территории полностью пригодные к биологическому освоению. Грунтосмеси состоят из грунтов I и II групп. При преобладании в них почвенного слоя могут быть использованы непосредственно под посевы сельскохозяйственных культур с применением мелиоративных севооборотов (см.сельскохозяйственная рекультивация). При лесной рекультивации здесь могут быть высажены хозяйственно ценные породы.

2. Территории пригодные к биологическому освоению. В грунтосмесях поверхностного слоя первого типа по токсичности преобладают горные породы III и II групп с включением палеозойских сульфидизированных пород не более 20% по объёму. Такие территории могут быть непосредственно облесены хозяйственно-ценными лесными породами или перекрыты почвенным слоем. Мероприятия по химической мелиорации здесь не потребуются.

3. Территории малопригодные к биологическому освоению. Поверхностный слой представлен грунтосмесями второго типа по токсичности, состоящих в основном из горных пород III у группы с включением палеозойских горных пород до 40%

по объему. Скопления фитотоксичных грунтов должны быть подвергнуты химической мелиорации /частичная химическая мелиорация/, а затем облесению с применением сидератов и почвоулучшающих древесных подготовительных культур. При сельскохозяйственном использовании нанесение почвенного слоя на такие территории возможно также только после проведения частичной химической мелиорации фитотоксичных горных пород.

4. Территории полностью непригодные для биологического освоения. В грунтосмесях преобладают горные породы IУ группы /более 40-50%/. Такие территории должны быть подвергнуты полной химической мелиорации по описанному выше методу; как для облесения, так и перед нанесением плодородного слоя при сельскохозяйственном освоении.

На обследованных участках Ушаковского углеразреза, как видно из данных таблицы I, преобладают малопригодные и непригодные территории. На 4-м Кимовском участке к биологическому освоению пригодно около 70% территории разровненных отвалов.

П. Сельскохозяйственная рекультивация.

Сельскохозяйственная рекультивация в Подмосковном бассейне, как и в других районах страны, может проводиться в следующих основных направлениях:

I. Создание на отвалах пахотных угодий.

2. Создание сенокосов и пастбищ.

3. Садоводство.

4. Использование водоёмов для разведения рыбы и водоплавающей птицы.

Сельскохозяйственной рекультивации отдаётся обычно предпочтение в районах с распространением на местах разработок плодородных и ценных в сельскохозяйственном

отношении почв, которые могут быть сохранены и использованы при дальнейшей рекультивации, а также в районах с большой плотностью населения и наиболее острым дефицитом в сельскохозяйственных угодьях и сельскохозяйственной продукции.

Создание на отвалах пахотных угодий, сенокосов и пастбищ предусматривает обязательное тщательное разравнивание поверхности отвалов, проведение повторной планировки поверхности и ликвидацию просадок через I-2 года после первого разравнивания.

В дальнейшем сельскохозяйственное освоение может идти двумя путями: с нанесением гумусного почвенного "растительного" слоя и без нанесения почвы. Последнее возможно только в тех случаях, когда поверхность отвалов состоит из плодородных лессов или лессовидных суглинков, смешанных с почвенным слоем. Хорошие результаты по сельскохозяйственному освоению лессов и лессовидных суглинков получены в ФРГ, на Украине. В Подмосковном бассейне такими по составу грунтов иногда оказываются поверхности некоторых внешних отвалов, образованных в результате первой заходки экскаватора. В большинстве же случаев освоение отвалов под пашни оказывается возможным только при условии нанесения на тщательно разровненную поверхность отвалов гумусного почвенного слоя мощностью не менее 0,4-0,5 м после усадки. Почвенный слой для нанесения на отвалы вывозится непосредственно с места разработок или из временных почвенных отвалов, в которые он был сложен при селективном снятии его с разрабатываемых площадей.

Временные отвалы с сохраняемой почвой до использования её на восстанавливаемых площадях должны быть компактно сформированы. Если нанесение почвенного слоя задерживается, рекомендуется временные почвенные отвалы в течение

2-3 лет использовать под травосмеси для предотвращения размыва и зарастания сорняками. Это также улучшит физико-химические свойства поверхности отвала и поможет сократить потери складируемого почвенного слоя.

Перед нанесением почвы на поверхность рекультивируемого отвала его следует вспахать или же разрыхлить почвоуглубителем, что должно способствовать лучшему соединению нанесенной почвы и подстилающей породы, а также облегчит проникновение корней растений в подпочвенный слой.

Подготовленные к освоению площади необходимо сразу же использовать, чтобы не дать развиться на них сорной растительности.

Дальнейшее сельскохозяйственное освоение идет в два этапа: на первом этапе осуществляют мероприятия по восстановлению и улучшению плодородия насыпных почв /или созданию плодородия лессовых грунтов/ при помощи выращивания нетребовательных к почвенным условиям сельскохозяйственных растений, устойчивых в борьбе с болезнями и сорняками, производящими большое количество надземной и корневой массы, обогащающими почву органическим веществом и улучшающими её структуру. Это так называемая мелиоративная стадия. На втором этапе используются сельскохозяйственные культуры, дающие определённый сельскохозяйственный эффект (рожь, ячмень, кукуруза, картофель) с одновременным проведением мероприятий по улучшению плодородия почвы.

В качестве мелиоративных растений, использующихся в чистых культурах и смешанных посевах, для Подмосковного бассейна можно рекомендовать следующие виды: люцерну синегибридную, люцерну жёлтую, люпин многолетний, люпин однолетний жёлтый, донник, лядвенец рогатый, клевер красный, клевер шведский, овсяницу луговую, ежу сборную, костер без-

остый.

В первые годы освоения отвалов хорошие результаты на опесчаненых субстратах дали посевы донника, люпина желтого, на суглинистых - люцерны синегибридной. Улучшению плодородия почв на отвалах способствует возделывание многолетних злаков - бобовых травосмесей, поскольку действие корневых систем бобовых проявляется в глубоких слоях, а злаков в поверхностном (в слое 0-20 см сосредоточено 65-90% всей корневой массы злаков). Для 2-х летнего пользования смесь составляется в соотношении: 70% бобовых, 30% злаковых, для 5-6 летнего пользования 40% - бобовые, 60% злаковые.

При освоении отвалов под пашни с нанесённым почвенным слоем в первые годы применяются так называемые мелиоративные севообороты.

В качестве примера можно привести два таких севооборота.

I		II	
Год	Культура	Год	Культура
I-й	Бобово-злаковая смесь	I-й	Покровная культура с подсевом люцерны или ее смеси со злаками.
2-й	Бобово-злаковая смесь с запашкой	2-й	Люцерна или смесь люцерны со злаками.
3-й	Повторный посев 2-летней бобово-злаковой смеси	3-й	Т о ж е
4-й	Бобово-злаковая смесь с запашкой	4-й	Т о ж е
5-й	Картофель	5-й	Бобово-злаковая смесь.
6-й	Рожь	6-й	Озимые культуры.
7-й	Переключение на обычный севооборот	7-й	Пропашные культуры.
		8-й	Переключение на обычный севооборот

На время проведения мелиоративных севооборотов /5-8 лет/ рекультивируемые земли числятся в хозяйствах в стадии мелиоративной подготовки.

Обработка нанесенного на поверхность отвалов почвенного слоя и посев с.-х. культур на этих площадях производится в соответствии с общепринятыми приемами агротехники с обязательным внесением повышенных доз органических и минеральных удобрений, а при высокой кислотности почв - с известкованием. В связи со специфическими условиями отвалов, где наблюдается большой дефицит влаги, сдувание и быстрое таяние снегового покрова, необходимо особенно тщательно проводить мероприятия по снегозадержанию и сохранению влаги в почве. Посев сельскохозяйственных культур в этих условиях обычно осуществляется в более ранние сроки, чем на естественных почвах /на I-I,5 недели/ с полуторной нормой высева против нормальной.

Конкретные дополнительные меры по улучшению плодородия рекультивируемых земель и наиболее целесообразное чередование культур в севообороте определяются агрономами в зависимости от специфики местных условий.

При сенокосно-пастбищном использовании отвалов следует с особой осторожностью относиться к пастьбе скота. Пастбищное использование возможно только после предварительного проведения не менее 4-5 летнего сенокосного использования. После создания пастбищной травосмеси с большей ролью низовых пастбищных злаков, пастьба скота может допускаться в ограниченные сроки со строгим соблюдением пастбищного режима по загонной системе с тем, чтобы не допустить разрушения еще слабой дернины.

На отвалах, расположенных вблизи от населенных пунктов и сложенных благоприятными, не фитотоксичными породами, возможно выращивание плодово-ягодных культур. В зарубежной

практике при посадке на отвалах с внесением чернозема в посадочную яму хорошие результаты получены при выращивании вишни, сливы, груши, смородины. Наиболее пригодными на отвалах оказались полуштамбовые, низкоствольные, а также карликовые формы.

В карьерах, не заполненных горной породой, - возможно сооружение водоемов различного назначения. С этой целью борта карьера и прилегающие откосы отвалов выполаживаются до проектного положения берегов водоема и осуществляются все необходимые мероприятия по поддержанию в нем расчетного уровня воды. Вода в таких водоемах должна отвечать санитарным нормам. Если борта выемки сложены из фитотоксичных горных пород, то их необходимо либо перекрыть нетоксичными грунтами, либо создание водоема признается нецелесообразным, т.к. вода в нем будет отравлена продуктами выщелачивания фитотоксичных пород.

Водоемы могут служить для разведения рыбы или в качестве базы для разведения гусей и уток.

В ряде случаев близ населенных пунктов возможно будет целесообразным, сочетая водоемы и лесонасаждения на отвалах, создать зеленые зоны отдыха для населения.

Ш. Лесная рекультивация.

В зависимости от местных условий в соответствии с территориальной ландшафтной планировкой района разработок на отвалах создаются лесонасаждения различного назначения. Это могут быть крупно-массивные лесонасаждения из хозяйственно ценных лесных пород, а также полосные или куртинные насаждения противоэрозионного, водорегулирующего, ветрозащитного характера. Вблизи населенных пунктов на отвалах следует создавать лесонасаждения паркового типа и зеленые зоны.

Лесорастительные условия на отвалах угольных и других разработок в Подмосковном бассейне, как отмечалось выше, определяются физико-химическими свойствами грунтосмесей и в основном степенью их токсичности. На основе этого признака строятся рекомендации по подбору типов лесных культур.

Проект лесных культур на отвалах должен составляться на основе заключения о пригодности грунтосмесей поверхностного слоя отвалов для биологической рекультивации (приложение № 3). Рекомендации по подбору типов лесных культур даются по преобладающему типу грунтосмесей, в основе которых лежит признак токсичности. Если на разровненной территории выделяемые группы грунтосмесей занимают значительные по площади и компактные по форме участки поверхности, не менее 2-3 га (сменная производительность лесопосадочного агрегата), типы лесных культур подбираются отдельно к каждому выделенному типу грунтосмесей. Скопления токсичных горных пород площадью менее I-2 га в группе малотоксичных грунтосмесей мелиорируются отдельно и засаживаются ольхой.

Форму и состав лесных культур необходимо проектировать с учётом особенностей рельефа подготовленной поверхности отвалов. На выположенных склонах и террасах, состоящих из малотоксичных грунтосмесей, следует создавать несколько 4-5 рядных водорегулирующих полос продуваемой конструкции с разрывами 5-I0 м и краевой опушкой из кустарников. В качестве главных пород можно применять березу, тополи, сопутствующих - ольху серую, клен ясенелистный (особенно на резко выраженных формах рельефа); из кустарников - смородину золотистую, жимолость татарскую, акацию жёлтую. Необходимо обязательно заложить одну - две таких полосы по верхней бровке отвала.

Водорегулирующие полосы могут иметь следующую структуру:

1 - К - К - К - К - К
2 - Г - К - Г - К - Г
3 - С - С - С - С - С
4 - К - Г - К - Г - К
5 - С - С - С - С - С

где К - кустарники, Г - главная порода, С - сопутствующие.

Густота в крайних /внешних/ рядах 0,5 м, в прочих - 0,6 - 0,7 м, между рядами 2,5 м.

На плоских участках рельефа выровненных отвалов закладывают массивные лесонасаждения. На отвалах, состоящих из пригодных и биологическому освоению грунтосмесей, создают насаждения из главных лесообразующих пород /сосна, лиственница, дуб и др./, имеющих высокую хозяйственную ценность. Помимо мелиоративной и почвозащитной роли эти насаждения закладывают с целью последующего интенсивного лесопользования.

На малопригодных и непригодных к непосредственному биологическому освоению территориях, состоящих из токсичных грунтосмесей выращивание леса возможно только с применением эффективных мер по коренной химической мелиорации грунтов. Создаваемые в таких условиях насаждения имеют мелиоративное подготовительное значение, роль их в предохранении поверхностного слоя отвалов от эрозии и создании лесорастительных условий. Эти насаждения создаются из неприхотливых и быстрорастущих древесных и кустарниковых пород, устойчивых к повышенному засолению или высокой кислотности грунтов.

Цель подготовительных насаждений - создание лесной среды на отвалах, обогащение грунтов питательными веществами, водорегулирующая и почвозащитная роль. Особое положение в этом отношении занимают ольха серая и чёрная. Мелиорирующая роль этих древесных пород заключается в способности фиксировать атмосферный азот и тем самым обогащать грунты элементами азотного питания, недостаток которых является

одним из основных ограничивающих рост растений факторов на отвалах. Эта порода имеет богатый легко минерализуемый листовой опад. Ольха имеет развитую корневую систему; легко приживается и успешно растет на бедных грунтах самого различного механического состава - от песков до тяжелых суглинков.

В опытах 1966-1968 гг. на произвесткованных сильно токсичных грунтосмесях ольха успешно прижилась и приростала интенсивнее других пород таких как тополь душистый, тополь московский, береза бородавчатая.

Естественно, что ольха должна широко вводиться в состав лесокультур на отвалах и составлять основу мелиоративных насаждений. Впоследствии по мере возникновения лесной среды и устранения токсичности мелиоративные подготовительные лесонасаждения реконструируют путём введения в состав главных лесообразующих пород. Мелиорирующая роль ольхи, как показали чехословацкие учёные в опытах по облесению глинистых терриконов, заметно сказывается уже в трёх - четырёх летнем насаждении.

При подборе типов лесных культур для облесения отвалов в Подмосковном бассейне желательно руководствоваться придержками, указанными в таблице 2.

Размещение во всех типах лесокультур можно принять одинаковым 2,5 м в междурядьях и 0,7-0,8 в рядах, которые обеспечивают оптимальную густоту насаждения и возможность механизации работ по уходу за саженцами.

Следует создавать смешанные насаждения из одной или двух главных пород. Наиболее оптимальное соотношение между главными, сопутствующими породами и кустарниками, обеспечивающее биологическую устойчивость насаждения, должно равняться соответственно 60% главной породы, 20-30% сопутствующей, 10-20% кустарников.

Типы лесных культур для облесения отвалов в Подмосковном бассейне

Оценка пригодности разровненной территории к биологическому освоению	Преобладающий тип грунтосмеси по токсичности	Тип лесных культур	Подбор лесных пород		
			Главные	Сопутствующие	Кустарники
I	2	3	4	5	6
I. Полностью пригодные	Потенциально-плодородные, нетоксичные	Хозяйственно-мелиоративный	дуб летний, дуб черешчатый, лиственница сибирская, сосна обыкновенная, береза бородавчатая, тополи.	липа мелколистная, груша лесная, ольха серая, клен остролистный, вяз обчкновенный.	вишня степная, лещина, смородина золотистая, жимолость татарская, боярышник, ивы, акация желтая, клен татарский, терн.
II. Пригодные.	Малотоксичные	-"-	сосна обыкновенная, тополи, береза бородавчатая.	ольха серая, вяз обыкновенный, клен татарский, клен ясенелистный /на склонах/.	Т е ж е

I	2	3	4	5	6
Ш. Малопригодные.	Токсичные	Мелиоративные - подготовительные	тополи, береза бородавчатая, ольха серая, сосна обыкновенная.	ольха серая, акация желтая.	смородина золотистая.
IУ. Непригодные.	Сильно токсичные.	-"-	ольха серая, тополи.	-	-

Главные породы следует смешивать полосами /4-5 рядов/ или кулисами. Сосновые насаждения можно создавать чистыми. Из тополевых рекомендуются тополь душистый, тополь бальзамический, тополь московский и другие.

Обязательным условием для всех типов лесокультур, выращиваемых на отвалах, является подготовка поверхностного слоя по системе сидерального пара с люпином или донником. Больше того, в первые 3-4 года роста лесокультур особенно сосновых, на отвалах следует производить посев донника в междурядьях, который развивает мощный стержневой корень и высокий стебель, что способствует лучшему распределению влаги в поверхностном слое отвалов, способствует снегозадержанию, предохраняет саженцы от дефляции и, что самое главное, обеспечивает азотное питание саженцев.

Прирост сосны в посадках на отвалах под защитой донника, посеянного в междурядьях, оказался почти в два раза

большим, чем на незащищенных участках.

Система сидерального пара включает следующие операций:

I/ внесение удобрений /компост, суперфосфат, калийная соль/;

2/ безотвальная вспашка на глубину 22 см с доуглублением до 35 см;

3/ двухкратное боронование;

4/ посев семян люпина и донника с обработкой семян нитрагином;

5/ прикатывание посевов;

6/ запашка сидератов и удобрений.

Целесообразно при создании сосновых лесокультур провести глубокое безотвальное рыхление. Посадку следует производить двухлетними саженцами хвойных пород и однолетними лиственных пород. Тополи следует сажать укоренившимися черенками. Необходимо учитывать, что на отвалах в большинстве случаев создаются весьма неблагоприятные условия для роста лесной растительности. Поэтому успех лесокультур на отвалах в значительной мере зависит от обеспечения высокой приживаемости лесных пород. Процесс приживаемости, связанный с необходимостью перестраивания корневых систем под влиянием обломков токсичных пород в корнеобитаемом слое, растягивается на 3-5 лет. В течение всего этого срока /5 лет/ необходимо проводить уход /3-4 разовый/ в рядах, а в междурядьях производить посев многолетних бобовых трав, как указывалось выше. В этот же срок следует

производить пополнение лесных культур одновременно с химической мелиорацией скоплений фитотоксичных грунтов. На токсичных грунтосмесях пополнение может составить 40-50% общего количества высаженных сеянцев.

Приложение I.

МЕТОДИКА НЕКОТОРЫХ АНАЛИТИЧЕСКИХ РАБОТ.

I. Определение кислотности /pH/.

Образец грунта, взятый из угольного карьера, высушивается до воздушно-сухого состояния, растирается в ступке и пропускается через сито с отверстиями диаметром в I мм. Определение кислотности проводится на 20 день после растирки образца, в хлоркалиевой вытяжке при соотношении грунта к воде как I:2,5.

Проверяют pH раствора потенциометром или калориметрическими шкалами с начальной отметкой шкалы I pH.

Примечание: прибор Алямовского для определения кислотности во вскрышных грунтах не пригоден, т.к. грунты надугольной толщи могут иметь кислотность ниже 4 pH.

Проведение определения: отвешивают на технических весах 20 г воздушно-сухого грунта и помещают в сухую чистую колбу емкостью I00 мл. Приливают 50 мл I,0 н раствора KCI, закрывают чистой пробкой и энергично встряхивают. Колбу оставляют стоять на I8-24 часа. По истечении срока отстаивания верхнюю прозрачную часть раствора сливают и определяют pH.

Реактивы:

I,0 н раствор KCI с pH 5,6-6,0. Отвешивают на весах 75 г KCI /ч.д.а. или ч./ и растворяют примерно в 300-400 мл воды, фильтруют в мерный цилиндр и доводят раствор водой до объема I л. Переносят раствор в склянку, перемешивают и проверяют pH индикатором Алямовского. Если pH меньше 5,6, раствор подщелачивают несколькими каплями KOH; если pH больше 6,0, раствор подкисляют соляной кислотой и таким путём доводят pH до заданной величины.

2. Определение обменной кислотности и подвижного алюминия по А.В.Соколову.

В грунтах с pH ниже 5 проводят определение обменной кислотности и подвижного алюминия.

Выполнение определения: через 20 дней после растирки образцов грунта на технических весах отвешивают 100 г грунта, пропущенного через сито с отверстиями диаметром 1 мм, и помещают в склянку емкостью 500 мл. Приливают 250 мл 1,0 н раствора KCl; взбалтывают 1 час /часовое взбалтывание можно заменить суточным отстаиванием раствора/, после чего фильтруют через сухой беззольный фильтр.

Перед тем, как приступить к анализам, следует провести качественное испытание фильтрата на содержание железа.

Берут в пробирку 5 мл фильтрата, подкисляют его 2-3 каплями 10% HCl, хорошо перемешивают и добавляют сульфосалициловой кислоты на кончике стеклянной лопаточки. Появление лиловой окраски указывает на наличие окисного железа. Затем в эти же пробирки добавляют для окисления закисного железа 2-3 капли пергидроля /30% перекиси водорода/. Появление окраски в неокрашенных фильтратах или увеличение интенсивности окраски в окрашенных, говорит о наличии в фильтрате закисного железа. При большом содержании закисного железа определение обменной кислотности ведется другим методом /методику см.ниже/.

После качественной реакции на железо, из фильтрата берут пипеткой три пробы; одну на определение общей кислотности, вторую на определение подвижного алюминия от 5 до 50 мл каждая в зависимости от количества железа и кислотности /pH/ и третью при наличии железа от 50 до 10 мл в зависимости от количества железа.

Кипячение раствора не производить, так как имеющееся в растворе железо выпадает в осадок при кипячении и результаты обменной кислотности занижаются.

В одну колбочку для определения общей кислотности прибавляют 2-3 капли фенолфталеина и титруют холодный раствор 0,01 н раствором NaOH до слаборозовой окраски, не исчезающей в течение 1 мин. При содержании в растворе большого количества железа при добавлении щелочи начинают выпадать хлопья полуторных окислов, поэтому титрование таких растворов необходимо вести осторожно, окраску раствора проверять после осветления верхней части от хлопьев. Пошедшее на титрование этой пробы количество щелочи соответствует суммарному содержанию $H^+ + Al + Fe$ во взятом объёме вытяжки, т.е. её общей обменной кислотности.

Вычисление величины обменной кислотности производят следующим образом:

а . Н . К . 1,75 = обменная кислотность в мгэкв на 100 г грунта,

где а - количество мл щелочи, пошедшее на титрование;
Н - нормальность щёлочи;
1,75 - поправка на неполноту вытеснения H^+;
К - коэффициент разведения, равный частному от деления всего объёма фильтрата в мл на объём фильтрата, взятого на определение.

В другую колбочку прибавляют от 7 до 10,5 мл 3,5% раствора фторида натрия для связывания алюминия и железа в комплексный ион. (Для связывания в комплекс больших количеств железа и алюминия, переходящих в фильтрат, недостаточно 3,5 мл фторида натрия, а при неполном связывании железа в комплекс результаты по алюминию получаются зани-

женными).

Содержимое колбочки хорошо перемешивают, дают осадку отстояться примерно 5 мин и титруют раствор той же щелочью, что и в первый раз. Этим титрованием узнают количество Н - иона, перешедшего непосредственно в раствор.

По разности мл титрованного раствора NaOH, затраченных на первое и второе титрование, узнают содержание водородных ионов, эквивалентных подвижному алюминию и железу.

Вычисление свободного H^+ :

$a_2 \cdot H \cdot K = H^+$ в мгэкв на 100 г грунта.

Вычисление суммы подвижных железа и алюминия:

$(a_I \cdot H \cdot K) - (a_2 \cdot H \cdot K) = Fe + Al$ в мгэкв на 100 г грунта

где a_I - количество мл щелочи, пошедшей на титрование общей щелочности;

a_2 - количество мл щелочи, пошедшей на титрование свободного H^+;

H - нормальность щелочи;

K - коэффициент разведения.

Для определения подвижного алюминия необходимо определить железо в данном фильтрате.

Для этого в третьей колбочке определяется железо любым методом /трилонометрическим, фотоколориметрическим и т.д./. Нами рекомендуется определение железа титрованием трилоном Б в присутствии сульфосалициловой кислоты.

В третью колбочку к отобранному фильтрату на определение железа добавляют 20 мл дистиллированной воды. Холодный раствор осторожно нейтрализуют 25% раствором аммиака по индикаторной бумажке "конго" до её побурения или до неисчезающей при перемешивании мути, которую затем растворяют 1-2

каплями соляной кислоты I:I. В нейтрализованную таким образом пробу для создания pH около I вводят 9-I0 мл I н HCI, доводят водой до объёма около I00 мл, нагревают до 50-60°С, добавляют на кончике стеклянной лопаточки сульфосалициловой кислоты и титруют 0,05-0,0I н раствором трилона Б до перехода лиловой окраски в светло-зеленоватую, при большом содержании железа, или до обесцвечивания при малом содержании. В оттитрованную пробу прибавляют 4-5 капель пергидроля (30% перекись водорода), колбочку подогревают до 50-60°С и титруют появившуюся окраску тем же раствором трилона Б. Первое титрование даёт количество окисного железа в данном количестве фильтрата, второе - закисное. При суммировании двух титрований получаем количество мл трилона Б, пошедшее на определение общего железа в данном количестве фильтрата.

Расчёт железа:

а . Н . К = Fe общее в мгэкв на I00 г грунта, где

а - суммарное количество мл трилона Б, пошедшее на оба титрования,

Н - нормальность трилона.

Для перевода в мг необходимо мгэкв железа умножить на 28.

Вычисление подвижного алюминия:

При определении содержания свободных водородных ионов одновременно определяется сумма подвижного алюминия и железа в мгэкв на I00 г грунта. Вычитая из этой суммы мгэкв железа, полученные при титровании трилоном Б, получают количество подвижного алюминия в мгэкв на I00 г грунта.

Для перевода в мг необходимо количество мгэкв алюминия умножить на 9.

Определение обменной кислотности и подвижного алюминия при повышенном содержании в фильтрате закисного железа

Общая кислотность определяется так же, как описано выше. При титровании щелочью выпадение зелёных хлопьев указывает на наличие закисного железа. Закисное железо даёт непрочный комплекс со фтористым натрием и поэтому при определении алюминия обычным методом получаются заниженные результаты. Поэтому алюминий рассчитывается из полуторных окислов.

Осаждение полуторных окислов.

Отбирают пипеткой 50 мл фильтрата, окисляют двухвалентное железо несколькими каплями 30% перекиси водорода, затем раствор подкисляют 3-4 каплями 10% соляной кислоты и кипятят 2-3 мин. для разложения избытка перекиси водорода. Нейтрализуют большую часть кислоты 25% раствором аммиака до появления небольшой мути. Слабокислый раствор нагревают до кипения, снимают с огня и осаждают полуторные окислы 10% раствором аммиака. Аммиак приливают до появления слабого запаха, после чего раствор с осадком нагревают до кипения, снимают с огня, прикрывают стеклом и дают осадку осесть на дно.

Отстоявшийся до полной прозрачности горячий раствор отфильтровывают через беззольный фильтр (красная лента). Температура фильтруемого раствора должна быть не ниже $70-80^{0}$.

Осадок на дне стакана промывают 1-2 раза декантацией горячим 2% раствором NH_4NO_3, имеющим слабощелочную реакцию (проверить). Затем осадок количественно переносят на фильтр, снимая частицы осадка со стенок стакана кусочками беззольного фильтра при помощи стеклянной палочки с резиновым наконечником. Промывание осадка ведут той же про-

мивной жидкостью до отсутствия Cl. Пробу испытывают I% раствором $AgNO_3$, подкисленным азотной кислотой. Промытый осадок помещают во взвешенный тигель и ставят в холодную муфельную печь. Прокаливание ведут до постоянного веса при температуре 900-I000°С.

Вычисление:

$$\frac{250 \cdot a \cdot 1000}{50} = R_2O_3$$ мг на I00 г грунта, где

а - вес прокаленного осадка в гр.

В отдельной аликвотной части фильтрата определяют окисное и закисное железо титрованием трилоном Б /методика описана выше/. Расчет алюминия и свободного водорода:

Из полуторных окислов в мг на I00 г грунта вычитают общее железо в мг и получают подвижный алюминий в мг. Разделив количество мг алюминия на 9, получают алюминий в мгэкв на I00 г грунта. Переводят железо из мг в мгэкв делением на 28. Вычитают сумму железа и алюминия в мгэкв на I00 г грунта из мгэкв общей кислотности и получают мгэкв на I00 г грунта свободного H^+.

7. Определение общей серы.

Основным показателем валового состава токсичных надугольных грунтов является высокое содержание в них соединений серы. Валовую серу определяют сплавлением почвы с карбонатами щелочей или путем многократной обработки грунтов царской водкой.

Наиболее быстрым и простым массовым методом определения общей серы является метод спекания навески грунта со смесью окиси цинка и карбоната натрия /метод А.С.Ручик/.

Ход анализа

Навеску грунта 0,2-0,5 г смешивают в фарфоровом тигле с 10-кратным количеством смеси, состоящей из 4 частей окиси цинка и 1 части карбоната натрия, насыпают сверху слой /3-4 мм/ той же смеси и спекают в муфельной печи при 700-800° в течение 50-60 минут. По охлаждении спекающуюся массу отделяют от тигля, помещают в стакан, тигель обмывают малым объемом горячей воды.

Если водная вытяжка окрашена в зеленый цвет вследствии присутствия соединений марганца, то прибавляют 1-2 капли H_2O_2 и нагревают жидкость до обесцвечивания. Жидкость фильтруют и промывают остаток на фильтре горячей водой. Фильтрат и промывные воды нейтрализуют соляной кислотой уд.веса 1,19 по метиловому оранжевому, прибавляют 3 мл HCl (уд.веса 1,19), доводят объём жидкости водой до 300 мл, нагревают до кипения и осаждают сульфат ион горячим 10% раствором $BaCl_2$. Дальнейшее определение сульфат иона проводится весовым методом по общепринятой методике.

Агрохимическая классификация вскрышных пород Кимовского и Ушаковского угольных карьеров Подмосковного бассейна

Группа вскрышных пород	Подгруппа	Краткая почвенно-агрохимическая характеристика	Перспектива хозяйственного использования
I	2	3	4
	I. Почвенный слой		
I. Плодородные (Q)	Представлен черноземами различной мощности и степени выщелоченности, значительно реже пойменной лугово-черноземной оглеенной почвой и перегнойно-торфяно-глеевой почвой.	Мощность перегнойно-гумусового горизонта чернозема - 60-80 см. Цвет от темносерого до черного. Структура комковато-зернистая. Средний суглинок. Содержание гумуса 5-8%, солевое pH - 5,4-6,I. Сумма поглощенных оснований - 28-40 мэкв, степень насыщенности ими почвы - 88-95%. Подвижным фосфором не обеспечен (I,5-7,5 мг на I00 г почвы), а калием средне обеспечен (I2-I8 мг на I00 г почвы). Содержание общего азота - 0,26-0,33%.	Почвенный черноземный слой - наиболее продуктивная часть почвенно-геологического профиля, основное средство сельскохозяйственного производства. При вскрышных работах этот слой необходимо складировать, а затем наносить на разравненные отвалы для возделывания на них сельскохозяйственных культур.

I	2	3	4
II.			
Потенциально-плодородные *(Q, Mz)*	2. Коричневато-бурый, коричневато-палевый карбонатный лессовидный суглинок - почвообразующая порода *(Q)* 3. Серые и бурые суглинки и глины *(Q, Mz)*	Залегают в верхней части геологического профиля. Суммарная мощность этих грунтов около 5 м. Сруктура карбонатного лессовидного суглинка - крупноореховатая и призматическая. Глинистые минералы пород представлены гидрослюдами. Сульфиды железа отсутствуют. Реакция грунтов слабокислая или нейтральная, pH солевое - 5,5-7,0. Подвижные соединения алюминия и железа отсутствуют. Сумма поглощенных оснований 5-45 мэкв, степень насыщенности ими грунтов - 90-97%. Породы средне и высоко /до 40 мг на 100 г грунта/ обеспечены калием и слабо /редко высоко/ обеспечены фосфором. Содержание общего азота около 0,05%.	Эти грунты менее плодородны, чем черноземный почвенный слой. Они полностью пригодны для лесоразведения, а при проведении специальных агротехнических мероприятий /внесение навоза, возделывание почвоулучшающих культур и др./ могут быть использованы и в сельском хозяйстве. Кроме того, карбонатный суглинок может быть применен для нейтрализации фитотоксичных грунтосмесей перед нанесением чернозема на сложенные ими площади отвалов.

I	2	3	4
III.			
Бесплодные (Q, C_1^{tut}, C_1^{br})	4. Желтовато-бурые ожелезненные пески и супеси Q	Это - грунты легкого механического состава, бесструктурные, подверженные водной и ветровой эрозии. Сложены в основном кварцем. Сульфиды железа отсутствуют. pH солевое = 5,5-7,8.	Могут быть использованы лишь для возделывания нетребовательных к экологическим условиям лесокультур.
	5. Различной степени ожелезнения пески и супеси (C_1^{tut})	Подвижный алюминий и железо отсутствуют. Поглощенные основания отсутствуют или их содержание очень мало. Основными питательными веществами эти грунты не обеспечены.	
	6. Светлосерые и коричневато-сиреневые пески (C_1^{br})		
	7. Известняк (C_1^{tut})	Этот плотный крупноглыбистый материал встречается в геологическом профиле 2-го Кимовского добывающего участка, где его суммарная мощность с рыхлосвязанным песчаником достигает 40% от вскрыши.	При выносе на поверхность отвалов может создавать препятствия для механизированной обработки восстанавливаемых территорий.

I	2	3	4
IУ. Фито-токсичные	8. Темно-серые надугольные глины (C,br)	Повсеместно залегают над продуктивным пластом угля, часто содержат конкреции пирита. Мощность слоя I-5 м /I0-20% от вскрыши/. Верхняя граница глубины залегания I3-20 м. Могут быть как каолинитовыми, так и гидрослюдистыми. Содержат до I,2% дисульфидов железа, pH солевое - окисленных образцов до I,8. Общая обменная кислотность до I7 мэкв. Подвижного железа здесь до 230 мг на I00 г грунта, а AI до 70 мг на I00 г грунта.	Площади отвалов /в том числе разравненных/, сложенные сульфидосодержащими темно-серыми надугольными глинами, суглинками и супесями лишены травянистой и древесной растительности, поскольку они обладают фитотоксичными свойствами. Биологическое освоение отвалов, вложенных токсичными грунтами, требует дорогостоящих мелиоративных мероприятий. Так, для мелиорации грунтосмесей, сложенных фитотоксичными грунтами, необходимо внесение извести из расчета I20 т CaO на I га при нейтрализации 40 см грунтового слоя.
	9. Темно-серые супеси и суглинки (C,br)	Темносерые супеси и суглинки залегают в геологическом профиле Ушаковского разреза выше надугольных глин. Мощность слоя до I0 м /до 50% от всей вскрыши/. Верхняя граница залегания от 7 до	

I	2	3	4
		I6 м. Сложены в основном кварцем, а также гидрослюдами. Содержат до 2,25% дисульфидов железа. pH солевое до I,5. Общая обменная кислотность до 50-70 мэкв на I00 г грунта. Содержание подвижного железа до 600-I000 мг на I00 г грунта. Подвижного алюминия до 200-300 мг на I00 г грунта.	

Приложение 3.

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА СУЛЬФИДИЗИРОВАННЫХ ГРУНТОСМЕСЕЙ ПО ПРИЗНАКУ ТОКСИЧНОСТИ.

Оценка качества грунтосмесей производится в поле перед началом посевных и лесопосадочных работ, лучше летом предыдущего года. Для этого на разравненной площади разбивают с помощью шнура сетку квадратов, вершины которых закрепляют колышками. Для обследования площади в 30–40 гектаров достаточно 10–14 точек на гектаре или сторона квадрата должна быть 30 метров, т.е. при обследовании территорий необходимо закладывать не менее 400 точек вне зависимости от размера обследуемой площади и величины выборочной доли /размеров скоплений токсичных пород в поверхностном слое/, что обеспечивает погрешность учета до 5%. В практической деятельности вряд ли возникнет необходимость в единовременном обследовании отдельной площади, превышающей 200–300 га. При этом сторона учётного квадрата будет составлять 70–90 м.

На разровненном отвале выбирают точку, от которой закладывают по взаимно перпендикулярным направлениям две ходовых линии с таким расчётом, чтобы образующийся прямоугольник охватил всю территорию.

В каждой точке, закреплённой колышком, отбирают пробу грунта почвенным щупом. Щуп можно изготовить из отрезка дюймовой трубы длиной 120–130 см, имеющей продольный срез, заострённый конец и снабженной ручкой. Щуп вгоняют в грунт на глубину до 1 м, надавливая на рукоятку и медленно вращая.

Из столбика грунта, вынутого щупом, берут на часовое стекло щепотку сверху,с середины и с низу столбика (всего

не более 2-3 г/. Грунт смачивают из пипетки несколькими каплями 10% водяного раствора роданистого калия, который, как известно, в кислой среде при наличии свободных ионов железа дает ярко красное окрашивание. Это и служит показателем наличия в грунтосмеси энергично окисляющихся сульфидов, определяющих ее токсичность /13/. Сильно окрашивающиеся образцы относятся к третьему типу сильно токсичных грунтосмесей, образцы,имеющие розовую окраску - ко второму типу токсичных грунтосмесей, не окрашивающиеся к первому слабо токсичных грунтосмесей. Качественная реакция дополняется морфологическим описанием грунтосмеси /цвет, мехсостав, сложение/.

Для проведения опробывания грунтосмесей по вышеописанной методике требуется два - три дня бригаде, состоящей из трех - пяти рабочих и учетчика. Рабочие отбирают пробы щупом и подготавливают образцы на часовом стекле. Учетчик проводит качественную реакцию и записывает результаты. Рабочим необходимо иметь несколько часовых стекол и лоскуты материи, чтобы насухо вытирать стекла после каждого определения. Счет точек удобнее проводить слева направо вдоль меньшей стороны прямоугольника.

По результатам определений на схему наносят контуры участков грунтосмесей всех трех типов по токсичности и закрепляют границы типов колышками на площади. В пределах выделенных типов грунтосмесей отбирают образцы для лабораторного анализа общим числом не менее 20% закрепленных точек. Количество образцов в каждой группе определяется пропорционально размерам групп. Образцы весом до 1 кг отбирают из шурфов с двух глубин - 20-30 см и 70-90 см. Из образцов проводят следующие определения - механический состав, pH, емкость поглощения, обменные основания, общая сера.

На основе полученных данных составляется заключение о пригодности разровненных отвалов для биологического освоения, в котором содержатся описание территории отвалов, карта распределения типов грунтосмесей по токсичности, рекомендации по облесению с технологической картой размещения лесных культур и расчетами по химической мелиорации, а также заключение о целесообразности и способах нанесения плодородных грунтов /3/.

Приложение № 4

МЕТОДЫ РАСЧЕТА НЕЙТРАЛИЗУЮЩИХ ДОБАВОК ИЗВЕСТИ ДЛЯ МЕЛИОРАЦИИ ФИТОТОКСИЧНЫХ ГРУНТОВ

Одним из наиболее теоретически правильных методов расчета доз извести, необходимых для химической мелиорации фитотоксичных сульфидосодержащих грунтов является метод кислотно-щелочного баланса д-ра К.Илльнера /IO,II/.

В этом методе учитывается с одной стороны наличие в грунтах неорганических соединений серы, максимальная поглотительная способность, а с другой - содержание в грунтах оснований кальция и магния.

Потребность в извести /CaO/[x] в мэкв рассчитывается по следующей формуле:

$A = S + 50\%\ T$ /при pH = 5/ - /CaO + MgO/ в мэкв,

где A - потребность в CaO в мэкв на IOO г грунта

S - общее содержание серы в мэкв на IOO г грунта,

T - общая поглотительная способность грунта в мэкв /CaO + MgO/ в мэкв - основания Ca и Mg , растворимые в IO% HCl на IOO г грунта.

Для условий фитотоксичных грунтосмесей Подмосковного бассейна с величиной объемного веса α = I,60 г/см^3 доза извести в т/га исходя из данных Илльнера может быть рас-

---

x) Количество извести дается везде в расчете на окись кальция CaO, содержание которой в известковых материалах составляет около 40%.

считана по формуле:

$$B = 0{,}045 \cdot A \cdot h$$

где B – потребность в извести в т/га,
0,045 – переводной коэффициент
A – потребность грунта в CaO /в мэкв/ на 100 г грунта по методу Иллънера,
h – мощность, подлежащего мелиорации слоя грунта в см.

Надёжные результаты по величинам мелиорирующих доз извести можно получить также, учитывая наличие в грунтах содержание сульфидной серы / 9 /.

Поскольку в общем содержании в грунтах соединений серы сульфидная сера (а при окислении грунтов сумма сульфидной и сульфатной серы) составляют основу, можно для практических целей рассчитывать нейтрализующие добавки извести, исходя из наличия в грунтах общего содержания серы:

$$B = 0{,}045 \cdot S \cdot h,$$

где B – потребность извести в т/га,
S – общее содержание серы в мэкв на 100 г грунта,
h – мощность мелиорируемого слоя в см.

ЛИТЕРАТУРА

I. Временные инструктивные указания. Рекультивация земель на угольных разрезах Подмосковного бассейна. Москва, I968.

2. Забелина Н.М. Опыт составления агрохимических картосхем вскрышных грунтов на примере Подмосковного угольного бассейна. Сб. "Восстановление земель после промышленных разработок", М., I967.

3. Зайцев Г.А. Облесение отвалов горных пород в Подмосковном бассейне. "Лесное хоз-во", I968, 9.

4. Зайцев Г.А. и Савич А.И. Химико-микробиологический процесс окисления сульфидов железа в грунтах отвалов и терриконов угольных разработок Подмосковного бассейна. Сб. "Ш-й Междунар.симпозиум по рекультивации площадей, поврежденных горнодоб.деятельностью", Прага, I967.

5. Заключение /о видах последующего освоения карьерных полей и технические условия горных работ с рекультивацией отвалов/. Новомосковск, I968.

6. Моторина Л.В., Забелина Н.М. Рекультивация земель, нарушенных горнодобывающей промышленностью. ВИНТИСХ, М., I968 (обзор).

7. Рекомендации по рекультивации земель, нарушаемых открытыми горными работами (на примере Подмосковного бассейна). МСХ СССР. Главное управление по охране природы, заповедникам и охотничьему хозяйству. Главное управление землепользования, землеустройства, полезащитного лесоразведения и охраны почв. Москва, I968.

8. Чеклина В.Н., Савич А.И. Классификация грунтов вскрыши открытых угольных разработок и возможности их хозяйственного использования. Сб. "Восстановление земель после промышленных разработок", М., 1967.

9. K. Illner Zur Bestimmung der Kalkmenge für die Melioration von schwefelhaltigen Rohböden. "Das 3 Internationale Simposium über Rekultivierungen der durch den Bergbau beschädigten Flächen." Referaten-Sammlung, Praga, 1967.

10. K. Illner, C. Kawelka, H. Raasch u. M. Wünsche Über einheitliche Verfahren der Bodenuntersuchen für die Kartierung von Kipprohböden - Veroffentlichungen aus dem Institut für Landschaftspflege. Humboldt - Universität zu Berlin, 1968/I.

11. K. Illner und Dieter Lorenz Das Domsdorfer Verfahren zur Wiederurbarmachung von Kippen und Halden des Braunkohlenbergbaues. - Humboldt - Universität zu Berlin, 1965.

12. W.Knabe Zur Wiederurbarmachung im Braunkohlenbergbau, 1959.

13. H. Kohnke The reclamation of coal mine spoils. "Advances in Agronomy". 1950.

14. S. Stys General rekultivace severoceskeo hnedouhelneho reviru "Ochrana prirody", 1961.

15. S.Stys Rekultivace a tvarovanie vysypek, 1966.

НЛ-89802 10/IV-69
Печатный цех МСХ СССР
тираж 1000 заказ № 2701
1968 г.

gost.e-ecolog.ru