АКАДЕМИЯ НАУК СССР
УРАЛЬСКИЙ ФИЛИАЛ

Растительность и промышленные загрязнения

СВЕРДЛОВСК
1970

АКАДЕМИЯ НАУК СССР
УРАЛЬСКИЙ ФИЛИАЛ

КОМИССИЯ ПО ОХРАНЕ ПРИРОДЫ

УДК 635.9 614.502.7 581.5

РАСТИТЕЛЬНОСТЬ И ПРОМЫШЛЕННЫЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ

ОХРАНА ПРИРОДЫ НА УРАЛЕ
VII

Свердловск, 1970

Печатается по постановлению
Редакционно-издательского совета
Уральского филиала АН СССР

Редакционная коллегия: проф. **Б. П. Колесников,**
С. А. Мамаев, **В. В. Тарчевский**

ОТ РЕДАКЦИИ

29 октября — 1 ноября 1966 г. в г. Свердловске по инициативе Комиссии по охране природы Уральского филиала АН СССР и Уральского государственного университета состоялось Третье Уральское научно-координационное совещание по проблеме «Растительность и промышленные загрязнения». В нем приняли участие сотрудники ряда научно-исследовательских и производственных учреждений Урала и других районов нашей страны — Центра, Украины, Грузии, Эстонской ССР, Киргизской ССР, Казахской ССР, Сибири, а также представители Германской Демократической Республики, Народной Республики Болгарии и Польской Народной Республики.

На совещании с вступительным словом выступил председатель Комиссии по охране природы Уральского филиала АН СССР и ректор Уральского государственного университета Б. П. Колесников. Он отметил, что научная проблема, которой посвящено совещание, приобретает в настоящее время уже не только местное, а общегосударственное значение в связи с большим распространением промышленных загрязнений. Б. П. Колесников указал, что теперь происходит становление новой отрасли научных знаний, задачей которой является комплексное рассмотрение в теоретическом и техническом аспектах разнородных проблем и вопросов, связанных с влиянием разрушительных воздействий человеческого общества на биосферу в целом. Наблюдается становление нового этапа теоретического осмысливания разнородных факторов и данных, полученных в большом количестве в результате преимущественно эмпирических и узкоприкладных исследований.

Участники совещания с удовлетворением отметили расширение круга учреждений, занимающихся по проблеме «Растительность и промышленные загрязнения». Это свидетельствует о том, что научная общественность страны все более проникается сознанием важности исследования разнообразных аспектов взаимосвязи деятельности человека и природного комплекса, образующего жизненную среду.

За период, прошедший со времени созыва Второго Уральского научно-координационного совещания (1964 г.), в разработку вопросов, связанных с изучением воздействия промышленных отходов на растительность и использованием растительности для борьбы с последствиями промышленных загрязнений, активно включился целый ряд научных учреждений и отдельных лиц. Особенно усилилась деятельность в области разработки методов рекультивации земель, плодородие которых нарушено в результате горных работ, образования отвалов, зольников и т. д.

Совещания, систематически проводимые в г. Свердловске, сыграли определенную роль, оказывая содействие развитию новых направлений ботанической науки и координируя исследования в данном направлении на Урале. Публикация трудов совещаний также оказалась полезной. Широкие круги научной общественности и работники производства были ознакомлены с исследованиями по проблеме «Растительность и промышленные загрязнения», проводимыми не только на Урале, но и в других районах нашей страны. Учитывая данное обстоятельство, Комиссия по охране природы Уральского филиала АН СССР предлагает специалистам в области так называемой промышленной ботаники настоящий сборник трудов совещания, в котором кратко изложена основная часть докладов и сообщений.

АКАДЕМИЯ НАУК СССР
УРАЛЬСКИЙ ФИЛИАЛ

РАСТИТЕЛЬНОСТЬ И ПРОМЫШЛЕННЫЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ 1970

В. В. ТАРЧЕВСКИЙ

Уральский государственный университет, Свердловск

О ВЫДЕЛЕНИИ НОВОЙ ОТРАСЛИ БОТАНИЧЕСКИХ ЗНАНИЙ — ПРОМЫШЛЕННОЙ БОТАНИКИ[1]

Промышленность (техносфера) своими выделениями оказывает специфическое влияние на состав воздуха, воды, почвы и на организмы. Для организмов промышленные выделения являются весьма сильным экологическим фактором, что наиболее ощутимо прослеживается на растениях.

Если до сих пор ботаники рассматривали свою связь с промышленностью в основном по линии изыскания некоторых растений, используемых в качестве промышленного сырья, то в настоящее время в связи с возрастающим влиянием загрязнений промышленных предприятий на растительность и потребностью рекультивации промышленных отвалов возникает настоятельная необходимость изучения действия всех видов промышленных загрязнений на растения в самых различных направлениях. Установлено, что растения в зоне промышленных предприятий имеют значительные отклонения в характере морфогенеза, фотосинтеза, биохимического состава, сингенетических смен и др. Это с полным основанием позволяет ставить вопрос о выделении специального научно-производственного отдела ботаники — промышленной ботаники.

На состоявшихся за рубежом трех Международных симпозиумах (Лейпциг, ГДР, 1962; Катовице, Польша, 1965; Прага, Чехословакия, 1967) по вопросу восстановления нарушенных промышленностью земель и трех Уральских научно-координационных совещаниях по проблеме «Растения и промышленные загрязнения» (Свердловск, 1962, 1964 и 1966) обсуждены многочисленные вопросы влияния таких загрязнений на биосферу и нейтрализации этого действия биологическими методами, в частности, при помощи растительности.

На индустриальном Урале действие промышленных загрязнений проявляется наиболее ярко. Поэтому и работы по его изучению развернуты здесь достаточно широко: кафедрами Уральского, Пермского и Башкирского университетов, ботаническим садом Института экологии растений и животных УФАН СССР, Уральским научно-исследовательским институтом АКХ РСФСР изучаются вопросы влияния дымо-газовых выделений на растения и консервации промышленных отвалов биологическими методами; Свердловским сельскохозяйственным институтом, УралНИИСХозом и кафедрой ботаники Нижне-Тагильского педагоги-

[1] Статья печатается в порядке обсуждения.

ческого института проводятся исследования по использованию отходов промышленных предприятий в качестве удобрений под сельскохозяйственные культуры; некоторыми практическими работниками, занятыми непосредственно на заводах и в системе коммунального хозяйства, проводятся интересные опыты по селекции дымо-газоустойчивых растений.

Настала пора, когда все эти исследования должны получить место среди ботанических дисциплин в виде самостоятельного отдела — промышленной ботаники — со следующими проблемами:

1. Изучение реакции растений и растительности на действие дымогазовых и иных выделений промышленных предприятий.

2. Изучение изменений микробиоценозов и фитоценозов водоемов и заливных лугов под влиянием сточных вод промышленных предприятий.

3. Выявление состава растительности и установление сингенетических смен фитоценозов на промышленных отвалах.

4. Разработка биологических основ озеленения заводских территорий, цехов, шахтных дворов и пустот горных выработок.

5. Изучение влияния вибрации и шума в цехах промышленных предприятий на растения.

6. Выявление растений — индикаторов полезных ископаемых.

По каждой из названных проблем, наряду с общепринятыми, должны применяться особые методы исследования.

Таким образом, промышленная ботаника ставит своей задачей изучение особенностей строения, роста и развития растений и формирования фитоценозов в зоне действия загрязнений промышленных предприятий и нейтрализацию последних в этих условиях с помощью растительности.

Каждая из проблем, составляющих содержание промышленной ботаники, в свою очередь, охватывает большой круг вопросов, из которых здесь могут быть названы только главнейшие.

По первой проблеме — изучение реакции растений и растительности на действие дымо-газовых и иных выделений промышленных предприятий — могут быть названы следующие вопросы:

а) изучение физиологии дымо- и газоустойчивых растений;

б) выявление растений — индикаторов степени загрязнения воздуха;

в) установление ассортимента дымо- и газоустойчивых растений;

г) изучение пыле- и шумозащитных свойств растений;

д) выявление особенностей анатомо-морфологического строения растений, их роста и развития, химического состава в условиях дымо- и газовых выделений;

е) селекция новых форм дымо- и газоустойчивых растений;

ж) разработка биологических основ выращивания растений в условиях высоких газовых концентраций под защитой эмульсий, опудривания, водных туманов, при внесении удобрений;

з) выяснение изменения растительного покрова под влиянием дымо- и газовых выделений и др.

Изучение действия агрессивных газов (SO_2, HF и др.) может проводиться как в экспериментальных (изучение различных концентраций газов на растения в специальных камерах), так и в полевых условиях, так как необходимо взамен чувствительных к тем или иным газам растений культивировать наиболее стойкие. Работы в этом направлении на Урале уже проводятся. Изучаются особенности фотосинтеза, пороговая чувствительность растений к различным газам, характер биохимических изменений в растениях и др.

Под влиянием дымо-газовых выделений повышенной концентрации

наступают резкие изменения в составе и облике растений на значительных территориях. Это выражается в появлении многочисленных внешних повреждений у растений, замедлении или совершенном прекращении их репродукционной способности, в выпадении ряда компонентов — грибов, лишайников, микоризы отдельных видов древесных растений, орхидных и других травянистых, кустарниковых и древесных растений. Наряду с деградацией растительного покрова и даже полным его исчезновением слагаются новые фитоценозы за счет наиболее выносливых в данных условиях дымо- и газоустойчивых растений.

Весь этот процесс смен фитоценозов очень интересен и позволяет в полевых условиях установить совершенно необычные составы фитоценозов. Так, например, в ближайших окрестностях Средне-Уральского медеплавильного завода (г. Ревда) в условиях высокого задымления на большой площади растительность исчезла и затем на безжизненной территории сформировались разреженные заросли из низкорослой березы. На многих заводских площадках в зоне самых высоких газовых концентраций при почти полном отсутствии других видов прекрасно развиваются бескильницы (*Puccinellia Hauptiana* (Trin.) V. Krecz., *P. distans* (L.) Parl.)

Таким образом устанавливается ассортимент дымо- и газоустойчивых, пыле- и шумозащитных растений, при помощи которых возможна наилучшая защита населенных пунктов от промышленных загрязнений. В число этих растений войдут также и растения, повышающие резистентность человека и полезных животных к вредным выделениям промышленности.

В следующей проблеме — изучение изменений микробиоценозов и фитоценозов водоемов и заливных лугов под влиянием сточных вод промышленных предприятий — так же, как и в первой, может быть поднято много вопросов, назовем наиболее важные:

а) выявление характера изменений в составе водной растительности под влиянием сточных вод промышленных предприятий;

б) подбор ассортимента растений для создания биологических фильтров;

в) изучение состава растительности прудов-охладителей и научная разработка мер борьбы с ней и др.

Остановимся на последнем вопросе, так как он несколько необычен. Часто в прудах-охладителях тепловых электростанций бурно развивается растительность, которая замедляет скорость охлаждения воды, засоряет фильтры водоемов электростанций. В результате весьма ощутимо снижается выработка электроэнергии. Необходимо изучение состава и биологических особенностей водных растений, с тем чтобы рекомендовать мероприятия, подавляющие их рост и развитие. Применение химических растворимых веществ нежелательно, так как требуется сохранить высокую чистоту воды, а они могут вызвать образование накипи на сложной системе трубопроводов котельных агрегатов.

Представляет интерес и изучение водной растительности, развивающейся в водоемах под влиянием сброса горячих вод тепловых электростанций и металлургических заводов. Это также приводит к затруднениям по забору воды для нужд промышленных предприятий.

В третью проблему — выявление состава растительности и установление характера сингенетических смен фитоценозов на промышленных отвалах — входят вопросы, связанные с фитомелиорацией больших площадей отвалов, шлаковых и шламовых полей («индустриальных пустынь») с целью перевода их в хозяйственно полезные, а также разработка научных рекомендаций по улучшению санитарной зоны населен-

ных пунктов таких промышленных районов, как Урал, Донбасс, Караганда, Кузбасс, Дальний Восток, где особенно велики площади под отвалами.

При современных способах добычи и переработки рудного сырья, когда применяются наиболее совершенные техника и методы обработки, темпы роста отвального хозяйства необычайно возрастают, и отвалы занимают все большие площади, надолго исчезающие из хозяйственного оборота. Большая часть отвалов своим неустроенным видом обезображивает пригородные зоны. Сюда относятся отвалы горных выработок, дражные отвалы, терриконы. Большинством перерабатывающих предприятий породы измельчаются до тончайших фракций, так же как и каменные угли при сжигании их в котлах тепловых электростанций. При складировании отходов (хвостов) водным путем образуются обширные шламовые и шлаковые поля и золоотвалы — постоянные источники загрязнения воздуха, воды и почвы. Некоторые отвалы, образованные монохроматом натрия, пирита и других отходов, весьма ядовиты, а другие богаты макро- и микроэлементами, часто токсичными для растений.

Естественное зарастание отвалов совершается в большинстве случаев крайне медленно и для каждого их типа по-своему, со специфическим характером сингенетических смен. Благоустройство отвалов даже в пределах одного типа требует различного подхода из-за особенностей физического строения и химического состава субстрата, из которого сложен отвал. Для этой цели представляет особый интерес подбор ассортимента из металло-, соле- и кислотоустойчивых растений.

Наряду с изучением особенностей анатомо-морфологического строения растений на специфических субстратах, роста и развития их в этих условиях необходимо выявление химического состава растений на отвалах. Часто эти растения могут конденсировать те или иные элементы в количествах, представляющих опасность для полезных животных и человека при использовании их в пищу. В связи с этим необходимо разрешить следующие вопросы:

а) выявление характера сингенетических смен при естественном зарастании промышленных отвалов;

б) изучение особенностей роста и развития растений на специфических субстратах промышленных отвалов;

в) подбор металло-, соле- и кислотоустойчивых растений для создания агрофитоценозов на промышленных отвалах, для закрепления дамб и склонов горных выработок для предупреждения водной эрозии, селевых потоков и обрушений;

г) установление особенностей химического состава растений из группы пищевых и кормовых, выращиваемых на промышленных отвалах;

д) селекция новых форм растений для озеленения промышленных отвалов и др.

Четвертая проблема — разработка биологических основ озеленения заводских территорий, цехов, шахтных дворов и пустот горных выработок — включает многие вопросы, а именно:

а) разработка научных рекомендаций по озеленению заводских территорий в связи со спецификой промышленных предприятий;

б) изучение возможностей использования шахтных дворов и шахтных выработок для выращивания здесь полезных и декоративных растений;

в) подбор ассортимента ароматических, фитонцидных и витаминных растений в зоне шахтных и заводских вентиляторов и др.

Остановимся на последних двух вопросах. Различные горные вы-

работки с разрешения горной инспекции могут быть рационально использованы для выращивания грибов и бактериальных культур. Для них не требуется искусственного освещения и отопления. Поэтому такое подземное хозяйство может быть весьма рентабельным. В г. Артемовске Свердловской области, в Молдавии и в ряде других мест в шахтных выработках с успехом выращиваются шампиньоны круглый год.

Разработка научных основ озеленения шахтных дворов с применением ламп дневного света позволит выращивать вдоль стен шахтного двора некоторые декоративные растения при условии защиты их от холодного потока воздуха. Наличие зеленых и цветущих растений под землей будет иметь большое эстетическое значение для работающих здесь людей.

Подбор ароматических, фитонцидных и витаминных растений в зоне шахтных и заводских вентиляторов должен решить вопрос обогащения воздуха, подаваемого вентиляторами в шахты и заводские помещения, полезными выделениями растений и очистить его от механических примесей.

Пятая проблема — изучение влияния вибрации и шума в цехах промышленных предприятий на растения — специфична.

За последнее время в производстве находит широкое применение в технологических процессах вибрация, а в ряде случаев она создается непроизвольно и в цехах возникает много шума. Интересно изучить отношение различных растений к этим факторам, так как таких исследований еще не проводилось. Между тем многие растения — хорошие шумопоглотители и могли бы оздоровить условия работы.

В целом промышленная ботаника призвана изучить все воздействия промышленных выделений на растения и разработать приемы и методы локализации их. Разрешение этих вопросов актуально, так как тесно связано с медико-биологическими проблемами улучшения жизненных условий населения и полезных животных в зоне действия промышленных предприятий. Причем, в различных географических пунктах Советского Союза ассортимент «промышленных» растений может быть разнообразным и специфичным для каждой географической зоны.

Уральские совещания по проблеме «Растительность и промышленные загрязнения» были весьма полезными и показали необходимость создания научного координационного центра по биолого-промышленной тематике, разработки методик исследования, создания проблемных лабораторий, подготовки специалистов по промышленной ботанике.

Вероятно, на первых порах, так же как это сделано в США, Польше, Чехословакии, необходимо создание на Урале специального института, который бы широко развернул работы по всем указанным проблемам и координировал научные исследования в этом направлении. Кроме того, было бы полезно и в Ботаническом институте АН СССР уделить промышленной ботанике серьезное внимание, так как речь идет об изучении форм растений и фитоценозов с новыми специфическими признаками и защите производственных коллективов и населения промышленных центров от вредных выделений промышленных предприятий.

Эти же проблемы в одинаковой мере затрагивают интересы зоологов, микробиологов, почвоведов, биофизиков, биохимиков, врачей. В связи с этим может быть поставлен вопрос о выделении новой области знаний — промышленной биологии. В контакте с указанными специалистами могут быть развернуты широкие комплексные работы, которые помогут улучшить условия жизни населения промышленных районов страны и в то же время обогатят ботанику и биологию познанием многих новых закономерностей в части поведения растений и организмов в условиях промышленных загрязнений.

АКАДЕМИЯ НАУК СССР
УРАЛЬСКИЙ ФИЛИАЛ

РАСТИТЕЛЬНОСТЬ И ПРОМЫШЛЕННЫЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ 1970

М. ФОГЛЬ, С. БЕРТИТЦ, Г ПОЛЬСТЕР

Германская Академия сельскохозяйственных наук, Институт лесоразведения, Граупа

ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ И БИОХИМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПОВРЕЖДЕНИЙ ХВОЙНЫХ СЕРНИСТЫМ ГАЗОМ

Влияние двуокиси серы на растения ведет к снижению продуктивности, потере прироста и, наконец, к полному отмиранию растительного организма. Но при этом поведение различных видов, а также индивидуумов внутри одного вида оказывается неодинаковым. Для сохранения лесных насаждений, подвергающихся окуриванию вредными газами, нужно способствовать повышению их устойчивости к SO_2. Однако, несмотря на почти столетнюю историю исследований по газоустойчивости, наши знания о физиологическом механизме повреждений сернистым газом и устойчивости к нему все еще неудовлетворительны.

Повреждение растений от задымления SO_2 в ГДР в связи с растущей индустриализацией и использованием бурых углей в качестве источника энергии в последние годы резко усилилось. Поэтому Институт лесоразведения в г. Граупе уже несколько лет занимается физиологическими, биохимическими и селекционными исследованиями по влиянию задымления на растения.

Перед отделом лесной физиологии стоят следующие задачи:

1. Исследование отдельных физиологических процессов и обнаружение первичных признаков нарушения обмена веществ при повреждении растений SO_2.

2. Исследование причин газоустойчивости растений и отыскание тестов для быстрого определения индивидуальной устойчивости растений.

3. Разработка способов внедрения газоустойчивых растений.

К вопросу о физиологии и биохимии повреждений сернистым газом. Еще Вислиценус (Wislicenus, 1898) на основании своих исследований сделал заключение, что двуокись серы является специфическим фотосинтетическим ядом, присутствие которого в виде следов подавляет фотосинтетическую деятельность. Кох (Koch, 1957), а также Келлер и Мюллер (Keller и Muller, 1958) в предварительных модельных опытах установили пригодность для исследования повреждений, вызванных сернистым газом, инфракрасного газоанализатора «URAS». Тем самым был дан метод для непрерывной автоматической регистрации фотосинтеза и транспирации растений, находящихся под воздействием газов. С тех пор «URAS»-тест служит наиболее ранним и чувствительным индикатором для обнаружения нарушений обмена ассимилирующих органов под влиянием SO_2.

Наряду с воздействием SO_2 на фотосинтез, дыхание и транспирацию можно полагать, что этот газ вызывает еще целый ряд биохимических из-

менений в протекании процессов обмена веществ. Поэтому для изучения реакций растений на воздействие SO_2 во время и после искусственного окуривания должен быть проделан целый комплекс физиологических и биохимических анализов.

Искусственное окуривание имеет некоторые преимущества перед опытами в природных условиях: оно позволяет точно дозировать применяемое воздействие, устраняет искажающее опыт влияние метеорологических и эдафических факторов, а также позволяет сравнить поврежденные растения с контрольным, здоровым.

Наши исследования проводились на опытном поле Института химии растений в Тарандте. Мы имели возможность проводить окуривание разными дозами газа одновременно. Однако в этих опытах величина и возраст растений были ограничены размерами камер. Поэтому были дополнительно сконструированы передвижные камеры, в которых SO_2 примешивали к потоку воздуха, проходящего через камеру. Одновременно с окуриванием особая камера служила для регистрации фотосинтеза (Börtitz, 1964).

Во всех наших опытах было четко выявлено (Börtitz, 1964; Vogl, 1964; Vogl, Börtitz u Polster, 1964; Vogl u Börtitz, 1965; Enderlein u Vogl, 1966), что ингибирующее влияние SO_2 на фотосинтез обнаруживается задолго до появления видимых признаков повреждений и что такая «депрессия» фотосинтеза вначале полностью обратима. Подавление ассимиляции — первая из измеряемых в настоящее время реакций растений на вредное влияние SO_2.

Так как при этом не было заметно ни повреждений прироста, ни некроза хвои, мы обозначили эту стадию условным термином — невидимое повреждение. Но поскольку это функциональное расстройство ассимилирующих органов еще не вело к необратимым повреждениям, хотя и обнаруживалось при помощи физиолого-физических методов измерения, мы говорим теперь о физиологическом повреждении (Börtitz, 1964, Vogl, Börtitz u. Polster, 1965).

После сильного воздействия SO_2 возникает общее повышение дыхания, связанное с реакциями распада и разрушением клеток.

Влияние вредных газов на транспирацию в наших работах окончательно не установлено и нуждается в дальнейшем уточнении.

Одновременные измерения разницы в содержании CO_2 и SO_2 на входе и выходе листовых камер с помощью «URAS» и Ionoflux, проведенные с сосной, показали, что в первое время воздействия SO_2 поглощение хвоей SO_2 и CO_2 идет параллельно. Однако в темноте небольшое поглощение SO_2 все же заметно. При более сильных повреждениях даже в условиях, неблагоприятных для ассимиляции, наблюдается незаторможенное поглощение вредного газа (Vogl, 1964). При рассмотрении физиологических повреждений, в частности обратимой депрессии фотосинтеза, оказывается, что у веток, подвергшихся искусственному окуриванию SO_2, но не отделенных от растений, несмотря на заметное обратимое торможение нетто-ассимиляции, уровень содержания важнейших веществ, растворенных в клеточном соке, заметно не изменяется. Кроме обычных дневных колебаний в содержании низкомолекулярных сахаров (сахароза, глюкоза, фруктоза) и свободных аминокислот в соке, выжатом из убитой хвои, никаких существенных различий после воздействия SO_2 не наблюдается; даже величина pH сока не меняется (Börtitz, 1964). Подобные же результаты получены другими авторами, работавшими с сельскохозяйственными культурными растениями (Katz, 1949, Spaleny u. a., 1961).

Таким образом, при мягком воздействии SO_2 его влияние ограничивается лишь торможением фиксации CO_2. Такое воздействие на первичный процесс фотосинтеза на этой стадии физиологического повреждения ока-

зывается еще обратимым. К сожалению, до настоящего времени мы располагаем недостаточными знаниями о влиянии на физиологические и биохимические процессы хронических повреждений, при которых малые концентрации SO_2 действуют длительное время.

Значительные биохимические изменения возникают в клеточном соке при сильных повреждениях (Vogl, Börtitz u. Polster, 1964). Однако это вызывает лишь слабое смещение pH клеточного сока. Разрушение хлорофилла, смещение соотношения сахароза — манноза, которые при этом наблюдаются, не представляют, однако, специфических реакций в ответ на повреждение SO_2. Это — общие реакции на повреждения, такие же, как на летальное повреждение холодом (Börtitz u. Weise, 1963).

Для воздействия на продуктивность растения очень важно, насколько сильно повреждение SO_2, которое вызывает частичное или полное опадение ассимилирующих органов, снижает жизнедеятельность растений. Нужно также различать, рассматривается ли повреждающий эффект и устойчивость только для отдельных клеток и тканей (например, ассимилирующей ткани) или принимается во внимание общий вид целого растения.

К физиологии устойчивости против SO_2. На опытном поле имелся большой ассортимент горшечных экземпляров хвойных, которые были окурены одновременно различными концентрациями SO_2 в различное время года и при разной погоде. Степень повреждения определялась у них физиологически при помощи «URAS», а также по видимым признакам путем бонитирования хвои (Endernin u. Vogl, 1966). Опыты первоначально должны были служить для построения шкалы газоустойчивости важнейших хвойных. Но при сравнении экспериментальных результатов с данными глазомерной оценки деревьев из многочисленных повреждаемых районов оказалось, что испытание на газоустойчивость при помощи искусственного окуривания дает указания на различное состояние видов одного рода, но не позволяет отличать состояние разных родов друг от друга. Так как результаты экспериментального относительно кратковременного окуривания указывают в основном на устойчивость ассимилирующих органов, разницу в устойчивости видов внутри одного рода у наших хвойных можно было объяснить разной устойчивостью хвои, тогда как разная газоустойчивость различных родов зависит от свойств целого растения. Поэтому необходимо различать отдельные факторы относительной устойчивости. Н. П. Красинский (1949) различал три формы устойчивости против SO_2: физиолого-биохимическую, анатомо-морфологическую и биологическую. Мы поставили два вопроса: 1) действительно ли эти три понятия охватывают все формы устойчивости или необходимо дальнейшее разделение понятий и 2) какое значение имеют отдельные формы устойчивости для селекции растений и определения действительной разницы в устойчивости интересующих нас хвойных. В результате наших исследований мы разделили устойчивость на две группы (Vogl, Börtitz u. Polster, 1965):

1. Устойчивость против поглощения SO_2.

2. Устойчивость к повреждению поглощенным газом.

Эти две главные группы делятся в свою очередь на следующие:

1. 1. Мнимая устойчивость, зависящая от времени или физиологического состояния.

1.2. Морфолого-анатомическая имиссионная устойчивость.

1.3. Рефлекторная имиссионная устойчивость.

2.1. Устойчивость ассимилирующих органов (в основном идентичная физиолого-биохимической выносливости — по Красинскому), осуществляемая за счет выносливости к SO_2 и способности к восстановлению жизнедеятельности.

2.2. Устойчивость целого растения, осуществляемая через способность

к регулированию и способность к регенерации. (Последняя идентична с биологической устойчивостью — по Красинскому.)

Нас интересуют прежде всего признаки устойчивости, важные для селекции и лесоразведения. Селекция и разведение новых сортов происходит в пределах родов: в большинстве случаев разведение имиссионных устойчивых сортов возможно только с помощью внутривидовых различий, например, так называемая индивидуальная устойчивость (Pelz u. Materna, 1964).

Мнимая устойчивость против SO_2 не представляет для селекционера никакой ценности, напротив, она может исказить результаты опытных испытаний. Регенерационная способность ассимилирующих органов после видимых повреждений, например базальный прирост хвои, уже некротизированной на эпикальном конце, является родовым признаком и поэтому для селекционера также неинтересна; то же можно сказать об устойчивости целого растения, например о лучшей переживаемости деревьев, оголяющихся зимой. Формы устойчивости, имеющие значение для целей селекции, в полной мере охватывает следующая таблица (Vogl, Börtitz u. Polster, 1965):

рефлекторная имиссионная устойчивость;
морфолого-анатомическая имиссионная устойчивость;
способность переносить SO_2 у ассимилирующих органов;
способность восстанавливать жизнедеятельность после невидимых повреждений.

Депрессию всего газообмена под влиянием вредного газа, вызываемую, по-видимому, сужением устьичной щели, которую можно обозначить как рефлекторную имиссионную устойчивость, до сих пор можно было наблюдать ясно, хотя и редко. Однако связь этой случайно подмеченной реакции с различиями в устойчивости невозможно доказать, так как значение ее слишком мало.

Морфолого-анатомическую устойчивость, приводящую к различиям в устойчивости близко родственных видов, Н. П. Красинский (1949) рассматривает как основную форму. Она может встречаться у упомянутых им видов тополя и некоторых других видов растений. Однако в наших экспериментах с помощью радиоактивного криптона о проницаемости хвои различных видов и индивидуумов хвойных (Vögl u. Börtitz, 1965а, б) можно было сказать, что у *Picea*, *Pinus* и *Larix* этот тип устойчивости играет незначительную роль.

Для селекционной работы, а именно для оценки видов, видовых гибридов, разновидностей потомств и клонов пригодно исследование переносимости SO_2 и физиологической способности к восстановлению. Обе формы устойчивости можно различать путем испытания простым экспериментальным окуриванием с последующим измерением фотосинтеза при помощи CO_2-URAS. Хороший пример высокой переносимости SO_2 представляет *Larix leptolepis* по сравнению с *L. decidua*. При тех концентрациях газа, которые у *L. decidua* в течение нескольких дней приводят к некрозу хвои, *L. leptolepis* продолжает еще ассимилировать на полную мощность и не обнаруживает физиологических нарушений.

Напротив, у сосны неоднократно установлено, что как у устойчивых, так и у чувствительных экземпляров под влиянием SO_2 быстро наступает депрессия ассимиляции: однако у первых она не так глубока и дольше остается обратимой. Одновременные измерения интенсивности показывают, что эти различия не связаны с различиями в поведении устьиц. Разница в устойчивости сосен связана с регенерационной способностью хвои.

При обеих формах устойчивости более выносливые экземпляры повреждаются позже. Для установления шкалы индивидуальной устойчивости

необходим выбор дозировки газа, которая дает хорошо выраженную дифференцировку по степени некроза хвои.

Применение результатов для целей предварительной селекции. В главных повреждаемых районах сохранение леса возможно только за счет смены древесных пород. Однако более многочисленны районы, в которых основные хвойные породы еще могут существовать, хотя и с заметными повреждениями прироста. Для таких площадей целесообразно внедрение более выносливых сортов и разновидностей. При этом решающим является быстрый разворот работы по лесоразведению. Это связано с тем, что приблизительно за 50 лет запасы бурых углей в ГДР подойдут к концу, тогда как для ближайшего времени нужно считаться с растущей индустриализацией и увеличивающейся добычей угля. Поэтому речь идет не о том, чтобы на длительное время целиком заняться выведением сортов, а о возможно быстром размножении растительного материала с повышенной газоустойчивостью, чтобы пережить критическое время. Эти сорта должны служить не только для сохранения лесов, но и для получения продукции древесины, обладать ценными лесоводственными качествами.

Поэтому, в противоположность рекомендациям таких исследователей, как Ромедер (Rohmeder u. a., 1962), а также Пельц и Матерна (Pelz u. Materna, 1964), это не должны быть устойчивые деревья, взятые из насаждений, повреждаемых газами, а хорошо испытанные клоны плюсовых деревьев с прививочных плантаций. Растения, уже прошедшие отбор на ценные лесоводственные качества, должны пройти вторичный предварительный отбор на газоустойчивость. После этого должно следовать анализирующее скрещивание наиболее устойчивых клонов на выявление комбинации признаков, испытание потомства газом в полевых условиях и заложение семенных плантаций из подходящих клонов (Polster, Börtitz u. Vogl, 1965).

Предпосылкой для такой точки зрения по вопросу о лесоразведении послужил массовый метод испытания газоустойчивости старых деревьев на плантациях. Практический путь ведет к исследованию быстрых тестов, для чего используют отрезанные ветки, поставленные в воду и подвергшиеся окуриванию поблизости от плантаций. В качестве газационных камер служат отделения вегетационного домика или переносные камеры (Börtitz u. Vogl, 1965), в которых может быть зажжена сера и воздух перемешан. Здесь удобно бонитировать степень некротического повреждения хвои.

В закрытых камерах со срезанными ветвями возможно только кратковременное окуривание высокими концентрациями газов. У сосны и лиственницы показано, что порядок расположения сортов и клонов в шкале устойчивости остается тем же, как при воздействии низких концентраций (1 часть SO_2 на 1 млн.) в течение длительного времени, так и при воздействии высоких (до 60 частей на 1 млн.) концентраций в течение 10 *мин.* Аналогичная картина получается при сравнении результатов испытаний отрезанных и неотрезанных ветвей, опытов в поле и в вегетационном домике, при разной погоде и в разное время года. Параллельно с нашими опытами, Шёнбах, Дёсслер и другие (Schönbach, Dässler u. a., 1964) проводили полевые испытания на устойчивость к SO_2 потомства гибридов лиственницы. Они показали генетическую обусловленность относительной устойчивости к задымлению. С помощью быстрого теста мы испытали родительские клоны. Исследованный материал показал, что партнер по скрещиванию, дающий с другим клоном газоустойчивое потомство, сам газоустойчив.

Тем самым можно сделать для лиственницы ряд заключений: Ромедер и др. (Rohmeder u. a., 1962), а также Поль (Pohl, 1965) показали на некоторых видах древесных, что, независимо от более сложного протекания картины повреждений в районах с естественной задымленностью, порядок

расположения в шкале повреждений у разных деревьев и их клонов совпадает со шкалой, установленной в результате искусственного окуривания. От более устойчивых клонов можно ожидать на основании совместного рассмотрения работ Шёнбаха, Дёсслера и др. (Schönbach, Dässler u. a., 1964) и Бертитца и Фогля (Börtitz u. Vogl, 1965) большей доли устойчивого потомства. Соответствие высокой газоустойчивости физиологически старых ветвей некоторых прививочных клонов и их 2—3-летнего семенного потомства говорит об одинаковом порядке расположения по шкале устойчивости у молодых и старых деревьев.

К настоящему времени в отделе лесоразведения института уже проводится работа по закладке первой семенной плантации по разведению высококачественных гибридов лиственницы для посадки в районах, страдающих от задымления.

ЛИТЕРАТУРА

Красинский Н. П. Ученые записки Горьковского государственного университета, 1949, **14**, 225.

Börtitz S. Biol. Zbl., 1964, **83**, 501.

Börtitz S. u. Weise G. Biol. Zbl., 1963, **82**, 733.

Börtitz S. u. Vogl M. Der Züchter, 1965, **35**, 307.

Enderlein H. u. Vogl M. Arch. Forstw., 1966, **15**, H. 11-12.

Katz M. Ind. engng. chem., 1949, **41**, 2450.

Keller H. u. Müller J. Forstwiss. Cbl., 1958, **10**, 38.

Koch W. Planta, 1957, **48**, 418.

Pelz E. u. Materna J. Arch. Forstw., 1964, **13**, 177.

Pohl. Diplomarbeit Fakultät f. Forstwiss der TU Dresden, 1965.

Polster H., Börtitz S. u. Vogl M. Die sor Forstwirtschaft, 1965, **15**, 368.

Rohmeder E., Merz W. u. Schönborn A. Forstwiss. Cbl., 1962, **81**, 321.

Schönbach H., Dässler H.-G., Enderlein H., Bellmann E. u. Kästner W. Der Züchter, 1964, **34**, 312.

Spaleny I., Godin F. u. Maran B. 5 Int. Kongreß Biochem., Moskau, 1961, Zus.-fass., S. 333.

Vogl M. Biol. Zbl., 1964, **83**, 587.

Vogl M. u. Börtitz S. Flora, 1965a, **155**, 347.

Vogl M. u. Börtitz S. Biol. plantarum (Praha), 1965в, **7**, 218.

Vogl M., Börtitz S. u. Polster H. Arch. Forstw., 1964, **13**, 1031.

Vogl M., Börtitz S. u. Polster H. Biol. Zbl., 1965, **84**, 763.

Wislicenus H. Tharandter forstl. Jahrbücher, 1898, **48**, 152.

АКАДЕМИЯ НАУК СССР
УРАЛЬСКИЙ ФИЛИАЛ

РАСТИТЕЛЬНОСТЬ И ПРОМЫШЛЕННЫЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ 1970

Э. ЭВЕРТ

Дрезденский технический университет, отделение по исследованию повреждений от задымления, Тарандт

НЕКОТОРЫЕ РАБОТЫ ОТДЕЛЕНИЯ ИНСТИТУТА ХИМИИ РАСТЕНИЙ ПО ИССЛЕДОВАНИЮ ПОВРЕЖДЕНИЙ ОТ ЗАДЫМЛЕНИЯ

Около 100 лет назад ученые Тарандтской лесотехнической академии начали изучать повреждения леса от задымления вблизи индустриальных предприятий. Уже тогда предполагали, что причина повреждений кроется во влиянии газов, выделяемых этими предприятиями. С тех пор над объяснением причин, химизма и физиологии повреждений от задымления интенсивно работают в Лесном институте — ныне факультете Технического университета в г. Дрездене. После Второй мировой войны в ГДР, в связи с растущей индустриализацией страны, увеличились масштабы повреждения растений от задымления. Стали необходимы всесторонние исследования для обнаружения вредных веществ, изучения биохимии и физиологии дымоустойчивости, а также для диагноза и терапии дымоповреждаемости.

Для комплексного исследования этих вопросов и обработки материалов при Институте химии растений Технического университета было создано отделение по исследованию повреждений от задымления. В его распоряжение предоставлены специальное здание и опытное поле для проведения экспериментов с искусственными смесями вредных газов. Впоследствии вокруг этого центра сгруппировались другие сотрудники факультета лесного хозяйства и отделения физиологии растений Института лесной селекции Сельскохозяйственной академии и образовано общество «Лесоводственные исследования дымоповреждаемости в Тарандте». Руководитель отделения по исследованию повреждений от задымления возглавляет одновременно рабочую группу сельского и лесного хозяйства в комиссии по охране чистоты воздуха при Научном Совете ГДР.

Отделение по исследованию повреждения от задымления находится в тесном контакте с подобными лабораториями и группами в различных странах, в частности, в Чехословакии, в Польше, ФРГ, Австрии, Швейцарии. Общие программы исследований обсуждались с чехословацкими и польскими специалистами. Кроме того, наше отделение является ведущим учреждением по исследованию повреждений от задымления при Совете экономической взаимопомощи.

Исследования велись по трем направлениям: основные исследования, диагностика, терапия лесонасаждений, страдающих от задымления. Сначала наибольшее внимание было уделено диагностике, чтобы установить размеры дымоповреждения. На карту нанесена 41 область, где хвойные породы подвергались воздействию дыма. В трех основных областях были проведены работы по крупномасштабной диагностике с разделением территории на зоны.

В Лее — Среднегерманской индустриальной области, в центре химической промышленности с большим числом предприятий, работающих на буром угле, простирается лесной массив Дюбенер — Даленер — Хайде, в котором преобладает сосна обыкновенная как главная древесная порода. Подобные условия можно встретить и в области Нидерлаузитц, где главными источниками вредных загрязнений являются крупные химические предприятия и электростанции.

Третью область повреждений составляют Эрцгебирге. Промышленность, сконцентрированная здесь, очень разнообразна (металлургическая, каменноугольная, текстильная, машиностроительная, химическая). Усугубляет положение проникновение сюда газов химической промышленности и электростанций из соседнего Богемского бассейна (ЧССР).

На примере Среднегерманской индустриальной области и Дюбенер — Хайде следует подробнее показать размеры задымления и повреждаемость растений. По состоянию на 1960 г. ежедневно выделяется в области между Альтенбургом и Галле около 1400 *т* SO_2, между Альтенбургом и Лейпцигом 1000 *т* SO_2 и в районе Эйленберг — Виттерфельд — Виттенберг — еще 1000 *т* SO_2. Кроме того, в атмосферу попадают незначительные количества SO_3, хлора, азотсодержащих газов, сероводорода, меркаптана и других органических соединений.

Самое большое скопление пыли наблюдается в густо населенных областях Галле и Виттерфельд, а также вблизи старых электростанций и угольных заводов. Влияние дыма и газов распространяется на лесную область площадью от 60 до 70 тыс. *га*.

Чтобы установить размеры фактических повреждений, разработан метод крупномасштабного пространственного диагноза, который после проверки, проведенной на меньших объектах, был распространен на крупные массивы. Для выявления степени повреждений брались сосновые лесонасаждения в возрасте свыше 30 лет, покрывающие на 50% всю лесную площадь. Доля сосны в целом составляет в лесонасаждении 79%. Работы, проведенные при установлении причин повреждаемости больших массивов, охватывали следующие разделы:

1. Изучение положения и условий места обитания, а также условий выделения вредных веществ, в частности SO_2, в атмосфере образования загрязненных зон.

2. Установление степени повреждения сосны по облику крон на 400 пробных площадях. Характеристика зон повреждения составляется на основе оценки среднего арифметического различных признаков и дополнительных исследований: анализа хода роста, анализа ствола, измерения показателя концентрации ионов водорода, оценки растительности на опытных площадях, типичных для данной зоны. При этом установление степени повреждения сосны происходило по четырем признакам: 1) окраска хвои, 2) длина хвои и побегов, 3) продолжительность жизни хвои, 4) густота охвоения.

Из этих 4 признаков как среднее арифметическое вычисляются показатели дерева.

Был произведен следующий опыт. На площади, имеющей вид прямоугольника, взято $\sim$ 50 деревьев. Благодаря измерению диаметра и высоты 10 средних деревьев, можно было вычислить площадь поперечного сечения на гектаре, производительность, сомкнутость и полноту насаждения, а также запас крупного лесоматериала. Среднее арифметическое всех данных одного участка составляет средний показатель насаждения. Он позволяет сделать вывод о степени повреждения по 6 классам, от очень сильного (до 1,80) до едва заметного (более 2,6).

На основании исследований сделаны выводы о том, что в исследуемой

области с площадью повреждения около 50 тыс. *га*, 15—20 тыс. *га* сильно повреждены. После того как были определены основные области повреждений леса и получено представление о протяженности и интенсивности повреждений, основное внимание было уделено исследованию основ дымоустойчивости и возможностей для терапии повреждений.

В центре внимания находится исследование поврежденных растений на опытном поле, так как оно позволяет производить экспериментальное окуривание горшечных молодых растений вредным газом в любой концентрации. Для этой цели было построено на прочном фундаменте 20 камер размером 1,5×1,5 *м* и около 1,8 *м* высотой. Деревянные рамы обтянуты полиэтиленом, а крыши сделаны из органического стекла. Камеры установлены в 4 ряда, по 5 камер в каждом. Смесь газов поступала в камеры через систему труб из дюропласта, проложенную под землей. Камеры соединялись в каждом ряду последовательно, так что при наличии 4 рядов можно было работать с тремя различными концентрациями и одним контрольным рядом. Воздух из атмосферы всасывался вентилятором, очищался угольным фильтром и после добавления испытуемого вредного газа нагнетался в камеру. До сих пор работали исключительно с SO_2.

Вредный газ предварительно разжижается с помощью аппарата Вестхоффа и дозируется. Ввиду того, что можно регулировать как количество воздуха, так и вредного газа, предоставляется возможность вычислить нужную концентрацию. Дополнительная проверка концентрации газовой смеси происходит с помощью ультрагазового прибора III фирмы Вестхоффа.

Первые работы на опытном поле ставили цель — испытать газоустойчивость различных древесных пород, так как данные в литературе о подобных опытах часто противоречивы. Но этот замысел оказался вскоре крайне проблематичным, поскольку на газоустойчивость влияют многие внешние факторы, условия местопроизрастания, климат, и данные сильно варьируют. Более удачными оказались исследования, проведенные на различных видах внутри одного рода. Были получены ценные результаты. Европейская лиственница, например, оказалась более чувствительна к дыму, чем японская. При опытах с гибридами лиственницы *Larix decidua*×*L. leptolepis*, полученных Институтом лесоразведения в Граупе, обнаружено, что растения были тем устойчивее к газам, чем больше при скрещивании преобладал компонент лиственницы японской. Этот опыт был использован затем в практике. Несколько сотен лиственниц, оказавшихся устойчивыми к окуриванию, высажены в Эрцгебирге в местах, особенно подверженных действию газов. Опыты продолжаются.

На деревьях ели (*Picea abies*) и сосны (*Pinus silvestris*) проводилась массовая селекция, чтобы получить газоустойчивые растения для разведения их в местах действия газов. Брали растения в возрасте 4—5 лет и окуривали SO_2 определенной концентрации (от ~0,7 до 1,2 *ppm*). При этом обнаружено, что наряду с растениями, подвергшимися интенсивному повреждению, осталось некоторое число растений, полностью не поврежденных. Последние, по-видимому, обладают более высокой газоустойчивостью. К сожалению, больше ничего нельзя сказать о дальнейшей судьбе этих растений, так как опыты только начались. Ведется большая работа по выявлению возможности повышения газоустойчивости растений действием внешних факторов, например, через создание условий для оптимального роста. С этой целью проводились опыты по удобрению горшечных растений. Выяснилось, что у растений при недостатке азота после искусственного окуривания наступают признаки сильного газоповреждения. Хорошее же снабжение азотом значительно повышало газоустойчивость. Эти результаты были проверены практически. И прежде всего на опытных участках сосны молодого возраста в трех зонах повреждений в Дюбенер — Хайде. Кроме

того, в 1965 г. в восточной части Эрцгебирге проводилось удобрение (распыливанием с самолета $Ca(NO_3)_2$, Mg, K) молодых лесонасаждений ели и сосны. Наряду с опытами по удобрению проверялась возможность повышения газоустойчивости отдельных растений путем внутренней «терапии». Для этой цели проверялись ростовые вещества (гиббереллин, индолилуксусная кислота), а также мочевина в их действии на растения в соединении с искусственным окуриванием SO_2. Растения получали эти вещества в растворенном виде и в различной концентрации как на поверхность листа, так и на корень и на подрезанные кончики ветвей. Результаты, к сожалению, были неудовлетворительными. Удачнее прошли опыты с мочевиной. Здесь также решающее значение имеет действие азота. Работы в этой области продолжаются.

В 1967 г. начались работы по исследованию одновременного действия на растения пыли и SO_2. Для этой цели использовалась пыль, взятая с электростанций, цементных заводов, конверторных установок. Проверялось действие пыли на поверхности растений и в почве. В программу были включены также исследования влияния ингредиентов калийной промышленности на растительность. При добыче соли, при заготовке и сушке в атмосферу попадают хлор, хлористый водород и соли различного состава. Соответственно химическому и физическому характеру этих ингредиентов картина повреждений имеет иной вид: распространение их не так велико, но повреждение, напротив, гораздо интенсивнее. Чтобы аналитически определить отдельные компоненты повреждений, нужно было в большинстве случаев разрабатывать новые методы измерения, а имеющиеся видоизменять.

Сотрудниками отдела были созданы приборы для определения SO_2 и разработаны методы измерения и определения хлора и хлористого водорода. Для анализа воздуха применялся прибор Вестхоффа — «Ультрагаз III», а также полярографический метод. Сотрудники отдела принимают активное участие в подготовке закона о сохранении чистоты воздуха. Они участвуют в различных международных комиссиях, стремятся к обмену опытом и идеями с советскими специалистами, работающими в этой области, чтобы сообща решить проблему исследования повреждений лесонасаждений от задымления.

АКАДЕМИЯ НАУК СССР
УРАЛЬСКИЙ ФИЛИАЛ

РАСТИТЕЛЬНОСТЬ И ПРОМЫШЛЕННЫЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ 1970

Я. ГРЕШТА

Отделение научных исследований Польской Академии наук, Забже

ВЛИЯНИЕ ПРОМЫШЛЕННОЙ ЗАГРЯЗНЕННОСТИ ВОЗДУХА НА СОСНОВЫЕ И ЕЛОВЫЕ ДРЕВОСТОИ

Развивающаяся промышленность вызывает сильное загрязнение воздуха, в результате чего лесное и сельское хозяйства несут большие потери (Kluge, 1957а, б). В Польше, в Верхне-Силезском промышленном округе, в некоторых местах количество осаждающейся пыли иногда превышает 3000 *мг/м*^{2} *сутки* (Bahr, Smialkowski, 1957). На лесистых территориях, расположенных в промышленном районе, содержание пыли в воздухе составляет 1000 *мг/м*^{2} *сутки*, тогда как в лесах, расположенных в направлении господствующих ветров на расстоянии 40—50 *км* от промышленного района, она достигает 300 *мг/м*^{2} · *сутки*. Аналогичные явления наблюдаются и в других промышленных районах. В Рурском бассейне промышленность выделяет в течение года 1 млн. *т* пыли, а также 2—3 млн. *т* SO_2.

В результате промышленного загрязнения воздуха потери в приросте массы древесины в Польше оцениваются примерно в 130 тыс. *м*^{3} (Bojowski Z., Kamieniecki F., Skawina T., 1965) на площади около 40 тыс. *га*. В Чехословакии, только в северо-западной части страны (Крушцовых горах), 40 тыс. *га* леса находится под воздействием промышленного загрязнения воздуха. В ГДР аналогичные районы занимают площадь 15 тыс., а в Рурском бассейне — 40 тыс. *га* (Wentzel, 1958). На территориях, подверженных действию дыма, почти отсутствует пихта и происходит смена хвойных древостоев лиственными, что экономически невыгодно.

Несмотря на строительство обеспыливающих устройств и уменьшение количества выделенных газов, содержание последних в воздухе промышленных районов значительно, и возникает обоснованное опасение, что оно будет постоянно увеличиваться.

ЦЕЛЬ И МЕТОДИКА РАБОТЫ

Целью работы было определение величины потерь, наносимых лесному хозяйству промышленным загрязнением воздуха. Изучался лесной массив, расположенный в южной части Верхнесилезского промышленного района. Исследования проводились на опытных делянках, заложенных на разном расстоянии от источника эмиссии. Определялся объем загрязнения и прирост массы древесины.

Содержание SO_2 в воздухе определено методом химического контакта с двуокисью свинца. Смена контактной массы наступала через каждые 30 дней. Установлено число постоянных частиц. В воде атмосферных осад-

ков определены кислотность и содержание сульфатных ионов. В дендрометрических исследованиях произведено точное измерение годичных колец и высоты деревьев.

Величина опытных делянок зависела от качества древостоев, возраста и породы и составляла в среднем 0,5 *га*. Запас древесины на опытных делянках рассчитан по методу Гартига. Исследуемые древостои сравнивались с нормальными древостоями по таблицам Б. Шимкевича.

Обращено также внимание на изменение физиологических и анатомических свойств исследуемых древостоев, выявлено количество некоторых вредных химических элементов в почвах.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Наиболее часто вредной примесью загрязненного воздуха является сернистый ангидрид и продукты его видоизменений. На опытных делянках содержание SO_2 подвергается значительным колебаниям в зависимости от расстояния, на котором находится источник эмиссии. Содержание SO_2 в воздухе зависит также и от времени года. В летний период оно колеблется от 0,268 до 0,715 *мг*/100 *см*^{2} в сутки, а с октября по январь — от 0,441 до 1,284 *мг*/100 *см*^{2} в сутки.

Существуют большие разногласия относительно величины доз SO_2, влияющих токсически на растения. В Германской Демократической Республике за предел токсичности SO_2 для растений принята концентрация 0,40 *мг*/*м*^{3}. Некоторые указывают предельную токсическую дозу насыщения SO_2 0,5—0,8 *мг*/*м*^{3}. Химическая реакция воды из седиментационных сосудов более или менее кислая. Вода с таким pH не должна отрицательно влиять на древесную растительность. Не установлено отчетливой корреляции между реакцией воды и концентрацией SO_2. Эти результаты, однако, являются средними за месяц, что не исключает, что в более короткие отрезки времени вода может быть более кислой. Полученные результаты по количеству оседающей пыли различны. Наибольшее количество наблюдается на поверхностях, расположенных поблизости от источника эмиссии. Количество оседающих твердых частиц на 1 *га* в течение года колеблется в пределах от 547 до 2737 *кг*. В состав осадка входят металлы (свинец, цинк, кадмий и алюминий), которые в сильно кислой среде могут воздействовать токсически.

Установлено, что лес задерживает большие количества пыли. Сосновый древостой может задерживать на 1 *га* до 36 *т* пыли. Ясной корреляции между содержанием ионов в точках эмиссии и расстоянием от источника эмиссии нет. Возможно, что вблизи от промышленного предприятия оседающая пыль содержит сульфаты, переходящие в раствор. Данные относительно концентрации загрязнения воздуха на различном расстоянии от источника эмиссии для отдельных зон содержатся в табл. 1.

Таблица 1

Средние результаты измерений концентрации загрязнения воздуха (1.VII.1964 г.—1.VII.1965 г.).

Зона	Количество в воздухе SO_2, *мг*/100 *см*^{2} в сутки	Вода из седиментационных сосудов		
		pH	оседание пыли, *мг*/*м*^{2}	SO_4, *мг*/*м*^{2} в сутки
I	0,484	4,1	324,5	6,98
II	0,517	4,8	431,5	10,47
III	0,541	5,1	700,6	14,26

Основные источники загрязнения воздуха: горная промышленность и энергетика, черная металлургия, цветная металлургия и литейная промышленность, химическая промышленность, промышленность строительных и огнеупорных материалов.

Предприятия этих отраслей промышленности выделяют в воздух огромные количества пыли и газов в виде соединений серы, хлора, фтора и азота, а также частицы соединений железа, меди, цинка, свинца и других тяжелых металлов. Эти разнородные субстанции, загрязняющие воздух, могут воздействовать либо непосредственно токсически на организм растения, как например, газы, либо косвенным путем из-за вызванного ими изменения климатических и почвенных условий. При действии загрязнений из метеорологических факторов самое важное значение имеет направление и скорость ветра: чем больше скорость ветра, тем быстрее понижается концентрация загрязнения в воздухе. Обычно полоса пыли после выхода из трубы уносится на расстояние 50—60 *км* (Pelz, 1964). Изучение содержания выделенных в почву микроэлементов показало, что наиболее сильная концентрация их находится на расстоянии до 800 *м*. На расстоянии 1600 *м* установлено минимальное содержание микроэлементов, которое по мере увеличения расстояния снова возрастает.

Газы и пыль разносятся по-разному. Большое значение имеют также туман, дождь и особенно снег, которые значительно уменьшают распространение загрязнений. Из топографических факторов большое значение имеет местоположение источника эмиссии по отношению к окружающей местности. К физическим факторам нужно причислить высоту заводской дымовой трубы, скорость газов (пыли) у выходного отверстия трубы, температуру тяги в трубе и т. п.

Общепризнано, что главная причина возникновения вредных влияний — прямое воздействие дымов, а в особенности SO_2 на органы ассимиляции растений. Это происходит от того, что двуокись серы возникает в большинстве технологических процессов, а также является продуктом сгорания основного энергетического сырья.

ВЛИЯНИЕ ПРОМЫШЛЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОЗДУХА НА ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ И АНАТОМИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ДЕРЕВЬЕВ

Под вредным влиянием промышленного загрязнения воздуха мы понимаем повреждения частей растений, в результате которых наступает нарушение физиологических и биологических функций, а тем самым нарушение равномерности роста растений, что в конечном итоге приводит к полному его торможению, а в крайних случаях к гибели растений.

Чаще всего указывается на уменьшение ассимиляции (Haselhoff, 1932; Kaller, Müller, 1958; Rohmeder, 1960). При этом чем интенсивнее процесс ассимиляции, тем сильнее повреждается растение. Имеются данные об изменении при газоповреждении ассимиляции (Wieler, 1905, Stoklosa, 1923), а также хлорофилла и отношения его *a* *b* (Müller, 1957). При сильном повреждении хлоропласты подвергаются разрушению. На этой стадии наблюдается уменьшение содержания крахмала в растениях (Steihübel, 1963). Матерна (Materna, 1961) выявил, что подвергнутые воздействию SO_2 ветки ели имеют увеличенное количество серы и катионов Ca, K и Mg. Это объясняется косвенной мобилизацией катионов в ветвях или в почве, что представляет самооборону растения от загрязнения. Оказалось, что растения имеют различную восприимчивость в зависимости от времени дня. До полудня восприимчивость более сильная, чем после полудня, что связано с выравниванием водного баланса и открыванием устьиц. Исследования

показали, что каждое растение имеет критическую стадию развития. У ели молодые листья проявляют большую сопротивляемость и по мере развития чувствительность их возрастает, тогда как черная сосна и веймутова сосна проявляют особенную чувствительность в ранней стадии развития.

В результате отрицательного влияния наступает ослабление деревьев, возрастает их восприимчивость к биологическим вредителям, рост затормаживается. У растений, поврежденных дымом, наблюдаются весьма характерные симптомы, чаще всего в форме некрозов, пожелтения концов игл, появления бурых пятен, засыхания концов иголок. Сосновые древостои иначе реагируют на промышленное загрязнение воздуха, чем еловые. Еловые древостои быстро теряют поврежденную хвою, что приводит к их отмиранию. Сосновые древостои довольно долго сохраняют поврежденную хвою и жизнестойки (хотя и не растут) длительное время даже в случае сохранения только одногодичной хвои.

Имеется корреляция между количеством игл на деревьях и приростом в толщину и высоту. В большинстве случаев состояние листвы, а также характерная ее окраска послужили основой для разработки методов оценки ущерба, принесенного лесам.

ВЛИЯНИЕ ПРОМЫШЛЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОЗДУХА НА ПРИРОСТ ДЕРЕВЬЕВ И ДРЕВОСТОЕВ

Потери лесного хозяйства вследствие промышленного загрязнения воздуха выражаются в уменьшении прироста древесной массы и появления сухостоя. О величине потерь можно судить путем определения разницы между расчетной и имеющейся в действительности массой (Czyz и др.). Различают острые повреждения (ожоги), вызванные влиянием больших концентраций газов, действующих кратковременно, и повреждения хронические, являющиеся результатом продолжительного воздействия малых концентраций дыма, газа, пыли (Pelz, 1964). Острые повреждения могут привести к гибели древостоя. Отдельные породы не одинаково реагируют на степень загрязнения воздуха. Исследования показывают, что степень загрязнения воздуха, необходимая для исключения ели из древостоев, вызывает лишь начало отмирания сосновых древостоев (Pelz, 1958). Предельные значения концентраций газов, вызывающие острые или хронические повреждения, не установлены.

Ряд авторов разграничивают понятия повреждение и ущерб. По Пфефферу (Pfeffer, 1961) под ущербом понимается снижение экономического эффекта лесопользования. Повреждения указывают только на изменения в физиологических реакциях древостоев. На основании дендрометрических исследований установлено, что не все древостои повреждены в одинаковой степени. По мере удаления от источника загрязнения степень повреждения ассимиляционного аппарата уменьшается, а качество древостоев улучшается.

В связи с вышеизложенным стало необходимым выделение отдельных зон повреждения древостоев (см. табл. 1). За основу выделения приняты роза ветров, степень загрязнения, выраженная количеством сухого остатка (оседание пыли) и количеством микроэлементов, обнаруженных в седиментационных сосудах и в почве, а также степень поврежденности ассимиляционного аппарата. Учтены количество, окраска, длина и форма хвоинок. В дендрометрических исследованиях обращено внимание на внешний облик дерева, бонитет и компактность древостоя.

I з о н а. Древостои, расположенные далеко от промышленных предприятий. Здесь можно установить только изменение в окраске хвои на

двухлетних побегах. Количество игл редуцировано на 1/3. На 60% деревьев хвоя держится 3 года и на 30% 2 года. В древостое есть вторичные вредители. Не установлены потери в приросте деревьев. Оседание пыли составляет 350 *мг/м*³ в сутки.

II зона. Древостой на меньшем расстоянии от предприятия. Хвоя частично деформирована, светло-зеленой окраски, на концах окраска желтая, с отдельными редко встречающимися коричнево-бурыми пятнами; продолжительность жизни 2 года при одновременном уменьшении количества игл на побеге на 1/3. В древостоях старшего возраста просвечивающая крона и заторможенный прирост в высоту; 1/4 часть культуры поражена листовертками, имеются вторичные вредители. В старших классах возраста сосновые древостои показывают снижение бонитета на 1 класс, тогда как еловые древостои на 0,5 класса. Оседание пыли 350—550 *мг/м*³ в сутки.

III зона. Древостои, находящиеся в непосредственном соседстве с промышленным предприятием. В старших классах возраста хвоя живет 1—2 года при одновременном значительном уменьшении количества ее на побеге (до 60%). Хвоинки обычно деформированы, почти все с большими изменениями в окраске (от желтой на концах игл до буро-коричневых пятен, покрывающих их иногда на 2/3 длины). Кроны деревьев сильно поредевшие, в древостоях старшего класса возраста полное исчезновение прироста в высоту, молодняк на 1/3 поражен листовертками.

Значительна пораженность вторичным вредителем. В сосновых древостоях наблюдается снижение бонитета на два класса, а в еловых на один. Оседание пыли свыше 550 *мг/м*³ в сутки.

Текущий прирост по высоте показывает кульминацию в 10—20 лет. В возрасте 40—50 лет наблюдается торможение прироста. Сначала он падает медленно, а затем быстрее. Аналогичное явление наблюдалось при уменьшении поверхности сечения. Оно вызвано торможением годового прироста. Исследование среднеповрежденных еловых древостоев показало, что 50% деревьев не имеют годового прироста. В сильно поврежденных древостоях это явление наблюдалось почти на всех деревьях (Vins, 1961).

С течением времени разница между площадью сечения деревьев, растущих поблизости от источника задымления, и деревьями, растущими дальше, увеличивается.

Класс бонитета лесного массива подвергается постоянному понижению с увеличением возраста древостоя, причем в низших классах понижение происходит медленнее. В течение 50 лет снижение бонитета было сравнительно невелико, а позже оно усиливается в быстром темпе. Это результат того, что в прошлом, когда современные 90—100-летние древостои имели возраст 50 лет, размер запыленности промышленными выделениями был значительно меньше. В древостоях II и частично III класса возраста разница в бонитетах минимальная, либо вообще не существует, тогда как в возрасте рубки она составляет в среднем два класса для сосны и один для ели (табл. 2). Ель до тех пор, пока выдерживает запыление, меньше теряет в приросте массы, но с момента превышения предела ее сопротивляемости начинает быстро засыхать. Сосна, наоборот, дольше выдерживает запыление, однако из-за этого больше теряет в приросте. Древостои, находящиеся под влиянием загрязнения воздуха промышленными выделениями, быстро изреживаются. Их продуктивность, по сравнению с расчетной, сильно снижается. При полноте 0,8 потери по массе древесины достигают в I зоне 51,2 *м*³ (13,4%), во II 90,6 *м*³ (25,7%), в III 114,3 (35,1%).

Проведенные исследования показали также, что промышленное загрязнение воздуха исключило из лесов центральной части Верхнесилезского промышленного района пихту, как породу наиболее восприимчивую. В на-

Таблица 2

Понижение класса бонитета сосны и ели в зависимости от возраста древостоя по зонам

Возраст, лет	Сосновый древостой			Еловый древостой		
	I	II	III	I	II	III
40	0	0	0	0	0	0
50	0,5	0	0	0	0	0
60	0,5	0,5	0	0,5	0	0
70	1,0	0,5	0,5	0,5	0,5	0
80	1,5	0,5	0,5	1,0	0,5	0
90	1,5	1,0	0,5	1,0	0,5	0,5
100	2,0	1,0	1,0	1,5	0,5	0,5

стоящий момент погибают сосновые и еловые древостои. Это приведет к уничтожению природных комплексов растений на значительных территориях. Поэтому одновременно с сохранением продуктивности лесов должна быть проведена инвентаризация существующих биотопов, чтобы грядущие поколения не упрекали нас в том, что мы, формируя новые ландшафты, стерли всякий след естественных ценозов.

ЛИТЕРАТУРА

Bahr M., Smialkowski T. Sprawozdanie z pomiarów zapylenia terenów Górnoslaskiego Okregu Przemyslowego w IV kwartale 1955 r. oraz w I, II i III kwartale 1956 r.— Biuletyn (Warszawa), 1957, № 10.

Bojowski Z., Kamienicki F., Skawina T. Charakterystyka i ocena szkodliwego oddzialywania przemyslu na las. Slaski Instytut Naukowy. Katowice, 1965.

Czyż A., Godzik S., Greszta J., Olszowski J. Wplyw przemyslowego zanieczyszczenia powietrza na przyrost drzewostanów iglastych (manuskryp). [Б. г.].

Haselhoff E. Grundzuge der Rauchschadenkunde. Anleitung zur Prüfung und Beurteilung der Einwirkung von Rauchabgängen auf Boden und Pflanzen. Berlin, 1932.

Kaller H., Müller J. Beitrage zur Erfassung der durch schwefleige Säure nersorgenfenen Rauchschäden an Nadelhöbsern.— Forstwis, Forschungen, 1958.

Kluge M. Wyniki wstepnych pomiarów zapylenia atmosfery na terenie Górnoślaskiego Okregu Przemyslowego.— Biuletyn. (Warszawa), 1957a, № 10.

Kluge M. Wyniki pomiarów bezpósredniego promieniowania slonecznego na terenie Górnoslaskiego Okregu Przemyslowego.— Biuletyn. (Warszawa), 1957б, № 10.

Materna J. Einflus der Schwefeldioxynde auf die mineralische Zusammensetzung der Fichtennadeln.— Naturwissenschaften. Berlin, 1961.

Müller J. Specifischer Nachweis von SO_2 Rauchschaden an Planzen mit Hilfe von Blattpigmentenalyse.— Naturwissenschaften. Berlin, 1957.

Pelz E. Beobachtungen zur Rauchharte der Kiefer. Allgen.— Forstzeitschritt (Munchen), 1958.

Pelz E. Studion informace Lesnitv. Praha, 1964.

Pfeffer A. Ochrona Lasu. Praha, 1961.

Rohmeder E. Die Wirkung von Staub und Russ auf den Zuwachs der Fichte.— Forst- und Holzwirtschaft, 1960.

Steinhübel G. Zmienny v skrobovych reservach listov cezminy po umelou znecisteni pevnym popvaskom.— Biologia, 1963, 18.

Stoklasa J. Die Beschadigung der Vegetation durch Rauchgase und Fabrikexhalationen. Berlin — Wien, 1923.

Vins B. Störungen der Jahresinbildung durch Rauchschäden, 1961.

Wentzel K. F. Feststellung und Bewertung von Waldrauchschäden. Forschung u. Beratung.— Forstwirtschaft. Düsseldorf, 1958.

Wieler A. Untersuchung über die Einwirkung schwefliger Säure auf die Pflanzen. Berlin, 1905.

АКАДЕМИЯ НАУК СССР
УРАЛЬСКИЙ ФИЛИАЛ

РАСТИТЕЛЬНОСТЬ И ПРОМЫШЛЕННЫЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ 1970

А. П. ЩЕРБАКОВ, И. Ф. КНЯЗЕВА, Т. И. ПОЛИЕВСКАЯ
Лаборатория лесоведения АН СССР, Москва

ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТЬ ДРЕВЕСНЫХ НАСАЖДЕНИЙ В УСЛОВИЯХ ЗАГРЯЗНЕННОГО ВОЗДУХА В ЛЕСОПАРКОВОМ ПОЯСЕ г. МОСКВЫ

Загрязнение воздушного бассейна г. Москвы и ее окрестностей сильно влияет на нормальную жизнедеятельность листового аппарата растений и на величину годового прироста деревьев, произрастающих в лесопарковой зоне, а также ведет к преждевременному старению организма, сокращает его жизненный цикл и снижает биологическую стойкость против фито- и энтомовредителей. Запас древостоя падает, бонитет снижается на один-два класса. Все это приводит к прогрессирующему распаду преимущественно сосновых и еловых насаждений, особенно в восточном, северо-восточном и юго-восточном секторах зеленого кольца г. Москвы, где ежегодный объем санитарных рубок превышает годичный прирост древесины в 3—4 раза, а в некоторые годы даже в 10—12 раз.

Наши исследования загрязненности воздуха в лесопарковой зоне г. Москвы [1] показали следующее. В лесных насаждениях восточного и северо-восточного секторов зеленой зоны г. Москвы (Кучинский, Балашихинский, Мытищинский и Подмосковный леспаркхозы) в течение года наблюдается постоянное присутствие весьма значительных количеств сернистого ангидрида, реже окислов азота и активного хлора и иногда хлоридов, тогда как на западе (Хлюпинское и Шараповское лесничества) подобного рода примесей в воздухе не обнаруживалось или обнаруживались едва уловимые количества хлоридов, очевидно, являющихся продуктами бытового сжигания и выветривания горных пород и минеральной части почвы. Это объясняется преобладанием ветров юго-западного и западного направлений. Еще более убедительные данные получены в отношении загрязнения газовыми отбросами и растворимыми азотсодержащими веществами дождевых осадков. Наибольшее количество аэрозолей было обнаружено в осадках, выпавших в районе Подмосковного ЛПХ [2], меньше в Кучинском и Балашихинском, далее в Мытищинском и меньше всего в Звенигородском ЛПХ (табл. 1). Количество сульфатов и хлоридов в осадках задымляемых районов было в 3—4 раза больше, чем в незадымляемых. Таким образом, осадки, поступающие в почву, должны постоянно подкислять ее и тем самым оказывать соответствующее влияние на рост древесных пород. Это можно видеть из данных смещения кислотности осадков, поступающих в почву.

---

[1] Было заложено 39 пробных площадок в сосняках и ельниках 15—18 и 60—80-летнего возраста.

[2] ЛПХ — леспаркхоз.

Таблица 1

Загрязнение атмосферных осадков в задымляемых и незадымляемых районах зеленой зоны г. Москвы (средние показатели за сутки за период декабрь 1961 г. — сентябрь 1962 г.), *мг/м²*

Место взятия осадков	Нерастворимая часть			Растворимая часть					
	Всего	Зола	Сгоревшая часть	Сухой плотный остаток	Прокаленный остаток	Сгоревшая часть	Сульфаты	Хлориды	pH
Лосиноостровская (Подмосковный ЛПХ)	428 (100)	287 (67)	141 (33)	418	250 (60)	168 (40)	217	13	6,8
Кучинский ЛПХ	188 (100)	108 (57)	80 (43)	390	198 (50)	192 (50)	181	9	6,7
Мытищинский ЛПХ	91 (100)	56 (62)	35 (38)	277	139 (50)	138 (50)	135	5,5	6,7
Звенигород	38 (100)	16 (42)	22 (58)	154	84 (54)	70 (46)	57	4,8	7,0

Примечание. В скобках — процент.

По сведениям санитарно-эпидемиологической станции г. Москвы, максимальное содержание сернистого ангидрида в одной из восточных окраин г. Москвы (Измайловский парк) обнаруживалось в ноябре-феврале, а минимальное в мае-июле.

Такая же закономерность изменения содержания и окислов в городском воздухе по временам года замечена нами и при исследовании лесопарковой зоны г. Москвы (Мытищинский, Подмосковный, Кучинский и Балашихинский ЛПХ). Так, например, сернистого ангидрида и окислов азота в мае и июне почти не обнаружено, тогда как в октябре и ноябре во всех точках количество их достигало высокого уровня. Подобную картину можно наблюдать и при концентрации содержания сульфатов и хлоридов в атмосферных осадках в различных районах зеленой зоны г. Москвы.

ХАРАКТЕРИСТИКА ПОЧВ

В восточной сильно запыленной части лесопаркового пояса, покрытой водно-ледниковыми отложениями, очень широко распространены маломощные супеси, подстилаемые очень водоупорной глинистой прослойкой, сменяющейся песками и вновь водоупорной породой (Кучинский ЛПХ). Местами, по остаткам размытых моренных всхолмлений, эти маломощные супеси лежат прямо на морене (часть Подмосковного ЛПХ). Подобные же условия были найдены в лесхозах мало задымленной западной части зеленой зоны г. Москвы, в которых и были заложены контрольные участки.

Изучение почвенных разрезов позволяет говорить о близком соответствии пробных площадей задымляемых и незадымляемых районов. Определение кислотности верхних горизонтов A_0, A_1 и A_1 — A_2 также не показало каких-либо отклонений между этими группами почв (табл. 2). Во всех пунктах кислотность верхних горизонтов воды колебалась незначительно (pH 5,0—5,5), немного понижаясь в горизонте A_2. Таким образом, участки в незадымляемых районах могут служить по характеру почв контролем при изучении влияния загрязнения воздуха. Дальнейшее изучение почвенных образцов позволяет сделать более полное заключение о близком характере почв этих двух районов.

Таблица 2

Характеристика почв

Характеристика территории	Лесничество, порода*	Почвенный горизонт	pП	Валовое содержание, %				NH_4	P_2O_5	SO_4, мг·экв
				C	N	Ca	Mg	мг/100 г почвы		
Незадымленная	Хлюпинское, сосна	A_1	5,15—3,30	5,28	0,20	6,00	1,85	1,30	6,76	0,171
		A_1/A_2	4,91—4,76	1,36	0,10	1,66	0,50	—	3,67	0,663
Задымленная	Подмосковное, сосна	A_1	4,29—4,22	3,97	0,12	2,25	0,47	0,20	6,38	0,268
		A_1/A_2	4,34—4,35	0,54	0,06	0,57	0,20	—	5,12	0,163
Незадымленная	Шараповское, ель	A_1	4,56—4,60	3,17	1,28	2,09	0,95	0,41	17,52	0,214
		A_1/A_2	4,36—4,31	0,67	0,07	0,34	0,29	1,61	3,50	0,364
Задымленная	Кучинское, ель	A_1	4,28—4,18	1,28	1,26	0,41	0,20	1,60	36,42	0,256
		A_1/A_2	4,25—4,16	0,63	0,06	0,18	0,11	1,60	5,89	0,308

* Возраст 70—80 лет.

Действие дыма и вредных газов в воздухе проявляется и через почву, которая хотя обладает известной степенью буферности, но при систематическом и длительном подкислении может менять направление химических процессов, обедняясь основаниями. В ней нарушается газовый режим и микробиологическая деятельность, происходит накопление растворимых солей алюминия, в результате чего нарушается нормальный режим почвенного питания растений.

Отрицательное действие химических и механических примесей в воздухе на лесных почвах проявляется сильнее, чем на почвах сельскохозяйственного пользования. Последние, как правило, ежегодно перепахиваются и удобряются. Это помогает преодолевать вредное действие дымовых газов. На лесных же почвах в условиях задымления происходит непрерывное подкисление почв. Кислые соединения газов и дымов не встречают в лесной почве буферной силы, что создает большую опасность деградации их структуры и понижения плодородия.

В табл. 3 показана характеристика микробиологической деятельности в горизонте A_1 почвы задымляемых и незадымляемых районов зеленой зоны г. Москвы. В подстилке молодых еловых насаждений незадым-

Таблица 3

Количество микроорганизмов (горизонт A_1, 1963 г.), 1000 шт. на 1 г абс. сухой почвы

Характеристика территории	Лесничество, порода*	Посев на МПА			Посев на сусло-агар			Посев на КАА		
		Май	Август	Октябрь	Май	Август	Октябрь	Май	Август	Октябрь
Незадымленная	Хлюпинское. сосна	1835,4	2000,8	5064	9,4	15,4	15,0	5050,9	10882,4	7680
Задымленная	Подмосковное, сосна	1209	768,4	1569,4	17,0	23,3	12,4	2886,0	2101,8	2560,4
Незадымленная	Шараповское, ель	2002,8	1390,8	849,6	29,8	1249,6	1655,4	6560,0	429,2	8490,6
Задымленная	Кучинское, ель	637,2	664,9	689,3	13,1	8208	1019,2	5853,1	25840	5911,6

*Возраст 70—80 лет.

ляемого района (Шарапово, кв. 2) число всех групп бактерий и грибов значительно больше, чем в подстилке задымляемого района (Подмосков-

ный ЛПХ, кв. 53). Однако в горизонте A_3 картина иная: почти во всех случаях число микроорганизмов больше в почве задымляемых районов. В других образцах данные были противоречивые и недостаточные.

ВЛИЯНИЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОЗДУХА НА ДРЕВЕСНЫЕ НАСАЖДЕНИЯ

Нами установлено, что хотя сосна под действием дымов и газов растет более интенсивно в длину, чем в толщину, тогда как у листовых пластинок лиственных пород наоборот. В начальной фазе роста листа газы стимулируют рост листовой пластинки в ширину, а в последующие фазы тормозят его, в результате чего листья не достигают нормальной формы. Все это приводит к повышению ксероморфности строения листа. Кроме того, мы наблюдали у молодой сосны (16 лет) в Подмосковном ЛПХ (кв. 50), что кончики хвои, как правило, приобретают светло-желтую окраску, ниже которой хвоя имела темно-зеленый блеклый цвет. Хвоя была короче обычной.

В насаждениях ели и сосны задымляемых районов лесопаркового пояса г. Москвы на загрязнение воздуха весьма чувствительно реагируют хвоя и почки. Во всех случаях как у молодых деревьев, так и у старых, резко снижаются сухой и сырой абсолютный вес и длина хвоинок, средний линейный прирост верхушек побега, средний вес верхушечных и боковых почек. Это, конечно, связано с ослаблением синтетической деятельности листового аппарата и ростовых процессов. Обратная зависимость наблюдалась в отношении образования числа хвоинок на линейной единице побега: у деревьев, растущих в задымляемых районах, число хвоинок на одном сантиметре длины побега текущего года во всех случаях больше, чем у деревьев, растущих в чистом воздухе. Хвоя располагалась пучками, хвоинки тесно сближены между собой и значительно укорочены.

Для того, чтобы ответить на вопрос, какое влияние оказывает загрязнение воздуха на некоторые физиологические процессы в листовом аппарате сосны и, в частности, на уровень окислительных систем, тесно связанных с новообразованием живых тканей, нами было проведено исследование содержания аскорбиновой кислоты в свежей хвое 16—18-летней сосны за период сентябрь-ноябрь 1962 г.

В однолетней и двухлетней хвое сосны задымляемого и незадымляемого районов содержание аскорбиновой кислоты с половины сентября и до половины ноября непрерывно возрастало (от 112—127 до 407—419 *мг*%). В конце ноября, когда среднедневная температура воздуха стала близкой к нулю, содержание аскорбиновой кислоты снизилось почти на 25%. При этом отрицательное влияние задымления воздуха на содержание аскорбиновой кислоты резко сказалось на хвое текущего года лишь в первый месяц наблюдений — до половины октября, после чего уровень аскорбиновой кислоты в хвое сосны задымляемого и незадымляемого района почти выравнялся. В двухлетней хвое содержание ее в течение всего периода наблюдений в задымляемом районе было значительно ниже, чем в хвое сосны в незадымляемом районе. Хотя эти данные требуют дальнейшего подтверждения и уточнения, все же они дают основание предполагать, что нарушение нормального воздушного режима отражается на окислительных системах листового аппарата, связанных с углеродно-белковым комплексом внутриклеточного обмена веществ.

На задымляемых участках хвоя сосны и ели содержала несколько больше серы (0,13—0,26 против 0,10—0,12%).

В еловых и сосновых насаждениях старшего возраста влияние задымления сильно уменьшает число здоровых деревьев в насаждениях, а число сухих и усыхающих увеличивается в 25 раз быстрее. Ежегодный прирост в высоту за последние 6 лет уменьшился на 49—73%. Одновременно, по данным старшего лесопатолога Ю. А. Трояновской, большое количество ослабленных и усыхающих деревьев на пробных площадях задымленных районов способствует развитию очагов стволовых вредителей (еловая смолевка, короеды, топограф, двойник, пушистый полиграф, граве и черный еловый усач). В то же время на контрольных пробных площадях стволовых вредителей было очень мало (1—2 заселенных дерева на пробе 0,5 *га*).

АКАДЕМИЯ НАУК СССР
УРАЛЬСКИЙ ФИЛИАЛ

РАСТИТЕЛЬНОСТЬ И ПРОМЫШЛЕННЫЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ 1970

В. Г АНТИПОВ
Ботанический сад АН БССР, Минск

ВЛИЯНИЕ СЕРНИСТОГО АНГИДРИДА НА ГЕНЕРАТИВНЫЕ ОРГАНЫ ДРЕВЕСНЫХ РАСТЕНИЙ

Концентрация промышленного производства привела к созданию специфических условий для произрастания растений на больших площадях, захватывающих целые географические области, такие как Рейнско-Вестфальская в Западной Германии, Савойя — Мариенны во Франции, Рудные горы в ГДР и ЧССР, Кузбасс, Урал и Донбасс в Советском Союзе. При воспроизводстве лесов в таких областях большое значение имеет естественное семенное возобновление древесных растений. Исследования по влиянию промышленных газов (особенно SO_2) на генеративные органы древесных растений, на прохождение основных этапов образования семян и плодов, их созревание приобретают в связи с этим теоретический и практический интерес.

Снижение урожая семян и плодов в условиях промышленного загрязнения воздуха наблюдали многие авторы. Например, в Англии испытания плодовых пород в пределах города показали, что продукция (три урожая), полученная в «самом чистом» саду была ровно в три раза больше, чем полученная в «самом грязном» районе [Краудер и Растон — по Генри (Henry), 1920]. Пельц (Pelz, 1963) в еловых насаждениях, поврежденных газами, нашел, что шишки ели европейской были легче и короче, имели повышенное количество пустых и деформированных семян. Аналогичные изменения наблюдались в сосновых насаждениях Измайловского лесхоза г. Москвы (Жохов, Пэрн и др., 1961). Для Охтенской лесной дачи г. Ленинграда, находящейся в сфере влияния вредных газов химического комбината, Н. В. Подзоров (1965) отметил, что в поврежденных шишках сосны нет семян, несмотря на нормально развитые семенные чешуи. Количество семян в шишках по мере удаления насаждений от основных очагов задымления увеличивается, а количество шишек без семян соответственно уменьшается. Х. М. Исаченко (1938) для Донбасса приводит еще более широкий список пород, аналогично реагирующих на условия задымления.

Нами были проведены наблюдения на трех заводах г. Ленинграда со специфическими условиями загрязнения воздуха (этилен, эфир, сернистый ангидрид, иногда хлор). Вяз обыкновенный, черемуха обыкновенная, ирга обыкновенная хотя и цвели, но не завязали плодов, березы пушистая и бородавчатая, дерен белый, тополь душистый, хотя и завязали плоды и семена, но сбросили их неспелыми. Особенно отчетливо это обнаружил дерен белый, у которого из 50 наблюдаемых цветов (верхний ярус) завязалось 18, и все они опали незрелыми. Значительное опадение завязей показала жимолость татарская. У всех наблюдавшихся растений четко возрастало

относительное количество преждевременно опавшей завязи на стороне, обращенной к источнику выброса газов. Допп (Dopp, 1931) причину таких явлений при действии сернистого ангидрида на покрытосемянные растения видит в нарушении деятельности ассимиляционного листового аппарата растений, что приводит к затягиванию цветения и к недостаточному отложению резервных веществ для образования плодов. Пельц (Pelz, 1963) применительно к еловым лесам считает, что дымовые газы непосредственно воздействуют на цветение и плодоношение и влияют косвенно, вызывая ослабление ассимиляционного аппарата и нарушение питания тканей. Он приходит к важному, с производственной точки зрения, выводу, что нельзя ожидать регулярного плодоношения от еловых лесов, поврежденных дымом. Качественное снижение семенного материала не обеспечивает восстановление леса на основе естественного возобновления.

Нами в августе 1962 г. проведено обследование состояния древесных растений в насаждениях около Целлюлозно-бумажного комбината (ЦБК-1) в г. Калининграде. В 200 *м* от комбината в воздухе еще отчетливо чувствовался запах сернистого ангидрида. В этих условиях мы не обнаружили четкой зависимости между плодоношением и степенью поражения ассимиляционного аппарата в период формирования семян и плодов. Так, сильно пораженные липы (три вида), конский каштан, клены и ряд других пород, произраставшие довольно близко от комбината, хорошо и даже обильно плодоносили. В то же время девичий виноград и яблоня домашняя только цвели, а черемуха и виноград культурный только вегетировали, хотя имели слабое поражение листвы. У сосны обыкновенной, имевшей изреженную хвою в кроне, притом всего двухлетнего возраста, наблюдалось плодоношение.

В связи с этим интересно рассмотреть последствия воздействия сернистого ангидрида на органы размножения древесных растений. В литературе большая часть сведений такого рода приводится на примере действия других газообразных соединений (в основном этилена), а объектами исследований являются главным образом декоративные цветочные и сельскохозяйственные растения. На преждевременное опадение лепестков у растений под воздействием каменноугольного дыма имеется указание еще у В. Сабашникова (1911), а более быстрое отцветание растений в условиях загазованности воздуха Стоклаза (Stoklasa, 1923) рассматривал как один из симптомов невидимого поражения растений. Преждевременное опадение цветов (а также листьев) происходит под воздействием английского смога, главнейшим компонентом которого является сернистый ангидрид (Metcalfe, 1953). В ряде случаев наблюдалось поражение соцветий. Ноббе исследовал поражение сернистым ангидридом колоса хлебных злаков — по Хазельхиофу и Линдау (Haselhoff u. Lindau, 1902), а В. М. Бабкина (1962) недавно указала на деформирование цветка и соцветия у левкоя однолетнего в условиях загазованности. В то же время на повышенную устойчивость к сернистому газу покровных органов цветка (лепестков) некоторых видов указывали многие авторы (Ewert, 1916; Hampl, 1931; Dopp, 1931, и др.). Краудер и Растон — по Генри (Henry, 1920) — наблюдали, что окраска цветов у деревьев и кустарников под воздействием дыма лишалась нормальной интенсивности.

Из двадцати пяти обследованных нами древесных видов на химических предприятиях г. Ленинграда (Антипов, 1960) у большинства наблюдалось вполне удовлетворительное цветение. Однако присутствие газов в воздухе сказывалось на значительном уменьшении количества плодов. У березы пушистой это выразилось как в снижении количества женских соцветий, так и в уменьшении их размеров, тогда как у ольхи серой — в основном уменьшились размеры женских соцветий. Мужские сережки у нее имели

нормальные размеры. В 1964 г. нами были окурены сернистым ангидридом женские соцветия (шишечки) у нескольких хвойных пород. При концентрации сернистого ангидрида 8 *мг/м*³ с экспозицией в течение 1 *ч* у *Pseudotsuga glauca* наблюдалось усиление воскового налета на чешуях, а кроющие чешуи частично потеряли тургор. При экспозиции в 4 *ч* эти же признаки были выражены более сильно.

У клена остролистного при той же концентрации и экспозиции 1 *ч* отмечена потеря тургора у цветоножки и легкая морщинистость цветочных лепестков; при экспозиции в 4 *ч* эти признаки были выражены сильнее. Кроме того, наблюдалось легкое побурение и гофрированность верхней части лепестков. У клена ясенелистного при экспозиции в 1 *ч* также первоначально отмечена только незначительная потеря тургора, но через 14 *ч* тычинки поблекли и приобрели волнистость, а при экспозиции в 4 *ч* они засохли и сильно сморщились.

Действие газов на генеративные органы цветков, а также на сам процесс опыления и оплодотворения наименее изучено. Имеются сведения о воздействии сернистого ангидрида на раскрывание пыльников, прорастание пыльцы и рост пыльцы злаковых (Van Haut u Stratmann): если они поражались дымом перед или в период цветения, то наблюдалось высыхание тычинок. По аналогии, вредным действием SO_2 на рыльца и пыльцу Н. П. Красинский (1937) объяснял ослабление плодоношения у древесных растений при концентрациях, почти не повреждающих листву. Однако исследование он не проводил. У покрытосемянных растений, по исследованиям Доппа (Dopp, 1931), при действии сернистого ангидрида непосредственно на органы цветка тормозится развитие тычинок и пыльцевых мешков, повреждаются цветочная пыльца, плодолистики, зародыши, ткани рыльца и пестика, что вредно отражается на развитии эмбрио- и питательных тканей, а впоследствии на образовании плодов. Все авторы указывают на высокую поражаемость тычинок и пестиков сернистым газом, но почти отсутствуют экспериментальные данные о влиянии промышленных газов на жизнеспособность пыльцы, особенно у древесных растений.

В 1962 г. пыльца с 13 видов берез, произрастающих в экспозициях Центрального ботанического сада АН БССР в г. Минске, была нами окурена в камерах с довольно высокой концентрацией сернистого ангидрида (около 40 *мг/м*³) в продолжение 1, 2, 8 и 24 *ч*. Затем по методу В. С. Шардакова (1940) реакцией на пероксидазу была проверена жизнеспособность пыльцы через 1, 6, 20 и 48 *ч* после окончания фумигации.

Принимая столь высокую концентрацию сернистого газа, встречающуюся довольно редко, мы считали, исходя из литературных данных, что она будет смертельной для пыльцевых зерен. Постепенно снижая концентрацию от летальных к менее токсичным, мы рассчитывали найти смертельные, тормозящие, нейтральные и стимулирующие концентрации для разных древесных растений. Полученные данные полностью изменили наши представления.

При фумигации в течение 1 *ч* изменения жизнеспособности пыльцы у различных видов были очень разнообразными и характеризовались несколькими (до пяти) типами кривых. Например, у типа, свойственного *Betula pubescens* и *B. coerulea*, а также *B. lanta* и *B. neoalascana*, после воздействия сернистым ангидридом наблюдается незначительное падение жизнеспособности пыльцы, затем 20 *ч* — незначительное возрастание и вновь снижение жизнеспособности к 48 *ч*. Другой тип кривой характерен снижением жизнеспособности пыльцы через 1 *ч* после фумигации (от незначительного до 63%), повышением жизнеспособности через 6 *ч* с максимумом к 20 *ч* после фумигации (здесь наблюдается наиболее интенсивное окрашивание зерен), после чего начинается падение кривой.

При фумигации в течение 2 *ч* изменение жизнеспособности пыльцы представлено четырьмя характерными кривыми, что указывает на различную степень устойчивости пыльцы различных видов берез к сернистому ангидриду. В соответствии с особенностями пыльцы различные экспозиции оказывают то стимулирующее, то тормозящее действие на прорастание пыльцы или приводят к ее быстрому отмиранию. Столь же разнородные изменения в жизнеспособности пыльцы наблюдаются с увеличением времени, прошедшего после окуривания. Кривым часто характерны контрастные перепады в сторону снижения или в сторону увеличения жизнеспособности пыльцы. Характерно также то, что резко выраженные перепады сопровождаются значительными изменениями интенсивности окрашивания зерен и более четким разграничением живых и мертвых пылинок.

При окуривании пыльцы отдельных видов берез в течение 1, 2 и 8 *ч* с последующим определением жизнеспособности через 1, 6, 20 и 48 *ч* весьма разнообразные реакции пыльцы можно приближенно выразить восемью характерными типами кривых. Они показывают, что длительность окуривания имеет большое значение, а изменения жизнеспособности пыльцы отличаются труднообъяснимой хаотичностью неожиданных вспышек и падений. Требуется продолжение исследований.

В поисках предельно токсичных концентраций исследуемые образцы были помещены в фумигационные камеры на 24 *ч* с той же высокой концентрацией (40 *мг/м*^{3}) сернистого ангидрида. Через 1,5 *ч* после окончания фумигации по той же методике В. С. Шардакова у пыльцы была определена жизнеспособность. Из 13 видов исследованных берез у 9 жизнеспособность пыльцы оказалась выше контроля на 3 — 51% и только у трех (*B. delavayi*, *B. papyrifera* и *B. ulmifolia*) она оказалась ниже контроля, достигнув в минимуме 26%. У некоторых видов повышение жизнеспособности пыльцы сопровождалось повышением интенсивности окраски зерен. Особенно резко это было выражено у *B. pubescens*. Для видов, у которых жизнеспособность пыльцы была ниже контроля, обнаружилось снижение интенсивности окраски пыльцевых зерен. В 1964 г. эти исследования были распространены на другие виды и роды растений. Всего была исследована пыльца 64 видов и форм (у *Pseudotsuga taxifolia*, Britt., трех разновидностей: с оранжевыми, желтыми и красными мужскими цветками), из которых голосеменных — 30 видов и покрытосеменных — 32 вида и 2 формы. Концентрация сернистого ангидрида была принята 8 *мг/м*^{3}, как наиболее реальная для многих промышленных районов; время фумигации — 1 и 2 *ч*. Определение жизнеспособности пыльцы проводилось проращиванием ее на среде: 5% сахара + 0,001% бора в дистиллированной воде, производился замер пыльцевых трубок микрометром. Если не было результатов от проращивания пыльцы на среде ее, жизнеспособность определялась по активности пероксидазы.

Полностью оказалась после фумигации жизнеспособной пыльца во всех вариантах у *Taxis baccata* L. и *T. cuspidata* S. et Z. из голосеменных и *Tilia cordata* Mill и *T. platyphyllas* S. cop. из покрытосеменных.

При проращивании на средах показали положительные результаты все виды пихт (7 видов), 3 вида елей, 10 сосен, а также лиственница даурская (из 5 исследуемых видов лиственниц). Пыльца остальных голосеменных была исследована на активность пероксидазы. Концентрация SO_2 8 *мг/м*^{3} во всех четырех вариантах опыта оказала активное воздействие на все основные проявления жизнедеятельности пыльцы: на общий процент жизнеспособности, продолжительность жизни, рост пыльцевых трубок. Отрицательное влияние SO_2 выразилось в уменьшении продолжительности жизни пыльцы (особенно показательно для голосеменных растений), а положительное — в увеличении интенсивности роста пыльцевых трубок. При про-

ращивании на средах у пыльцы, подвергнутой фумигации, наблюдались многочисленные аномалии в прорастании пыльцевых трубок, особенно ярко выраженные у голосеменных. Наблюдались разрывы пыльцевых трубок, образование на концах их вздутий, развилок, искривлений и утолщений, увеличение числа трубок и т. д. Количество и вид аномалий не имеют связи с показателями жизнедеятельности пыльцы.

Выводы

1. Неоспоримо наличие положительных влияний сернистого ангидрида на пыльцу голосеменных и покрытосеменных древесных пород.

2. Чувствительность пыльцы к сернистому ангидриду у различных пород неодинакова. Она значительно колеблется как у видов в пределах одного рода, так и между видами из разных родов.

3. Стимулирующее влияние проявляется как при малых концентрациях и коротких экспозициях, так и наоборот, при больших и длительных.

4. Увеличение одних показателей стимулирования жизнедеятельности пыльцы нередко сопровождается снижением значений другого или других показателей. Например, у *Salix caprea* L. при повышении процента жизнеспособности пыльцы и интенсивности роста пыльцевых трубок сокращается продолжительность жизни пыльцы.

5. В ряде случаев наблюдается увеличение всех показателей жизнедеятельности пыльцы. Например, у *Betula platyphylla* на среде 5% сахара + 0,001% бора при двухчасовом окуривании наблюдалось повышение как общего процента жизнеспособности пыльцы, так и продолжительности ее жизни и энергии роста пыльцевых трубок.

ЛИТЕРАТУРА

Антипов В. Г. Влияние дыма и газов на цветение и плодоношение некоторых деревьев и кустарников.— Сб. ботанических работ, вып. 2, Белорусское отд. ВБО. Минск, 1960.

Бабкина В. М. Цветочно-декоративные растения для промышленных площадок.— Научн. зап., 1962, 7-8, Ботаника (Днепропетровский гос. ун-т).

Жохов П. И., Пэрн Г. В., Давидович Е. М., Габинова Ж. Л., Васильева Л. А., Попов Б. В. Влияние задымления атмосферного воздуха на зеленые насаждения.— Городское хозяйство г. Москвы, 1961, № 5.

Исаченко Х. М. Влияние задымляемости на рост и состояние древесной растительности.— Советская ботаника, 1938, № 1.

Красинский Н. П. Озеленение промплощадок дымоустойчивым ассортиментом. М., Сельхозгиз, 1937.

Подзоров Н. В. Влияние задымления воздуха на качество семян сосны обыкновенной.— Лесное хозяйство, 1965, № 7.

Сабашников В. Влияние каменноугольного дыма на окружающую растительность.— Болезни растений, 1911, № 3—4.

Шардаков В. С. Реакция на пероксидазу как показатель жизнеспособности пыльцы растений.— Докл. АН СССР, 1940, **26**, № 3.

Dopp W. Über die Wirkung der schwefligen Säure auf Blüfenorgane.— Der Deutsch. Bot. Gesellsch., 1931, **49**.

Ewert R. Landwirtschaft Jahr., 1916, **50**.

Hampl J. Ref. Zs. Pflauzenkh., 1931, **41**.

Haselhoff E. u. Lindau G. Die Beschädigung der Vegetation durch Rauch. Berlin, 1902.

Henry A. Forests an Trees in relation of Hygiene. London, 1920.

Metcalfe C. F. Nature (Lond.), 1953, **172**.

Pelz E. Untersuchungen über die Fruktikation rauchgeschädigter Fichtenbestande — Arch. Forstwesen, 1963, **12**, H. 10.

Stoklasa I. Die Beschädigung der Vegetation durch Bauchgase und Fabrikexhaltionen. Berlin u. Wien, 1923.

Van Haut H. u. Stratmann H. Experimentalle Untersuchungen über die Wirkung von Schwefeldioxyd auf die Vegetation.— Forschungsber. d. Landes Nordrh.— Westfalen, [Б. г.], № 884.

АКАДЕМИЯ НАУК СССР
УРАЛЬСКИЙ ФИЛИАЛ

РАСТИТЕЛЬНОСТЬ И ПРОМЫШЛЕННЫЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ 1970

Ю. З. КУЛАГИН

Башкирский государственный университет, Уфа

ГАЗОУСТОЙЧИВОСТЬ ДРЕВЕСНЫХ РАСТЕНИЙ И НАКОПЛЕНИЕ СЕРЫ В ИХ ЛИСТЬЯХ

Газоустойчивость неизбежно базируется на тех структурных и функциональных особенностях, которые вырабатывались в процессе эволюции в естественной среде по отношению к различным природным факторам. Поэтому газоустойчивость растений не может быть сведена к какой-либо одной стороне их жизнедеятельности. В связи с этим выделяется три вида газоустойчивости: анатомо-морфологическая, физиолого-биохимическая и биологическая (по Н. П. Красинскому).

Термин «биологическая газоустойчивость» страдает неопределенностью. По нашему мнению, его следует заменить более точным понятием — «регенерационная газоустойчивость». Этот вид связан со способностью растения быстро, в процессе вегетации, восстанавливать взамен поврежденных новые листья и побеги. Это осуществляется у различных деревьев и кустарников разными способами (табл. 1).

Таблица 1

Повторное облиствение крон после сильной раннелетней газовой атаки в мае 1962 г. (г. Уфа)

Вид	Способы облиствения			
	Образование			Смешанно; за счет верхушечного продолжающегося роста и одновременного образования пролептических побегов
	листьев при продолжающемся росте побегов в длину	пролептических побегов	порослевых побегов из спящих почек	
Клен остролистный	+	—	—	—
Рябина обыкновенная	+	—	—	—
Дерен белый	+	—	—	—
Чубушник венечный	+	—	—	—
Роза морщинистая	+	—	—	—
Ясень зеленый	—	+	—	—
Липа мелколистная	—	+	—	—
Сирень обыкновенная	—	—	+	—
Жимолость татарская	—	—	+	—
Барбарис обыкновенный	—	—	+	—
Снежноягодник кистистый	—	—	+	—
Береза пушистая	—	—	—	+
Вяз гладкий	—	—	—	+
Тополь бальзамический	—	—	—	+
Черемуха обыкновенная	—	—	—	+
Желтая акация	—	—	—	+
Кизильник блестящий	—	—	—	+

Кроме указанных трех видов, нам представляется необходимым выделить новый — анабиотическую газоустойчивость. Основанием для этого явились результаты исследований сезонной динамики регенерационной способности и критических периодов у различных древесных и кустарниковых пород. Анабиотическая газоустойчивость распространяется на осенне-зимний период, когда морфологически хорошо защищенные побеги находятся в состоянии покоя. Полное отсутствие или крайне незначительное повреждение зимующих побегов связано также с низкой температурой воздуха, резко снижающей фототоксичность газов. Но в состояние покоя почки побегов начинают входить в конце вегетации, спустя некоторое время после прекращения верхушечного роста побегов. В это позднелетнее время напряженность иссушающих факторов заметно снижается: воздух становится прохладнее и влажнее, осадки чаще. Поэтому гибель листьев не приводит к отмиранию побегов; сохранение жизнеспособности дефолиированных побегов обеспечивается благодаря сформированности покровных тканей, их повышенной водоудерживающей способности и вхождению в состояние покоя. Именно поэтому сильные газовые ожоги листьев в конце вегетации оказываются экологически равновеликими ранним заморозкам или листогрызущим энтомовредителям, приводящим к безопасному для жизни преждевременному листопаду. Данные табл. 2 показывают, что у разных видов деревьев и кустарников после прекращения верхушечного роста их побегов анабиотическая газоустойчивость наступает не сразу, а спустя некоторое время. Анабиотическая газоустойчивость заканчивается весной, когда происходит раскрытие почек и развертывание листьев.

Таблица 2

Сроки окончания верхушечного роста и начала анабиотической газоустойчивости у деревьев и кустарников в 1963 г. (г. Уфа)

Вид	Конец верхушечного роста побегов	Начало анабиотической газоустойчивости
Ясень зеленый	20 мая	18 июля
Черемуха обыкновенная	20 мая	5 августа
Липа мелколистная	22 мая	28 июля
Рябина обыкновенная	22 мая	5 августа
Жимолость татарская	24 мая	10 августа
Желтая акация	25 мая	28 июля
Вяз гладкий	25 мая	29 июля
Сирень обыкновенная	26 мая	9 июля
Дуб черешчатый	27 мая	2 августа
Тополь бальзамический	4 июня	28 августа
Береза бородавчатая	24 июня	29 июля
Лиственница Сукачева	16 июля	28 июля
Чубушник венечный	22 июля	5 августа

Газоустойчивость древесных растений, следовательно, представляет сложное экологическое явление. Поэтому методы ее определения совершенно недопустимо сводить, например, только к установлению степени газочувствительности листьев и к распределению изученных видов в три группы: рекомендуемые, допускаемые и нерекомендуемые, игнорируя при этом одно весьма важное обстоятельство — для каких условий задымления рекомендуется или не рекомендуется тот или иной вид. Рекомендация должна иметь точный экологический адрес. Практика составления списков с распределением их по трем группам фактически привела

многих озеленителей к мысли о существовании вообще устойчивых и неустойчивых к токсическим газам древесных и кустарниковых пород. Это — ошибочное положение.

При подборе газоустойчивых видов необходимо решить основную экологическую задачу — какие структурные и функциональные особенности использует растение при защите от токсичных газов и какова степень соответствия используемых средств фактору задымления. Это означает, что надо собрать фактический материал, характеризующий все типы газоустойчивости. Подбор устойчивых видов следует осуществлять для конкретных режимов задымления, которые целесообразно выделять на основе учета физико-химических свойств токсичных соединений, концентрации и длительности воздействия газовых потоков, их частоты и повторяемости в течение вегетации и по годам.

Подбор высокогазоустойчивых видов необходимо проводить прежде всего для санитарно-защитных лесных полос, отделяющих жилые кварталы от промышленных предприятий. При этом крайне важно использовать виды с ярко выраженной газопоглотительной способностью, благодаря которым происходит обезвреживание атмосферного воздуха. Полученный нами фактический материал позволяет выяснить некоторые особенности накопления серы в листьях древесных растений за счет поглощения газообразных сернистых соединений.

Содержание серы в листьях определялось путем мокрого озоления листьев (2—3 *г*) концентрированной азотной кислотой, переводящей содержащуюся в листьях серу в ионное состояние, последующим осаждением ее 10-процентным водным раствором хлористого бария и взвешиванием осадка. Повторность трехкратная.

В различных условиях задымления накопление серы за счет поглощения газообразных сернистых соединений у разных видов заметно варьирует (табл. 3 и 4). В зоне сильной постоянной загазованности более всего накапливается серы в листьях тополя бальзамического, менее всего — у вяза гладкого, черемухи обыкновенной и клена ясенелистного. В зоне умеренной постоянной загазованности тополь ведущее место уступает липе мелколистной, сближаясь с ясенем, сиренью и жимолостью. В зоне слабой периодической загазованности (т. е. ежегодно 3—5 раз в течение вегетации) сохраняется постоянным видовой состав двух групп: 1) сильно поглощающих и накапливающих в листьях серу (тополь, ясень, сирень, жимолость и липа) и 2) слабо накапливающих (вяз, черемуха, клен).

В табл. 5 показаны различия в накоплении серы в листьях за счет поглощения ее из почвы (анализы листьев, сформировавшихся вне задымления, в чистом воздухе) и из воздуха. Видно, что существует за-

Таблица 3

Концентрация газообразных соединений в атмосферном воздухе окрестностей нефтеперерабатывающих заводов (по данным Уфимской городской СЭС за 1962—1965 г.г.), *мг/м³*

Соединения	Зона загазованности		
	сильной постоянной	умеренной постоянной	слабой периодической
Углеводороды (предельные и непредельные)	100—2100	1,1—28,2	1,1—19,0
Окись углерода . . .	20—30	25—41,3	5,1—25,3
Двуокись серы . . .	6—9	0,054—0,23	0,004—0,16
Сероводород	0,09—0,4	0,002—0,06	0,005—0,019

Таблица 4

Накопление серы в листьях деревьев и кустарников за счет поглощения ее из атмосферного воздуха в зонах загазованности за вегетационный период 1965 г., *г/кг* сухого вещества

Вид	Зона загазованности		
	сильной постоянной	умеренной постоянной	слабой периодической
Тополь бальзамический	9,8	2,3	1,0
Ясень зеленый	5,5	2,2	1,1
Сирень обыкновенная	5,4	2,2	1,1
Жимолость татарская	4,3	2,0	0,8
Липа мелколистная	4,0	2,8	1,1
Вяз гладкий	2,9	1,0	0,3
Черемуха обыкновенная	2,2	0,7	0,3
Клен ясенелистный	2,1	1,0	0,2

Таблица 5

Накопление серы в листьях деревьев и кустарников в зоне умеренной постоянной загазованности за вегетационный период 1965 г., *г/кг* сухого вещества

Вид	Накопление серы за счет поглощения	
	из почвы	из воздуха
Тополь бальзамический	4,2	6,1
Дерен белый	2,8	7,4
Жимолость татарская	2,1	3,0
Клен остролистный	2,1	1,2
Ясень зеленый	2,0	3,4
Клен ясенелистный	1,9	1,4
Яблоня-ранетка мелкоплодная	1,8	3,5
Белая акация	1,6	1,8
Береза пушистая	1,5	1,4
Рябина обыкновенная	1,4	2,2
Желтая акация	1,4	3,2
Кизильник блестящий	1,3	1,0
Роза морщинистая	1,2	1,3
Сирень обыкновенная	1,2	3,3
Чубушник венечный	1,1	1,1
Черемуха обыкновенная	1,1	1,1
Барбарис обыкновенный	1,1	1,9
Вяз гладкий	1,0	2,9
Липа мелколистная	0,9	1,5
Дуб черешчатый	0,9	2,2

висимость между способностью видов накапливать серу при почвенном минеральном питании и способностью извлекать сернистые соединения из воздуха. Можно утверждать, что величина концентрации серы в листьях, создавшаяся за счет почвенного минерального питания, может служить критерием, позволяющим выявить виды с резко выраженной газопоглотительной способностью.

В табл. 6 и 7 приведены данные, позволяющие выяснить темпы накопления в течение вегетации серы, поглощаемой из почвы и из воздуха. В раннелетний период (12 июня), когда только что закончился рост листовой пластинки, концентрация серы вне задымления (табл. 6) у

Таблица 6

Содержание серы в листьях деревьев и кустарников в начале и конце вегетации 1964 г., % от сухого веса

Вид	12 июня		20 августа	
	вне задымления	при задымлении	вне задымления	при задымлении
Тополь бальзамический	0,19	0,45	0,36	1,03
Липа мелколистная	0,18	0,21	0,29	0,60
Жимолость татарская	0,17	0,27	0,41	0,96
Ясень зеленый	0,16	0,24	0,48	1,10
Желтая акация	0,14	0,18	0,30	0,86
Береза пушистая	0,12	0,75	0,21	0,68
Вяз гладкий	0,11	0,17	0,26	0,79
Чубушник венечный	0,08	0,19	0,16	0,49

Таблица 7

Темпы накопления серы в листьях деревьев и кустарников в течение вегетационного периода 1964 г.

Вид	Во сколько раз увеличилось количество серы, поглощенной	
	из почвы (вне задымления)	из воздуха (умеренное задымление)
Ясень зеленый	3,0	7,7
Вяз гладкий	2,3	8,8
Жимолость татарская	2,2	5,5
Желтая акация	2,1	14,0
Чубушник венечный	2,0	3,0
Тополь бальзамический	1,8	2,5
Береза пушистая	1,7	3,6
Липа мелколистная	1,6	10,3

исследованных видов колеблется в пределах 0,08—0,18% (в пересчете на сухое вещество). К концу августа концентрация серы в этих условиях возросла в 1,6—3 раза: более всего у ясеня зеленого, менее всего у липы мелколистной. В условиях задымления молодые формирующиеся листья накапливают значительное количество серы; к концу вегетации оно заметно возрастает. Степень этого увеличения наиболее высока у желтой акации, липы мелколистной, вяза гладкого и ясеня зеленого, т. е. у видов, обладающих газочувствительными листьями (см. табл. 7). И, наоборот, виды с слабо повреждаемыми листьями (тополь бальзамический, дерен белый) увеличивают концентрацию серы в наименьшей степени. Иначе говоря, листья этих видов накапливают основное количество серы в раннелетний период, во время роста и формирования листьев.

Выводы

1. При изучении устойчивости древесных растений к токсичным газам, наряду с анатомо-морфологической, физиолого-биохимической и регенерационной газоустойчивостью, необходимо учитывать существование анабиотической газоустойчивости.

2. Определение устойчивости различных видов древесных и кустарниковых пород к токсичным газам должно основываться на детальном изучении указанных четырех видов газоустойчивости в конкретных местообитаниях.

3. Максимально выраженной газопоглотительной способностью по отношению к сернистым соединениям обладают виды, интенсивно накапливающие в листьях серу, поглощенную из почвы.

4. Для санитарно-защитных лесных полос наиболее пригодны тополь бальзамический и дерен белый, характеризующиеся высокой газоустойчивостью и одновременно резко выраженной способностью обезвреживать атмосферный воздух от токсичных сернистых соединений.

АКАДЕМИЯ НАУК СССР
УРАЛЬСКИЙ ФИЛИАЛ

РАСТИТЕЛЬНОСТЬ И ПРОМЫШЛЕННЫЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ 1970

Ф. Н. БАШИРОВА
Центральный Сибирский ботанический сад СО АН СССР, Новосибирск

ВЛИЯНИЕ ПОВЫШЕННЫХ ДОЗ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ НА АНАТОМО-МОРФОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ ЯБЛОНИ СИБИРСКОЙ

В результате воздействия на почву ингредиентов промышленных выбросов ухудшаются ее физические и химические свойства, разрушается поглощающий комплекс, изменяется реакция почвенного раствора, падает буферность, нарушается нормальная деятельность микроорганизмов, ухудшается рост растений (Хлебников, 1963).

Промышленные загрязнения отрицательно влияют на плодородие почв и тем самым на возможность произрастания тех или иных растений и их развитие. Часто городские почвы загрязняются различными микроэлементами в токсических дозах. Накопление металлов происходит не только с поверхности почвы, но и на глубину до 25 см (Хачатрян, 1955). В результате растения вынужденно ассимилируют из почвы микроэлементы в избыточном количестве, что вызывает различные отклонения от нормы в их росте и развитии. Это выражается в появлении различного рода повреждений, нарушении обмена веществ, уменьшении годового прироста, потере декоративного вида у растений.

Для изучения влияния почвы, содержащей определенное количество отдельных микроэлементов, на рост и развитие растений мы проводили вегетационные опыты с некоторыми декоративными растениями, наиболее часто применяемыми в озеленении городов.

В настоящей статье рассматриваются анатомо-морфологические особенности только одного растения — яблони сибирской.

Вегетационные опыты проводились в цветочных газонах емкостью 8 *кг* почвы. Почва — дерново-подзолистая, супесчаная (верхний слой 0—20 *см*). Содержание гумуса 2,48%. Перед набивкой сосудов почва тщательно перемешивалась с растворами сернокислых солей меди, цинка и свинца. На 8 *кг* почвы вносили по 400 *мл* раствора определенной концентрации (8, 17, 50 *г* на 1 *л*). Нормы внесения примерно соответствуют наличию данных элементов в наиболее загрязненных почвах предзаводских и заводских территорий.

Опыт проводился в следующих вариантах:

	г/кг	*г**		*г/кг*	*г**
1. Контроль			6. $ZnSO_4$	0,85	0,34
2. $CuSO_4$	0,4	0,16	7. $ZnSO_4$	2,5	1,0
3. $CuSO_4$	0,85	0,34	8. $PbSO_4$	0,4	0,27
4. $CuSO_4$	2,5	0,99	9. $PbSO_4$	0,85	0,58
5. $ZnSO_4$	0,4	0,16	10. $PbSO_4$	2,5	1,71

* В пересчете на чистый элемент, в граммах на 1 *кг* почвы.

Сеянцы однолетки яблони высотой 15—17 *см* высаживались по три растения на сосуд. Каждый вариант в трех повторностях. Сосуды в первый месяц находились в вегетационном доме, а затем в теплице. Опыт продолжался 5,5 месяца, с 18 мая по 23 октября 1965 г. Полив растений проводился через день, из расчета 60% от полной влагоемкости. Наблюдения за растениями проводились через три дня в течение первого месяца после посадки, далее они описывались через каждый месяц. При этом отмечалось общее состояние растений и декоративные особенности.

В 1-м варианте растения прижились хорошо. В течение месяца подросли до 36 *см*, а за четыре месяца достигли высоты 52—64 *см*. В последующие 1,5 месяца роста не было. Развивались растения хорошо, кустились, имели крупные листья (6×3).

2-й вариант — из трех растений хорошо прижились только два. По одному растению в каждом сосуде посохло. В продолжение первого месяца растения несколько отставали от контрольных в росте. В последующий период развитие шло хорошо. Через четыре месяца они достигли высоты 57—66 *см*. Внешне выглядели даже лучше контрольных: листья крупнее (9,5×4,5), главный побег толще, облиственность большая.

В 3-м варианте приживаемость такая же, как и во втором. За первый месяц растения выросли всего до 17—23 *см*, на листьях появились пятна. Вид у растений угнетенный. До конца опыта растения сохранились, но намного отставали в росте, слабо развивались, имели сильные ожоги коричневого цвета на листьях, начинавшиеся с кончиков листьев.

4-й вариант — приживаемость очень плохая. По два растения в каждом сосуде поникли, сжались, начали засыхать. Через неделю появились ржавые полосы по краям и середине листа. За месяц растения не прибавили в росте совсем. В продолжение всего опыта они развивались слабо, не кустились, имели неравномерный рост (26 и 48 *см*), пятнистые листья (пятна белесые, как пыль, чуть ржавые).

5-й вариант — прижились растения хорошо. Развивались нормально, почти не отставали от контрольных. К концу опыта достигли высоты 55—61 *см*. Растения крепкие, лист крупный (8×4). Но декоративный вид очень неприглядный. Листья желто-ржавого цвета, ржавая пятнистость идет от края листа к середине. Растения на месяц раньше сбросили листья по сравнению с контрольными.

6-й вариант — прижились растения неплохо, но вскоре начали скручиваться и усыхать, особенно верхние листья побегов, а в одном сосуде все привяли. За первый месяц растения в росте не прибавили, но несколько оправились, хотя имели все-таки угнетенный вид. Появились ожоги на листьях, и они начали скручиваться. За четыре месяца растения достигли высоты всего 30—45 *см*. Некрупные листья (5,5×3) были в мелких ржавых пятнах. Кустистость слабая, облиственность плохая. К концу опыта листья начали скручиваться, покрылись мелкими бледно-желтыми пятнами по всей поверхности (от этого казались светло-зелеными).

7-й вариант — прижились растения неплохо. В одном сосуде погибли все растения, в двух других — по одному. В продолжение всего опыта в высоту почти совсем не прибавили, листья мелкие, бледные, розоватые по краям и ржавые, с сильными ожогами на кончиках. Растения очень жалкие, маленькие и уродливые. К концу опыта все погибли.

8-й вариант — приживаемость хорошая. В росте в первый месяц не отставали от контрольных. В дальнейшем растения росли неравномерно и через четыре месяца достигли высоты от 38 до 58 *см*. Имели крупный лист, но слабую кустистость. Появлялась небольшая пятнистость и пожелтение по жилкам, они начали скручиваться с краев. Но декоративный вид растений был неплохой по сравнению с другими вариантами.

9-й вариант — приживаемость плохая. По два растения из трех поникли, затем начали желтеть, засыхать. Заметно, отставали в росте. Выжили по два растения в сосуде, но развивалось очень неравномерно. Одно растение достигло высоты 56 см, имело крупные листья, другое было всего 29 см, с сильной пятнистостью листьев, не кустилось.

10-й вариант — в первые дни после высадки растения выглядели сильно угнетенными; значительно потеряли тургор, листья начали засыхать. Через пять дней все растения погибли.

Таким образом, количество меди 0,16 *г* на 1 *кг* почвы (вариант 2) стимулировало рост и развитие яблони сибирской. Концентрация же 0,34 и 0,99 *г* на 1 *г* почвы (варианты 3, 4) угнетающе действовали на нее: растения значительно отставали в росте, не кустились, имели малую вегетативную массу и на листьях появились сильные ожоги.

Концентрация цинка 0,16 *г* и свинца 0,27 *г* на 1 *кг* почвы (варианты 5, 8) в первые месяцы не оказала заметного влияния на рост и развитие яблони. В дальнейшем растения хотя и не отставали в росте от контрольных, но имели плохой декоративный вид, сильные ожоги листьев, малую кустистость. Концентрация цинка 0,34 и 1,0 *г* и свинца 0,58 и 1,71 *г* на 1 *кг* почвы (варианты 6, 7, 9, 10) сильно угнетала развитие растений и привела к их гибели.

Для изучения влияния различных доз микроэлементов на анатомическое строение листа яблони сибирской исследуемый материал фиксировали в 70%-ном спирте, обезвоживали, проводили через смеси ксилола и спирта, парафинировали, резали на микротоме, окрашивали гематоксилином по Эрлиху и заключали в канадский бальзам. Препараты изучались под микроскопом МБР-1 с рисовальным аппаратом РА-4.

Для изучения анатомического строения листа брали участок листовой пластинки посередине между основанием и вершиной и между краем и серединой. Изучено около 400 препаратов.

В контрольном растении лист покрыт эпидермисом, состоящим из одного слоя крупных круглых клеток. Клетки эпидермиса неплотно прилегают друг к другу.

Мезофилл представлен двумя слоями столбчатой паренхимы и несколькими — губчатой. Столбчатый мезофилл состоит из двух слоев вытянутых цилиндрической формы клеток, местами неплотно прилегающих друг к другу. Клетки губчатого мезофилла по форме неправильно круглые и слегка вытянутые, расположены неплотно, с воздушными межклеточными пространствами. Клетки нижнего эпидермиса более мелкие (рис. 1).

Во 2-м варианте изменений в анатомическом строении листа не обнаружено.

В 3-м и 4-м вариантах (Cu 0,34 и 0,99 *г/кг*) клетки верхнего слоя столбчатой паренхимы плотно примыкают друг к другу. Второй же

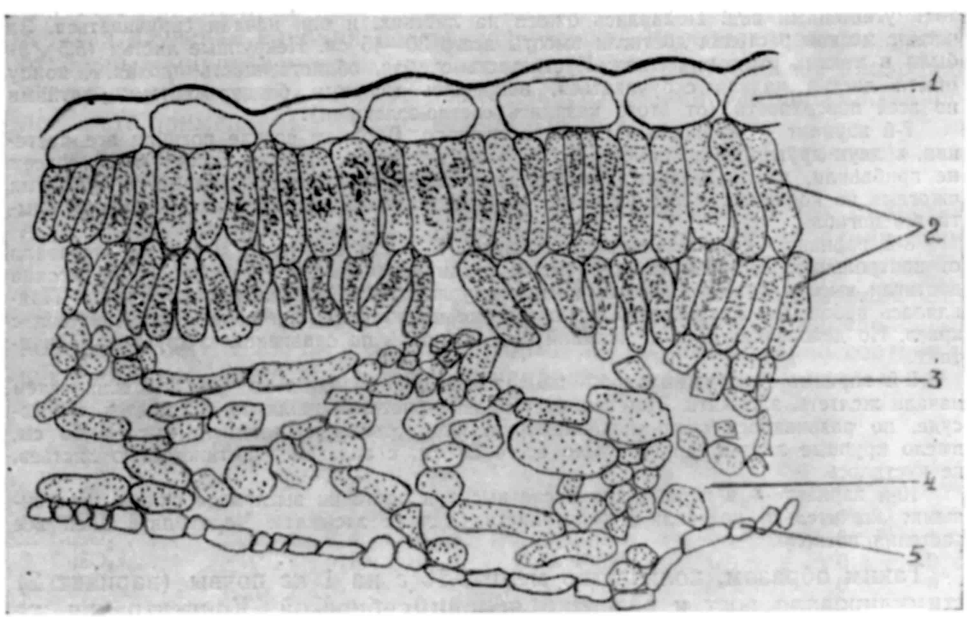


Рис. 1. Поперечный срез листа яблони. Контроль.
1, 5 — эпидермис; *2* — столбчатая паренхима; *3* — губчатая паренхима; *4* — межклетники.

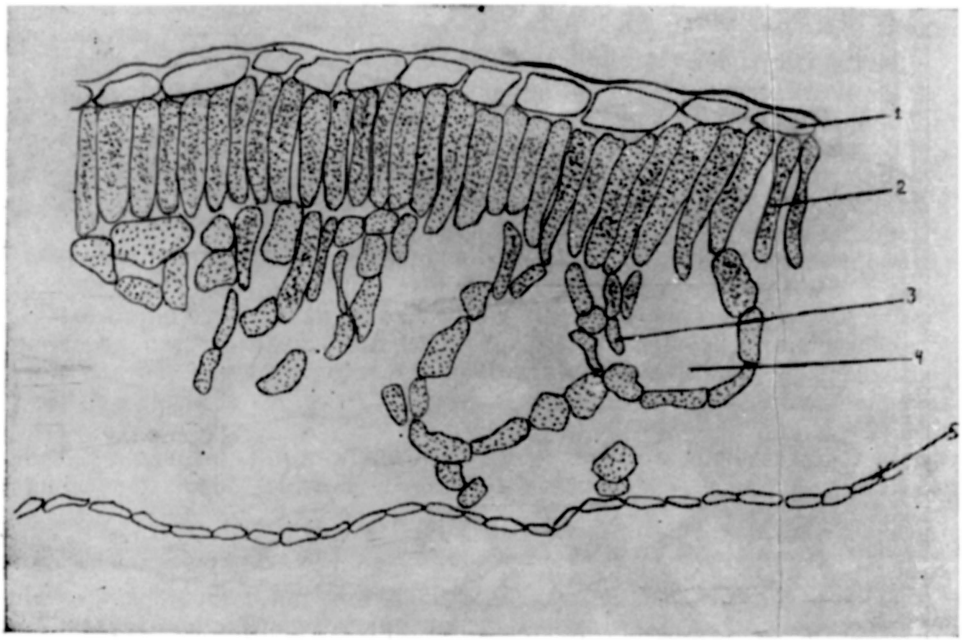


Рис. 2. Поперечный срез листа яблони. Вариант 3.
Условные обозначения те же, что и на рис. 1.

слой разрушен, осталось всего несколько клеток. Губчатый мезофилл очень рыхлый. Число его клеток уменьшилось и соответственно увеличилось число воздухоносных ходов (рис. 2).

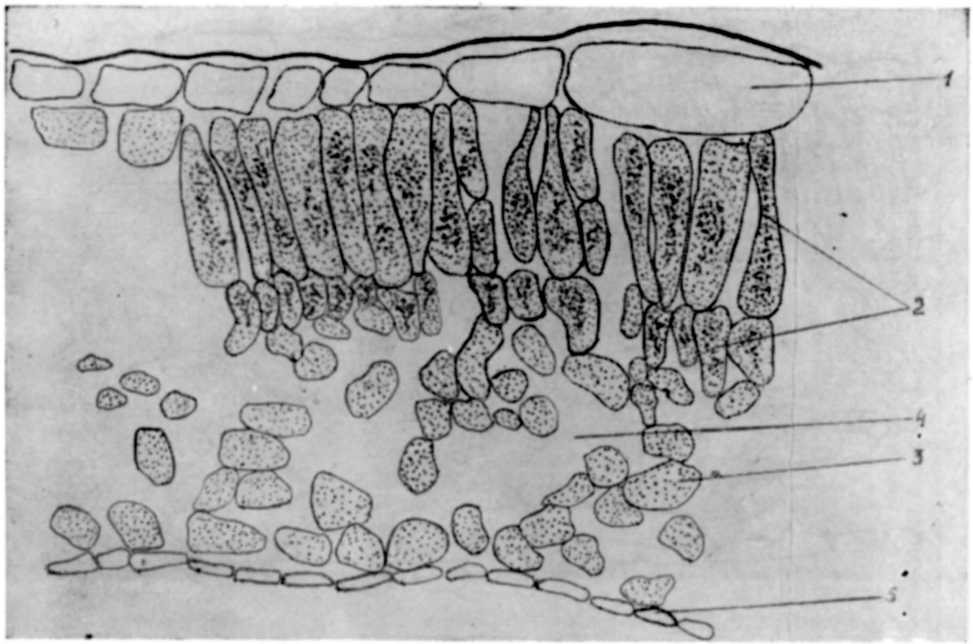


Рис. 3. Поперечный срез листа яблони. Вариант 6.

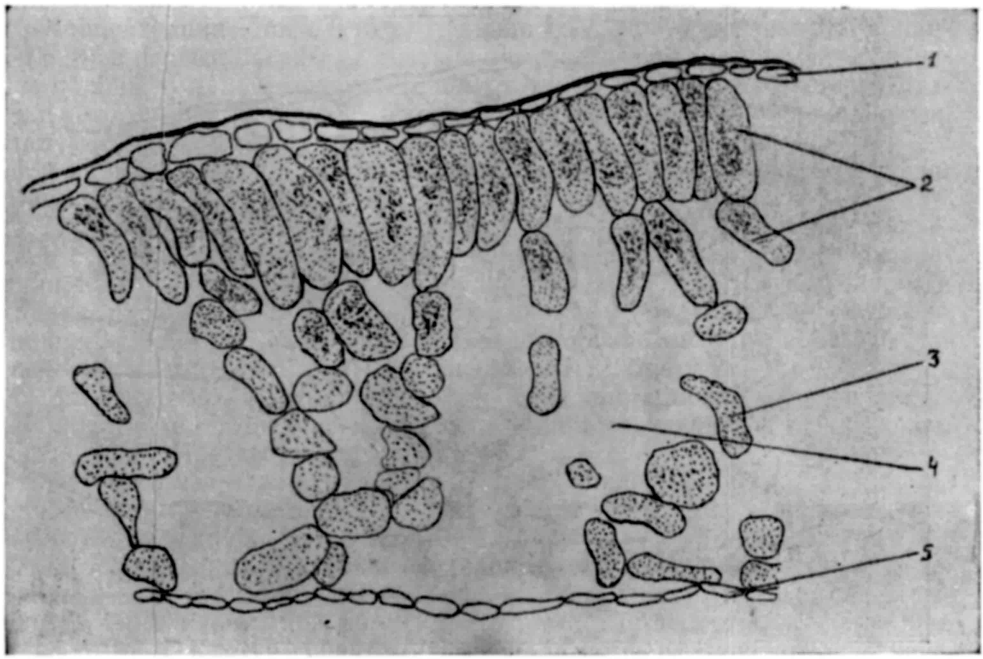


Рис. 4. Поперечный срез листа яблони. Вариант 7.

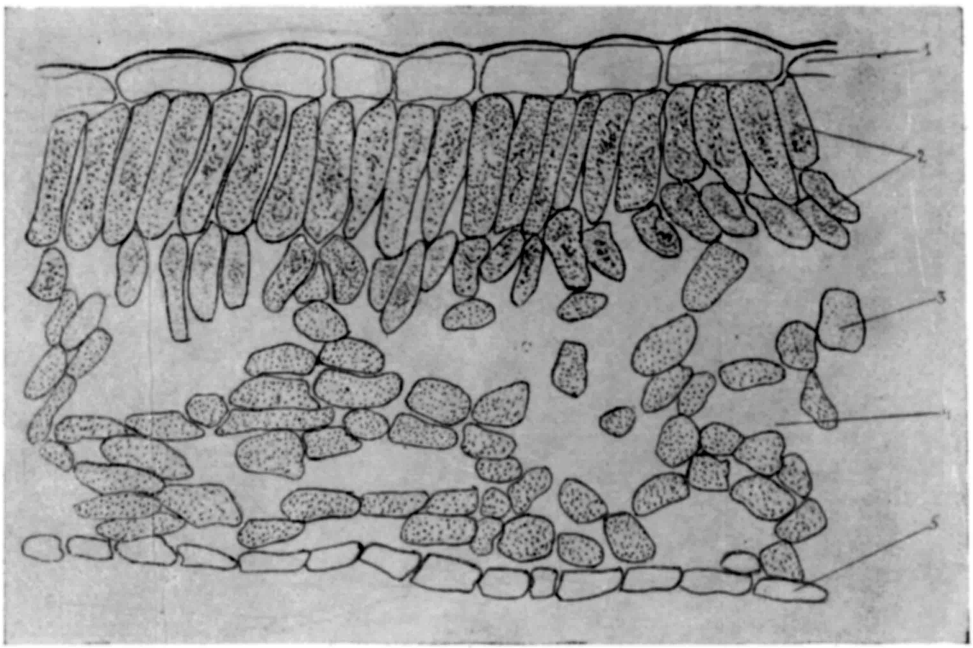


Рис. 5. Поперечный срез листа яблони. Вариант 8.

Анатомическое строение листа в 5-м варианте (Zn 0,16 *г/кг*) почти не отличается от контрольного. Более рыхло расположены клетки губчатого мезофилла.

6-й вариант —клетки верхнего слоя столбчатой паренхимы вытянутые, а второй ряд представлен очень мелкими, рыхло расположенными клетками. Губчатый мезофилл почти без изменения (рис. 3).

В 7-м варианте сильно изменены клетки верхнего эпидермиса, они мелкие, вытянутые. Верхний ряд клеток столбчатой паренхимы довольно плотный, клетки вытянутые, а второй ряд состоит из мелких коротких, рыхло расположенных клеток. Губчатый мезофилл имеет крупные, рыхло расположенные клетки. Между ними большие воздухоносные ходы (рис. 4).

В 8-м варианте клетки верхнего и нижнего эпидермиса крупные. Столбчатая паренхима состоит из ряда крупных, плотно прилегающих клеток, а второй ряд представлен короткими, рыхло расположенными. Губчатый мезофилл состоит из крупных, вытянутых горизонтально клеток (рис. 5).

В 9-м варианте клетки губчатого мезофилла расположены более рыхло, шире воздухоносные ходы.

Выводы

Загрязнение почвы тяжелыми металлами, такими как Cu, Zn, Pb, отрицательно влияет на растения, вызывая различные отклонения в росте, развитии и внешнем облике.

В анатомическом строении листа происходит уменьшение толщины столбчатой и губчатой паренхимы, уменьшаются размеры их клеток, отчего снижается объем ассимилирующей ткани. Защитная функция эпидермиса снижается.

ЛИТЕРАТУРА

Хачатрян М. К. Обогащение почвы тяжелыми металлами в результате загрязнения атмосферы.— Изв. АН Арм. ССР, Биол. и сельское хоз-во, 1955, 8.

Хлебников Н. И. Исследование почвы, загрязняемой выбросами промышленных предприятий.— Санитарная охрана почвы населенных мест. М., Сельхозгиз, 1963.

АКАДЕМИЯ НАУК СССР
УРАЛЬСКИЙ ФИЛИАЛ

РАСТИТЕЛЬНОСТЬ И ПРОМЫШЛЕННЫЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ 1970

С. А. МАМАЕВ

Институт экологии растений и животных УФАН СССР, Свердловск

ВЛИЯНИЕ РАСТВОРА ХЛОРИСТОГО НАТРИЯ НА ПРОРАСТАНИЕ СЕМЯН СОСНЫ

В промышленных районах довольно часто встречаются случаи загрязнения территорий отходами, содержащими хлористый натрий. Это наблюдается в районах некоторых химических комбинатов, а кроме того, и в окрестностях крупных городов, где соль NaCl используется для очистки тротуаров от снега и льда. При уборке улиц снег вывозится за город и попадает в почву пригородных лесов. Неизбежно возникающее засоление почвы должно сказываться на процессах возобновления лесных насаждений, в том числе на особенностях прорастания семян.

Имеются данные (Крупенников, 1953; Arnold, 1955; Шахов, 1956; Матвеев, 1958; Строгонов, 1962, и др.) о том, что хлоридное засоление субстрата для растений более вредно, чем сульфатное. Вопрос о солеустойчивости семян еще очень слабо изучен, однако, его важность несомненна. Вблизи многих крупных городов и промышленных центров нашей страны, таких как Москва, Свердловск, Пермь, Новосибирск, Березники, Соликамск, Н. Тагил и другие, произрастают сосновые леса. По тем или иным причинам в почвах этих лесов в ряде случаев наблюдается повышенное содержание хлористого натрия. Это обстоятельство и побудило нас поставить опыты по изучению воздействия раствора NaCl на прорастание семян сосны.

Были взяты семена сосны обыкновенной из двух пунктов:

1. Гайнский район Пермской области (средняя тайга, сосняки вересковые, III класса бонитета, возраст VI класса; $Н_{ср}$ — 22 *м*; $Д_{ср}$ — 31 *см*).

2. Талицкий район Свердловской области (подзона сосново-березовых лесов, сосняк чернично-брусничниковый, II класса бонитета, возраст VI — VII класса; $Н_{ср}$ — 27 *м*; $Д_{ср}$ — 46 *см*).

Первый участок отличается значительно худшими условиями местопроизрастания, чем второй. Он имеет бедные среднеподзолистые супесчаные сухие почвы (Нешатаев, 1950), тогда как на втором почвы более плодородные, подзолистые, средне-тяжело суглинистые, опесчаненные, свежие.

Климат Гайнского участка более холодный (среднегодовая температура 0,4°, сумма положительных температур выше +10° С равна 1575, а продолжительность безморозного периода 100 дней), чем Талицкого (среднегодовая температура +1,4°, сумма положительных температур 1875°, продолжительность безморозного периода 111 дней).

Все это обусловило более низкую продуктивность первого участка, по сравнению со вторым. Ослабленные деревья плодоносили слабее и каче-

ственная характеристика урожая (в среднем) оказалась гораздо ниже, чем в Талицком районе:

	Гайнский участок	Талицкий участок
Количество шишек на дереве, шт.	92	388
Вес шишки, *г*	2,02	4,21
Количество семян в шишке, шт.	7,00	12,00
Вес семян, *мг*	3,17	5,71

Для опыта было взято по 10 модельных деревьев на каждом участке, а для посева использовали семена с верхней части их кроны. Соответственно средним данным по участку, семена, над которыми велись наблюдения, сильно различались по весу: с Гайнского участка 2—3 *мг*, а с Талицкого 5—6,5 *мг*. Это не могло не сказаться на особенностях прорастания семян. Еще со времени Гайера (Gajer, 1880) известно, что крупные семена у древесных пород обычно имеют повышенную всхожесть и более сильные проростки. Гайер отмечал, что эти проростки более устойчивы к неблагоприятным явлениям. Данное предположение затем было подтверждено во многих опытах.

Для испытания солеустойчивости семян был использован обычный способ проращивания в чашках Петри. От каждого дерева бралось по 100 семян (в двух повторностях), которые помещались на фильтровальную бумагу, систематически увлажнявшуюся раствором NaCl трех концентраций: 0,05; 0,1; 0,2 *N*. Кроме того, имелись контрольные чашки, куда доливалась водопроводная вода. Опыт проводился в июле — августе 1964 г. Семена собраны были за полтора года перед посевом, что немного снизило их всхожесть.

Избранные концентрации хлористого натрия соответствовали примерно тем, которые использовал А. А. Шахов (1952). Этот исследователь использовал концентрации NaCl в 0,01; 0,05; 0,10 и 0,15 *N*. При варианте 0,01 *N* воздействие NaCl на семена было очень слабым, почти незаметным, в связи с чем мы приняли за нижний предел концентрацию 0,05 *N*.

За прорастающими семенами велись наблюдения: в первые 10 дней ежедневно подсчитывалось количество проросших, а затем это делалось через каждые 2—5 дней. Через месяц после посева были измерены все проростки, установлено число живых и мертвых всходов и абсолютная всхожесть семян (табл. 1).

Таблица 1

Учет результатов опыта через 20 дней после посева семян

Показатель	Гайнские				Талицкие			
	Контроль	0,05 *N*	0,1 *N*	0,2 *N*	Контроль	0,05 *N*	0,1 *N*	0,2 *N*
Абсолютная всхожесть, %	82,1	75,3	74,1	21,2	94,8	91,0	89,3	50,2
Количество живых проростков, %	~95	~90	~60—70	0	~95	~70	~10	0
Длина проростков, *мм*	20—60	3,50	2—30	2—5	25—80	10—70	4—30	2—3

Как и предполагалось, абсолютная всхожесть семян Гайнского участка в контроле оказалась меньшей (82,1%), чем у семян Талицкого участка (94,8%). Однако, если учесть огромное различие по весу семян (в 2 раза и более), падение всхожести на первом участке не так уже и велико (примерно на 15%). Соответственно контролю наблюдалось сни-

жение всхожести гайнских семян и во всех вариантах опыта. При слабой и средней концентрации NaCl это снижение было пропорционально уменьшению контрольной всхожести (семена Гайнского участка имели всхожесть на 16—15% ниже, чем семена Талицкого). При высокой концентрации NaCl (0,2 *N*) преимущество талицких семян оказалось более заметным. Следовательно, лучшие по своей способности к прорастанию семена проявляют это качество наиболее ярко в самых пессимальных условиях существования. Однако все проросшие семена, независимо от происхождения, гибли на сильно засоленном субстрате вскоре после прорастания. При слабом и среднем насыщении раствора хлористым натрием выживаемость проростков была гораздо выше. При этом, как ни странно, у гайнских образцов способность проростков к выживанию оказалась более высокой, чем у талицких. При концентрации 0,1 *N* около 60—70% гайнских проростков еще были живыми в течение месяца, тогда как у талицких таких оставалось всего лишь около 10%.

Насыщение раствора хлористым натрием резко влияет на прорастание семян, жизнеспособность и силу роста молодых всходов сосны. При концентрации 0,05—0,1 *N* мало уменьшается абсолютная всхожесть, зато сильно увеличивается смертность проростков и ослабляется их прирост. При концентрации 0,2 *N* очень сильно падает абсолютная всхожесть, проростки почти не растут (росток достигает размера всего 2—5 *мм*), и все погибают. Наши данные об абсолютной всхожести семян близки к результатам, полученным А. А. Шаховым (1952). Этот автор приводит следующие показатели абсолютной всхожести семян сосны:

	Лесная форма	Степная форма
Контроль	80	92
0,05*N*	73	95
0,10*N*	66	90
0,15*N*	46	58

Гайнская сосна близка лесной форме Шахова, а Талицкая — степной. Различие лишь в том, что по Шахову повышенная всхожесть степной сосны объясняется адаптацией ее к засоленным почвам (семена собраны были в Казахстане), а по нашим предположениям — лучшей жизнеспособностью крупных семян, происходящих из сосново-березовых лесов Зауралья.

А. А. Шахов не сообщает, как вели себя молодые проростки сосны в дальнейшем. Однако размеры их (6—7 *мм*) соответствуют примерно тем данным, которые получены и нами (2—5 *мм* при концентрации 0,2 *N* и 2—30 *мм* при концентрации 0,1 *N*).

Результаты изучения прорастания семян сосны эльдарской в растворе NaCl, проведенного С. А. Алекперовым и Т. Е. Хржановской (1960), свидетельствуют о том, что при концентрации 0,01 *N* снижения всхожести не происходит, а величина концентрации 0,2 *N* является для семян сосны критической — они наклевываются, но не прорастают. Сосна эльдарская, таким образом, оказалась несколько более чувствительной к хлоридному засолению.

Обратимся теперь к другому показателю — ходу прорастания семян. Он существенно различается, в зависимости от происхождения семян и концентрации соли в субстрате (табл. 2).

В контроле и опыте с низкой и средней концентрацией NaCl прорастание начинается через 3—4 дня после замачивания семян, а в опыте с высокой концентрацией — только через 6—8 дней. В контроле прорастание идет очень дружно — через 7—8 дней все жизнеспособные семена прак-

Таблица 2

Ход прорастания семян сосны при различной степени засоления раствора, %

Вариант опыта	Время, прошедшее после посева, дни								
	3	4	5	6	7	8	12	15	20
Гайнские семена									
Контроль	7,0	37,5	73,2	77,7	79,2	80,9	81,7	81,7	82,1
0,05 *N*	0	25,5	49,8	59,7	62,9	66,3	74,4	75,0	75,2
0,1 *N*	0	13,5	29,1	44,9	50,2	55,2	66,4	68,2	72,4
0,2 *N*	0	0	0	0	1,7	5,3	13,0	14,9	19,8
Талицкие семена									
Контроль	11,5	48,5	88,1	91,4	92,9	93,8	94,8	94,8	94,8
0,05 *N*	3,9	41,5	81,5	85,7	87,6	89,4	91,0	91,0	91,0
0,1 *N*	2,0	34,5	68,9	82,1	85,9	87,5	89,3	89,3	89,3
0,2 *N*	0	0	1,5	6,2	16,4	24,3	37,0	41,8	50,2

тически уже имеют ростки. Засоление субстрата сказывается на ходе прорастания — чем выше его степень, тем заметнее снижается энергия прорастания. Однако на семенах Талицкого участка воздействие засоления раствора заметно слабее, чем при прорастании семян Гайнского участка. Кривые хода прорастания талицких семян для контроля и вариантов слабого и среднего засоления очень близки друг к другу (рис. 1, *а*), в то время как кривые для семян второго образца показывают заметные различия по всей форме (рис. 1, *б*).

Сравнение обеих партий семян по энергии их прорастания показывает заметное преимущество талицких образцов. Они всходят дружно, кроме опыта с высокой концентрацией NaCl. Через 5—6 дней около 83—90% их уже имеют ростки. Энергия прорастания коррелирует с абсолютной всхожестью. Как отмечалось, всхожесть семян Талицкого участка значительно выше. Интересно также, что быстрота прорастания и абсолютная всхожесть талицких семян в растворе 0,1 *N* даже выше, чем у гайнских семян в контроле. Но оценивать качество генерации только по характеру прорастания семян нельзя. В дальнейшем почти все растения сосны талицкого образца, находившиеся в солевом растворе, погибли, тогда как проростки из гайнских семян, выращиваемые на чистой воде, прекрасно сохранились. Соответственно, и размеры в первом случае колебались в пределах от 4 до 30 *мм*, а во втором — от 20 до 60 *мм*.

Засоление субстрата очень заметно сказывается на величине проростков. Даже при слабой концентрации NaCl в опытных посевах появляется масса мелких (3—10 *мм*) проростков, которые прекращают дальнейший рост, а затем погибают. При усилении концентрации NaCl число слабых проростков увеличивается, отмирание прогрессирует.

Характерным является факт большей чувствительности растения к засолению субстрата на этапе роста гипокотиля. Если концентрация соли в 0,05 *N* снижает энергию прорастания семян не особенно сильно, то на размеры проростков она оказывает уже существенное воздействие. При концентрации 0,1 *N* значительная часть семян (74—89%) способна прорастать, но появившиеся мелкие ростки имеют угнетенный вид, слабо увеличиваются в длину, а затем начинают отмирать. Возможно, это объясняется постепенным отравлением клеток растения ионами хлора и натрия в результате их прогрессирующего накопления в протоплазме.

При оценке прорастания семян в солевом растворе заметна большая неоднородность в индивидуальной реакции отдельных потомств[1] на создающиеся в результате избытка NaCl неблагоприятные условия. Некоторые потомства показали слабую устойчивость при прорастании на засоленном субстрате, другие оказались более устойчивыми. Проанализируем имеющийся в нашем распоряжении материал с точки зрения индивидуальной изменчивости особей в популяции по признаку солеустойчивости. Пока в этом направлении данных почти не имеется.

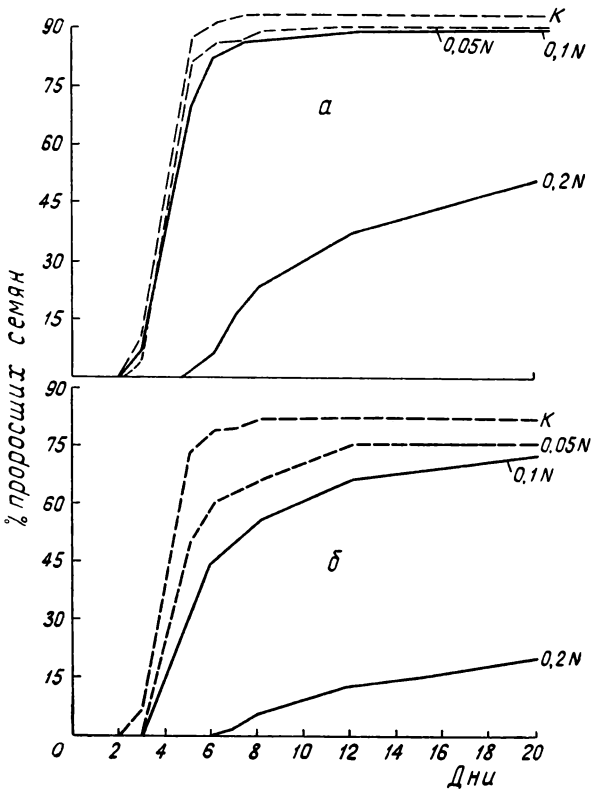


Рис. 1. Ход прорастания семян сосны при различных условиях засоления. Варианты опыта указаны в тексте, *к* — контроль.

а — талицкие семена; *б* — гайнские семена.

Для оценки различия особей по солеустойчивости были использованы показатели, характеризующие всхожесть семян 20 отдельных экземпляров сосны в разных средах. Амплитуда изменчивости выражена лимитами и коэффициентами вариации (табл. 3).

Засоление субстрата усиливает изменчивость изучаемого признака. Происходит повышение степени дифференциации подопытной совокупности особей по их устойчивости против засоления. Одни экземпляры дают более устойчивое потомство, другие — менее устойчивое. Однако при малой и средней концентрациях NaCl амплитуда изменчивости повышается в небольшой мере и не выходит за пределы низкого и среднего уровней по нашей классификации (Мамаев, 1967).

Таблица 3

Изменчивость особей по солеустойчивости их семян, %

Участок сбора семян	Контроль		0,05*N*		0,1*N*		0,2*N*	
	лимиты	*C*	лимиты	*C*	лимиты	*C*	лимиты	*C*
Гайнский . .	66,7—92,5	9,3	50,0—96,2	17,5	37,5—92,5	16,6	6,0—41,0	46,3
Талицкий . . .	88,0—100	4,8	66,2—98,2	10,5	70,0—98,3	10,1	3,0—83,7	51,6

[1] Совокупности растений (или семян), происходящих от одного материнского экземпляра.

Иное положение при сильной засоленности (0,2 *N*). Здесь наблюдается резкий скачок уровня изменчивости — от низкого и среднего до высокого и очень высокого (C>50%). Это происходит вследствие значительной гибели семян у многих образцов при сохранении высокой жизнеспособности семян отдельных деревьев. Так, на Талицком участке имелись особи, продуцировавшие семена с высокой устойчивостью при засолении 0,2 *N*. Абсолютная всхожесть семян достигала 72—84%. В то

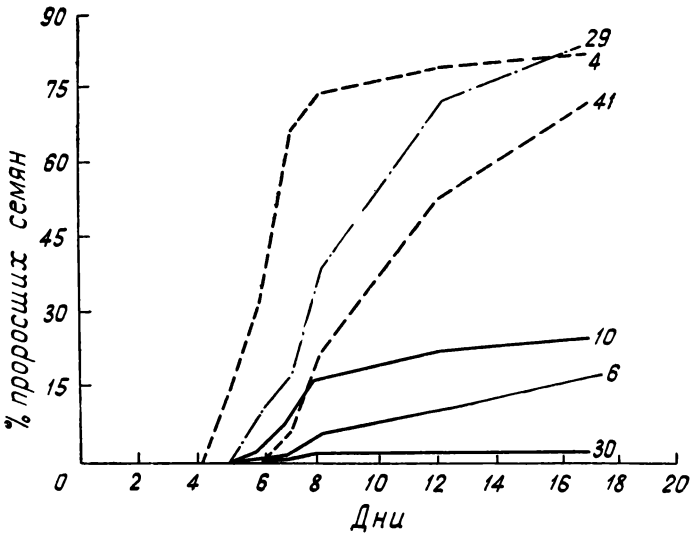


Рис. 2. Индивидуальная изменчивость хода прорастания семян.

Штриховая линия — прорастание талицких семян, *сплошная* — гайнских. Цифры означают номер потомства (т. е. модельного дерева).

же время у других экземпляров была 18—25% и меньше. Аналогичная закономерность наблюдалась и для семян Гайнского участка. Однако в этом образце верхний предел всхожести был гораздо ниже из-за общего падения жизнеспособности семян.

Прорастание семян и более солеустойчивых и менее выносливых генотипов начинается примерно в одни и те же сроки (рис. 2). Но в первом случае наблюдается значительный подъем кривой хода прорастания, а во втором эта кривая лежит вблизи от оси абсцисс и характеризуется меньшей крутостью.

Таким образом, в популяции существует дифференциация особей по солеустойчивости семян. При этом степень устойчивости оказалась связанной с общей жизнеспособностью семян при обычных условиях, т. е. при прорастании в воде, без добавления соли. Малоустойчивые к засолению семена имели, как правило, пониженную абсолютную всхожесть при прорастании в чистой воде. Вычисление коэффициентов корреляции (r) для характеристики зависимости между величиной абсолютной всхожести в благоприятных условиях и этим же показателем в условиях высокой концентрации NaCl показало абсолютную величину $r=+0{,}73\pm0{,}147$ (для гайнских семян) и $r=+0{,}28\pm0{,}256$ (для талицких). Во втором случае достоверность коэффициента недостаточна. Тем не менее положительное значение r свидетельствует о вероятности существования связи

устойчивости семян к засолению с величиной их абсолютной всхожести. Таким образом, от семян повышенных посевных качеств можно ожидать и лучшую солеустойчивость.

Выводы

1. Семена сосны обыкновенной могут прорастать относительно хорошо в условиях хлоридного засоления при концентрациях NaCl 0,05—0,10 *N* (в лабораторных условиях). При увеличении концентрации соли до 0,20 *N* абсолютная всхожесть резко снижается, очень сильно падает также и энергия прорастания. Наличие любой степени хлоридного засоления субстрата сильно сказывается на приросте молодых всходов, а при увеличении концентрации солей до 0,1 *N* начинается отравление и отмирание растений, хотя прорастание семян идет и в этом случае хорошо.

2. Испытание образцов семян, происходящих из двух географических пунктов, показало значительные различия в характере их прорастания. Семена из сосново-березовых лесов Зауралья (Талицкий участок) более устойчивы в условиях засоления субстрата, чем семена из южной тайги Предуралья (Гайнский участок). Наряду с этим, первые отличались повышенной абсолютной всхожестью при проращивании в чистой воде и значительными размерами по сравнению со вторыми.

3. При повышении концентрации солей в субстрате происходило усиление индивидуальной изменчивости растений по степени их солеустойчивости. Дифференциация особей особенно сильно возрастала в наименее благоприятных условиях среды — при максимальной степени засоления. Засоленный субстрат послужил дифференцирующей средой, которая позволила выделить более или менее устойчивые генотипы сосны. На обоих изученных участках найдены как относительно устойчивые, так и мало устойчивые к засолению экземпляры.

4. Устойчивость семян к засолению при прорастании — свойство, тесно связанное с общей жизнеспособностью семян. Если абсолютная всхожесть семян в нормальных условиях выше, то и солеустойчивость их также обычно значительно выше. Следовательно, для посева на почвах, имеющих хлоридное засоление, нужно использовать только семена с высокими посевными качествами (с абсолютной всхожестью 90% и выше). Преимущества лучших по всхожести семян сказываются особенно ярко в худших условиях существования.

ЛИТЕРАТУРА

Алекперов С. А. и Хржановская Т. Е. Влияние засоления на древесные растения в начальные фазы развития.— Физиология устойчивости растений. М., Изд-во АН СССР, 1960.

Крупенников И. А. Условия произрастания сосны на засоленных почвах островных лесов Северо-Западного Казахстана.— Уч.-зап. Кишиневского, ун-та, 1953, 8.

Мамаев С. А. О формах внутривидовой изменчивости древесных растений.— Международный симпозиум по биологии древесных растений. Млыняны, 1967.

Матвеев В. Н. О солеустойчивости некоторых деревьев и кустарников.— Труды Киргизской ЛОС, вып. 1, Фрунзе, 1958.

Строгонов Б. П. Физиологические основы солеустойчивости растений. М., Изд-во АН СССР, 1962.

Шахов А. А. О типах развития растений в процессе исторического приспособления к засушливым условиям.— Растение и среда, III. М., Изд-во АН СССР, 1952.

Шахов А. А. Солеустойчивость растений. М., Изд-во АН СССР, 1956.

Нешатаев Ю. Н. Краткий очерк растительности бассейна р. Весляны.— Уч. зап. ЛГУ, сер. биол., 1950, вып. 23.

Gajer K. Der Waldbau, 1880.

Arnold A. Die Bedeutung der Chlorionen für die Pflanze.— Bot. Studien, 1955, H. 2.

АКАДЕМИЯ НАУК СССР
УРАЛЬСКИЙ ФИЛИАЛ

РАСТИТЕЛЬНОСТЬ И ПРОМЫШЛЕННЫЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ 1970

Л. В. МОТОРИНА, Г. А. ЗАЙЦЕВ, А. И. САВИЧ, В. Н. ЧЕКЛИНА
Центральная лаборатория охраны природы, Москва

ОПЫТ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ И ЛЕСНОЙ РЕКУЛЬТИВАЦИИ НА ОТВАЛАХ ОТКРЫТЫХ РАЗРАБОТОК В ПОДМОСКОВНОМ БАССЕЙНЕ

Расширение сферы воздействия промышленного производства на природный комплекс ощутимо в местах сосредоточения горнодобывающей и торфоразрабатывающей промышленности. В результате добычи полезных ископаемых, особенно открытым способом, производится разрушение и полное уничтожение почвенного слоя и растительного покрова в пунктах добычи и вблизи нее, а главное происходит нарушение гидрологического режима, загрязнение почв, вод и воздуха на территориях, значительно превышающих площади, которые непосредственно подвергаются горной разработке. Открытый способ добычи полезных ископаемых усиливает воздействие промышленности на сельскохозяйственные, лесные и другие угодья в огромных масштабах. По данным акад. Н. В. Мельникова, в ближайшие 10 лет в СССР открытым способом будет добываться $^3/_4$ всей продукции горной промышленности. Это, по подсчетам В. А. Овчинникова, увеличит ежегодный прирост территорий, нарушенных только открытыми разработками, до 30—35 тыс. *га*.

Нарушения земной поверхности в результате открытых горных работ особенно значительны на Украине, в Подмосковном бассейне, на Урале, Кузбассе, в районе КМА, Приморском крае, Эстонии. В этих же районах начаты в последние годы работы по рекультивации таких территорий.

В Подмосковном бассейне открытым способом добывается уголь, железная руда, фосфориты, огнеупорные глины, известняк и другие строительные материалы. Только в Тульской области сейчас действует более 100 карьеров по добыче полезных ископаемых, нарушено уже более 2000 *га* земель, из которых большая часть ценные сельскохозяйственные угодья. Территория разведанных месторождений, намечаемая для открытой добычи полезных ископаемых, составит около 25 тыс. *га*.

В связи с большой плотностью населения в районах открытых разработок (до 300 человек на 1 *км*^{2}), растущим дефицитом земель, а также распространением плодородных черноземных почв, проблема рекультивации площадей приобретает в Тульской области особенно актуальное значение. Рекультивация площадей, освобождающихся после открытых горных работ, начата в Подмосковном бассейне примерно с 1957 г. Первоначально это были попытки создания лесонасаждений на известковых карьерах и отвалах, предпринятые Тульским областным управлением лесного хозяйства и измерявшиеся всего несколькими гектарами. Более широкие размеры подобные работы приняли в начале шестидесятых го-

дов, особенно после научно-технического совещания в Туле в мае 1964 г., рекомендовавшего применять разравнивание отвалов и специальную подготовку их под посадку леса и сельскохозяйственное использование.

При открытом способе добычи полезных ископаемых в большинстве случаев уничтожается веками создававшаяся почва, а на дневную поверхность выносятся грунты различного геологического возраста. Они подвергаются многостороннему воздействию физических и химических факторов выветривания, причем, скорость и характер происходящих в грунтах изменений определяется их природой и составом. В дальнейшем почвы будут образовываться и развиваться на материалах выветривания этих грунтов.

Для понимания почвообразовательного процесса на нарушенных горными разработками территориях необходимо знание происхождения, минералого-петрографического и химического состава горных пород вскрыши. Только при тщательном изучении всех свойств каждой породы в отдельности и направлений изменений их при выветривании можно дать прогноз скорости почвообразования и определить пути воздействия деятельности человека на ускорение этого процесса в грунтосмесях, образующихся при разравнивании отвалов вскрышных пород.

Характеристика физических и химических свойств грунтов в их коренном залегании является предварительным этапом в общем комплексе исследований, необходимых для разработки мероприятий по рекультивации территорий, покрытых отвалами горных разработок. Знание физико-химических свойств грунтов вскрыши позволяет систематизировать их по пригодности к биологическому освоению. Известны подобные классификации, составленные зарубежными учеными, например, четырехчленная классификация Хайде для Рейнского буроугольного бассейна, пятичленная классификация Кнабе для буроугольного бассейна Нидерлаузитц, классификация кровельных пластов для Северо-Чешского буроугольного бассейна.

Центральной лабораторией охраны природы МСХ СССР разработана классификация вскрышных пород по их физико-химическим и агрохимическим свойствам для угольных месторождений Подмосковного бассейна на примере Восточно-Люторического, Кропотовского и Бегичевского месторождений. Она является предварительной и требует дальнейшего совершенствования и уточнения.

Грунты вскрываемой толщи по агрохимическим данным сильно различаются по пригодности для произрастания на них растительности. Так, если черноземный слой содержит до 6% гумуса, то тульские пески лишены органики полностью. Активная реакция изменяется от нейтральной у карбонатного лессовидного суглинка до токсичной (pH 2,5) у темно-серых бобриковских супесей. Содержание водорастворимых соединений варьирует от 0,04% (по сухому остатку) у четвертичных глин до 2,8% у токсичного суглинка.

Все многообразие грунтов с резко различными агрохимическими свойствами можно свести к трем основным группам с общим для каждой комплексом агрохимических показателей и сходных по возможности хозяйственного использования и освоения (табл. 1 и 2):

I группа — грунты, пригодные для произрастания растений — плодородные;

II группа — грунты, малопригодные для произрастания растений — индифферентные;

III группа — грунты фитотоксичные.

Каждая из них разделяется, в свою очередь, по физико-химическим свойствам на восемь подгрупп. К первой группе относятся почва и под-

Таблица 1

Схема классификации грунтов вскрыши Подмосковного бассейна

Группа	Подгруппа	Название грунтов	pH	Использование
I — плодородные	1	Почва	5,8	Сельское хозяйство
	2	Покровный суглинок	6,4	Сельское и лесное хозяйство
II — индифферентные	3	Четвертичные и желтовато-бурые пески	5,8	Лесное хозяйство
	4	Серые и бурые суглинки и глины . .	5,1—6,2	
	5	Тульские ожелезненные пески и супеси	5,8	
	6	Коричневые и светло-серые пески . . .	4,4—4,9	
III — фитотоксичные	7	Темно-серая супесь и суглинок	2,1	Использование возможно только после химической мелиорации
	8	Темно-серая глина . .	4,5—3,2	

Таблица 2

Агрохимические свойства вскрышных грунтов Подмосковного бассейна

Группа грунт.	pH	P_2O_5	K_2O	Натрий общий, %	Свободная кислота, *мг-экв*	Al подвиж.	Fe^{+++}	Fe^{++}	Сера, %	
		мг на 100 *г* грунта				*мг* на 100 *г* грунта			общая	сульфатов
I	5,8—6,4	1,5—7,5	4,5—14,0	0,05—0,33	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3—0,4	—
II	4,4—6,2	1,2—8,0	4,0—13,0	0,01—0,05	—	—	0,0	0,0	0,1—0,5	0,1—0,2
III	1,9—4,5	2,5—6,0	4,0—18,0	—	0,2—8,0	2,5—65,9	1,3—71,8	9,3—385,2	1,7—6,6	0,3—2,0

почвенный слой (материнская порода), характеризующиеся структурностью, благоприятным механическим составом, высоким содержанием карбоната кальция, слабокислой и нейтральной реакцией почвенного раствора и другими показателями, которые обеспечивают пригодность этих грунтов для произрастания растительности.

Грунты второй группы, малопригодные для произрастания растений, так называемые индифферентные, включают четвертичные и мезозойские отложения — желто-бурые пески и супеси, серые и буровато-желтые глины и суглинки, тульские кварцевые пески различной степени ожелезненности, пласты известняка и т. д. Все они, отличаясь по механическому составу, сложению и содержанию химических элементов, сходны по отсутствию в них сульфидов, характеризуются нейтральной и слабокислой реакцией, незначительным содержанием водорастворимых соединений. Эти грунты не содержат в своем составе фитотоксичных соединений (свободная серная кислота, подвижный алюминий), большинство из них имеет легкий механический состав, все они бесструктурны, полностью лишены органики, не обеспечены основными питательными веществами. Водно-физические свойства их удовлетворительны.

Наиболее неблагоприятна для биологического освоения по химическим свойствам третья группа (фитотоксичные грунты). К ней относятся темно-серые плотные и пластичные надугольные глины и темно-серые

супеси и суглинки, залегающие между надугольными глинами и тульскими кварцевыми песками. И те и другие характеризуются высоким содержанием соединений алюминия, железа и серы (см. табл. 2), которые быстро окисляются при попадании на дневную поверхность и под действием воды и воздуха образуют свободную серную кислоту. pH солевой вытяжки из этих пород в естественном залегании лежит в пределах кислых и слабокислых значений (pH 4,5—5,6), а при окислении на воздухе снижается до 3,2—1,9. Грунты сильно набухают, водопроницаемость их практически равна нулю. Высокая токсичность описанных грунтов для растений определяется большой концентрацией в них серной кислоты, водорастворимого алюминия и, возможно, железа.

Распределение пород вскрыши по геологическому профилю в Подмосковном бассейне примерно следующее. Почвенный слой имеет мощность 60—100 *см* и подстилается карбонатным лессовидным суглинком мощностью около 2 *м*. Ниже залегают грунты индифферентной группы общей мощностью от 4 до 20 *м*. Грунты фитотоксичной группы, залегающие на глубине от 7 до 20 *м* и глубже, имеют мощность от 1 до 10 *м*.

При проведении вскрышных работ без учета требований последующей рекультивации оказывающиеся на поверхности грунтосмеси имеют в своем составе грунты либо II, либо III групп. Это сильно затрудняет освоение, а часто делает его просто невозможным без проведения трудоемкой и дорогостоящей химической мелиорации в течение длительного времени.

Состав грунтосмеси в отвалах, содержание в ней бесплодных и токсичных грунтов зависят от геологического строения вскрышной толщи, вида полезного ископаемого, глубины его залегания, от системы вскрышных работ. В Подмосковном бассейне при бестранспортной системе последних наибольшее содержание бесплодных и токсичных грунтов в поверхностных грунтосмесях наблюдается при добыче угля и огнеупорных глин с глубиной вскрыши до 30—40 *м*. Значительно меньшее их содержание на поверхности оказывается при добыче, например, железной руды и фосфоритов с глубиной вскрыши 10—15 *м*. Неодинаково оно и на различных участках угольных месторождений. На Ушаковском участке Бегичевского месторождения токсичные грунты на поверхности разровненных отвалов занимают более половины площади, а на Кимовском участке Кропотовского месторождения — около четверти. Тем большими будут различия в разных промышленных и географических районах. Поэтому при рекультивации территорий, нарушаемых открытыми горными разработками, должны быть различными подход, пути и методы рекультивации отработанных площадей с бессистемной отсыпкой отвалов и площадей, подлежащих отработке. В последнем случае необходимо при разработке технологии вскрыши учитывать требования последующей рекультивации, сохранять там, где нужно, плодородный почвенный слой и применять селективную вскрышу. В Подмосковном бассейне ведутся работы в том и другом направлении. На отработанных площадях при рекультивации для лесного использования производится разравнивание конусовидных отвалов с помощью экскаваторов и бульдозеров. На площадях, подготавливаемых для сельскохозяйственного использования, на разровненные поверхности грунтосмесей дополнительно насыпается почвенный слой мощностью около 40 *см*.

Лесокультурные работы в Подмосковном бассейне, проводимые в значительных масштабах, начиная с 1963 г., сосредоточены в основном на отвалах открытых разработок угля и огнеупорных глин, на долю которых приходится около половины всей нарушенной поверхности в Тульской области.

Наблюдения за лесопосадками в различных условиях (отвалы железорудных, фосфоритных, угольных, известняковых карьеров) показали, что из всех лесных пород, испытанных на отвалах, особенно устойчивыми оказались сосна обыкновенная и береза бородавчатая. При этом наиболее благоприятными оказались отвалы, сложенные легкими по механическому составу четвертичными отложениями, и наименее пригодными — грунтосмеси, в которых значительную долю составляют грунты надугольных горизонтов с большим содержанием сульфидов (III группа).

Приживаемость сосны и лиственных пород оказалась в прямой зависимости от количества и особенностей распределения сульфидсодержащих грунтов в поверхностном слое разровненных отвалов. При содержании в поверхностном слое более 40% грунтов с сульфидами саженцы лесных пород (сосна, ели, тополя, клен ясенелистный, рябина, вишня) практически не приживаются; отпад через два месяца после посадки составил 70—90%. При содержании таких грунтов от 20 до 40% отпадает за то же время при всех прочих благоприятных условиях более $^2/_3$ саженцев ели и лиственных пород, около $^1/_3$ саженцев клена ясенелистного, более $^1/_2$ саженцев рябины и вишни, 80% черенков тополей. Отпад сосны неравномерен и может достигать также значительной величины.

Наблюдение за ходом роста сосны на разровненном отвале Кимовского угольного разреза (посадка 1961—1962 гг.) одновременно с изучением состава грунтов под отдельными саженцами показало, что при содержании в поверхностном слое 60% и более фитоксичных надугольных грунтов саженцы практически не развиваются. Прирост в высоту за 5 лет на отвалах не превышает 5—7 *см*, саженцы сильно ослаблены, часть из них погибла. При содержании надугольных грунтов от 20 до 40% рост саженцев крайне замедлен, они сильно кустятся, хвоя укороченная, бледно-зеленого цвета; прирост в высоту не превышает 20 *см* за пять лет. Сравнительно хорошо развиты саженцы на участках, где в поверхностном слое надугольные грунты составляют не более 20%. Однако и у них среднегодовой прирост был только 20 *см*.

Характерной особенностью всех саженцев является поверхностное развитие корневых систем. Стержневой корень деформирован даже у сильноразвитых саженцев, все корни сосредоточены в поверхностном слое не глубже 20 *см*, причем у отдельных саженцев прирост боковых корней составил до двух метров. Такая перестройка корневых систем, очевидно, связана с тем, что в результате энергично протекающих процессов окисления сульфидов и вымывания продуктов этого окисления в самом верхнем слое отвалов создаются более благоприятные условия для развития корней, чем в глубже залегающих горизонтах.

Сравнение роста лиственных пород в тех же посадках показало, что береза бородавчатая значительно обгоняет в росте другие лесные породы, включая сосну. Береза хорошо прижилась, прирост в первый год составил 8 *см*, а в последующие 30—50 *см*. Исследования позволяют сделать вывод, что возможность развития саженцев лесных пород на отвалах прежде всего определяется их способностью в первые годы жизни создавать развитую поверхностную корневую систему. В этом отношении береза значительно превосходит сосну и другие лиственные породы.

Таким образом, неблагоприятный состав грунтов на отвалах открытых разработок бурого угля и огнеупорных глин сильно затрудняет лесовосстановление. Надугольные грунты являются, несомненно, токсичными для растительности. Поэтому при значительной мощности вскрываемой толщи, когда затрагиваются палеозойские сульфидизирован-

ные отложения, следует применять также системы горных разработок, которые позволяли бы полностью исключить надугольные грунты из поверхностного слоя отвалов.

На отработанных отвалах, подлежащих разравниванию, участки с содержанием в поверхностном слое надугольных грунтов более 40%, очевидно, нужно считать полностью не лесопригодными; выращивание древесных растений в этих условиях возможно только с применением мер по раскислению и обогащению грунтов. Участки отвалов с содержанием надугольных грунтов от 20 до 40% также имеют очень тяжелые лесорастительные условия. Из всех лесных пород здесь можно рекомендовать березу бородавчатую и, возможно, ольху серую, которая отличается повышенной устойчивостью к засолению почв и неплохо развивается на отвалах угольных разработок в США и Западной Европе. При содержании в поверхностном слое надугольных грунтов до 20% следует воздерживаться от создания чистых сосновых культур. Целесообразнее создать смешанные сосново-березовые, увеличивая долю березы в составе на участках с повышенным содержанием фитотоксичных грунтов. Можно ограниченно также вводить в посадки клен ясенелистный, акацию желтую, тополя (укоренившимися черенками) и некоторые кустарники, например, смородину.

Ель, дуб, вяз, клен остролистный, рябину, кустарники (жимолость и бересклет) нельзя рекомендовать для выращивания на отвалах, содержащих сульфидизированные грунты.

Проведенные исследования показывают, что оценка пригодности разровненных отвалов для лесоразведения в Тульской области в первую очередь сводится к выяснению участия надугольных сульфидизированных грунтов в сложении поверхностного слоя отвалов и определению степени их окисления. Изучение разровненной площади отвалов следует провести до начала лесопосадочных работ, посредством визуального картирования бурых пятен и участков, окрашенных в темно-серые тона, которые характерны для скоплений окисляющихся надугольных грунтов в поверхностном слое разровненных отвалов. Визуальные наблюдения необходимо дополнить качественной реакцией проб грунтов на токсичность роданистым калием.

В настоящее время в Подмосковном бассейне проводятся исследования по раскислению грунтов в отвалах путем внесения извести в поверхностный слой и испытанию различных древесных культур в этих условиях.

Опыты с культурой многолетних трав, бобовых и некоторых сельскохозяйственных растений, проводимые на отвалах Ушаковского и Кимовского угольных разрезов, имели целью испытание пригодности грунтосмесей, образующихся при существующей системе вскрышных работ, для выращивания названных культур без насыпания на поверхность почвенного слоя и с его нанесением. Одновременно в задачи исследования входило изучение влияния возделываемых многолетних трав и однолетних культур, преимущественно бобовых, на рост и развитие древесных насаждений на отвалах, на повышение плодородия грунтов, на ход почвообразовательного процесса в новых условиях. Посевы сделаны на лесокультурных площадях в междурядья. Испытанию подвергались 20 видов растений (7 одно- и двулетних и 13 многолетних): овес, ячмень, пшеница, люпины однолетние (желтый кормовой и синий) и многолетний, люцерны синяя, желтая серповидная, клевера красный (луговой), розовый и ползучий, лядвенец рогатый, ежа сборная, тимофеевка, овсяницы луговая и красная, костер безостый, мятлик болотный, донники лекарственный и белый. Кроме разности их экологических условий в опытах ис-

пользуется разный агрофон (различные дозы удобрений, извести и т. д.) с различными комбинациями травосмесей.

По материалам первых двух лет наблюдений можно сделать следующие предварительные выводы. Овес, ячмень и пшеница даже на самых благоприятных грунтосмесях I группы с внесением удобрения, но без добавления сверху гумусного слоя развиваются плохо. Растения желтеют и усыхают еще до цветения, зерно не доразвивается. Несколько лучше идет развитие у овса; он может дать на 1 *га* зеленой массы до 140—160 *ц*, однако, урожай зерна составляет только 3,0—3,5 *ц*; зерно слабоналитое, щуплое.

На подобных же участках (железорудный карьер, Владимирский участок) с насыпанием на поверхность отвала чернозема слоем около 20 *см* урожай пшеницы с 1 *га* составил около 12, овса до 20 *ц*.

При посеве люпина однолетнего желтого на грунтосмесях I и II групп с внесением NPK и молибдена в 1965 г. получен урожай зеленой массы около 240, а семян 23 *ц/га*. В 1966 г. при посеве примерно в те же сроки, но при менее благоприятных погодных условиях (быстрая и сухая весна, жаркое лето) урожай семян того же люпина желтого и в тех же условиях составил только 4, а люпина многолетнего 2—4 *ц/га*. Стерня люпина, оставленного на зиму, после сбора семян хорошо выполняет снегозащитную роль, что в условиях внешних отвалов, приподнятых над земной поверхностью на 3—10 *м* и увлажняемых только за счет атмосферных осадков, имеет немаловажное значение. Сосны посадки 1965 г. после перезимовки под защитой люпина выглядели свежими и зелеными, в то время как на соседних участках хвоя пожелтела и порыжела. Из многолетних трав лучше других зарекомендовали себя лядвенец рогатый, люцерна желтая, ежа сборная и овсяница луговая.

Таким образом, люпин однолетний, люпин многолетний, люцерна и донник могут быть рекомендованы как почвоулучшающие культуры и одновременно как кулисные с возделыванием на семена и оставлением стерни для снегозадержания.

Чтобы обеспечить получение высоких и устойчивых урожаев сельскохозяйственных культур, необходимо нанесение на поверхность грунтосмесей отвалов плодородного почвенного слоя. Для этого должны быть использованы почвы, освобождающиеся с площадей, подлежащих разработке. Следует, однако, иметь в виду, что не на всех грунтосмесях засыпание их плодородным слоем дает положительный эффект. В частности, грунтосмеси с преобладанием сульфидсодержащих грунтов при засыпании их плодородным слоем мощностью 40—50 *см*, по-видимому, будут оказывать вредное влияние на возделываемые культуры и могут вызвать ухудшение химического состава насыпного почвенного слоя.

Поэтому на вновь разрабатываемых площадях, для избежания вынесения на поверхность фитотоксичных сульфидсодержащих грунтов в местах их мощного залегания, необходимо предусматривать селективную вскрышу с захоронением подобных грунтов на глубине не менее 2 *м* для лесного и не менее 1,5—1 *м* для сельскохозяйственного использования. С этой целью перед составлением проекта вскрышных работ, имея в виду последующую рекультивацию, составить карту распределения грунтов вскрыши с учетом их агрохимической характеристики. Агрохимическое исследование грунтов вскрыши должно проводиться одновременно с проведением геологоразведочных работ. Опыт составления такой карты был сделан в Центральной лаборатории охраны природы для отдельных участков Кимовского и Ушаковского угольных разрезов.

Важную государственную проблему рекультивации территорий можно решить только при участии специалистов разных профилей, т. е. при

комплексном подходе к ее решению. Это позволит найти пути сохранения земельных ресурсов от вредного влияния промышленности и способы возвращения затронутых промышленностью площадей вновь для использования в сельское и лесное хозяйство с созданием на месте нарушенных природных ландшафтов новых ландшафтных комплексов, обеспечивающих человеку нормальные условия для жизни, работы и отдыха.

АКАДЕМИЯ НАУК СССР
УРАЛЬСКИЙ ФИЛИАЛ

РАСТИТЕЛЬНОСТЬ И ПРОМЫШЛЕННЫЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ 1970

Я. ГРЕШТА

Отделение научных исследований Польской Академии наук, Забже

УКРЕПЛЕНИЕ СКЛОНОВ БРОСОВЫХ ЗЕМЕЛЬ, ОБРАЗОВАННЫХ В РЕЗУЛЬТАТЕ ПРОМЫШЛЕННОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ НЕДР ЗЕМЛИ, ПРИ ПОМОЩИ РАСТИТЕЛЬНОСТИ

Развитие горнодобывающей промышленности влечет за собой нарушение значительных территорий. Только в Катовицкой области поверхность бросовых земель составляет около 30 000 *га*, из них на бросовые земли, образовавшиеся в результате промышленной эксплуатации недр земли, приходится около 10 000 *га*. По перспективному плану в 1985 г. будет добыто около 105 млн. $м^2$ пустой породы, для размещения которой при средней высоте отвала до 10 *м* будет необходима поверхность 1050 *га*. Эта площадь может быть снова возвращена народному хозяйству посредством рекультивации. Рекультивация отвалов является очень сложным мероприятием. В особенности это относится к поверхности склонов, где большое влияние имеют микроклиматические условия, а также процесс эрозии.

Согласно новым правилам, касающимся рекультивации, склоны отвалов, терриконов и выработок требуют специального подхода с учетом всех элементов (гидрогеологических условий, физико-механических свойств и т. д.), влияющих на устойчивость склонов, а также на возможность их освоения. Главная трудность заключается в том, что при рекультивации отвалов необходим индивидуальный подход.

ФОРМЫ ПРОЯВЛЕНИЯ ЭРОЗИИ И ОСЫПАНИЯ ГРУНТОВ

Учитывая происхождение материала и его структурно-механический состав, бросовые земли, образовавшиеся в результате промышленной эксплуатации, можно разделить на три группы:

1. Отвалы и выемки, образованные из пород крупной грануляции.
2. Отвалы и выемки, образованные из мелкозема («земляных» пород) — ила, глины, пыли, песка и т. д.
3. Отвалы, образованные из искусственных пород (золы, шлака и различного вида металлургических отходов).

Отвалы, образованные из скалистых пород крупной грануляции, обычно складываются под углом естественного откоса. В этом случае при отсыпке происходит сортировка терриконового материала. Куски скалистой породы наибольшего диаметра под действием силы тяжести оседают глубоко, а на поверхности отвала остаются самые мелкие частицы. Под влиянием процесса эрозии происходит затем перемещение наиболее мелкого материала в глубь отвала. В связи с этим имеет значение период времени, после которого приступают к освоению отвалов. В остальных видах бросовых земель такого явления не наблюдается.

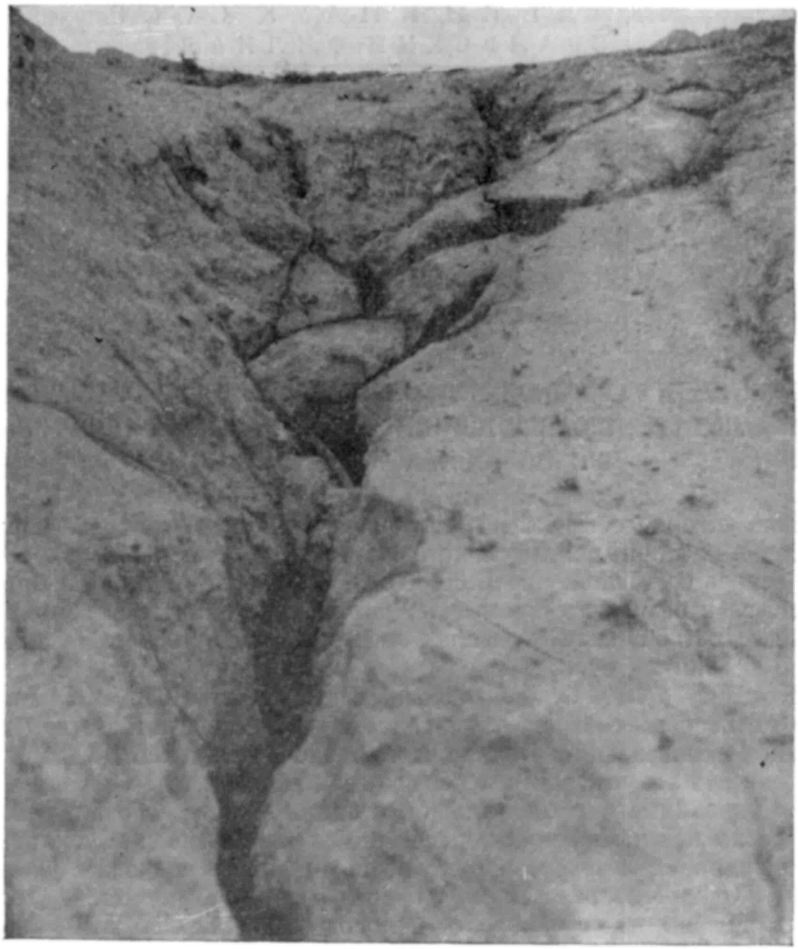


Рис. 1. Начальный этап размыва склона (отвал у г. Казимеж).

Механический состав земляных отвалов менее дифференцирован по механическому и гранулометрическому составу, а также по физико-химическим свойствам. Наиболее однородны золоотвалы. Общей чертой является, однако, тот факт, что во время отбойки, транспортировки и складывания отвалов естественная структура породы разрушается. В результате этого форма, придаваемая скатам во время образования отвалов, неустойчива. Среди процессов, разрушающих отвалы, решающую роль играют ветровая и водная эрозия, перемешивание и перемещение масс.

В результате ветровой эрозии разрушаются обветшалые части отвалов, гибнет растительность и загрязняется воздух. Во всех отвалах наиболее интенсивное развевание происходит в верхних крайних частях. Обнажаемое основание обогащено крупным материалом, который не выветривается. Здесь хуже химические и физические условия почвообразования.

К главному фактору, затрудняющему освоение крутых скатов отвалов, следует, однако, отнести водную эрозию, вызывающую перемещение скалистых масс на всех наклонных поверхностях. Водная эрозия происходит либо в результате транспортирующего действия воды атмосферных осадков (дождевая эрозия), либо под влиянием веса поверхностных слоев, что

Рис. 2. Сильно развитый размыв отвала (шахта Чапле).

вызывает смещение и осыпание грунтов (гравитационное движение). Водная эрозия появляется в двух формах: или в виде поверхностного смывания, или же, что значительно более опасно, в виде сконцентрированного (линейного) смывания (рис. 1, 2).

Гравитационное движение вызывает на склонах перемещение масс грунта под действием их собственного веса и зависит от плотности грунта и внутреннего или междуслойного сцепления. Изменение физико-химических свойств грунта происходит тем интенсивнее, чем больше изменения влажности и температуры грунтов, что характерно для отвалов, не покрытых растительностью (Skawina i. in.).

УКРЕПЛЕНИЕ СКЛОНОВ ПРИ ПОМОЩИ РАСТИТЕЛЬНОСТИ

Применение на новых территориях, где начата эксплуатация бурого угля, современного способа эксплуатации и технологии складирования земляных отвалов, когда производится соответствующее формирование склонов, значительно упростило их освоение. До сих пор остается, однако, открытым вопрос о рекультивации отвалов, которые насыпаются без учета каких-либо требований рекультивации. Освоение их становится все более трудным и сводится к мероприятиям санитарного характера, при которых польза для хозяйства невелика (Greszta, 1963). При освоении отвалов (терриконов) необходимо принять меры по уменьшению интенсивности водной эрозии. До настоящего времени было проверено несколько систем противоэрозийных мероприятий: 1) техническое укрепление склонов плетеной изгородью (рис. 3); 2) посадка сахалинского горца (*Poligonum sachalinense*) 3) покрытие дерном; 4) террасирование.

Кроме того, производились попытки покрытия целого склона растительностью. Самые лучшие результаты получены при комплексном тех-

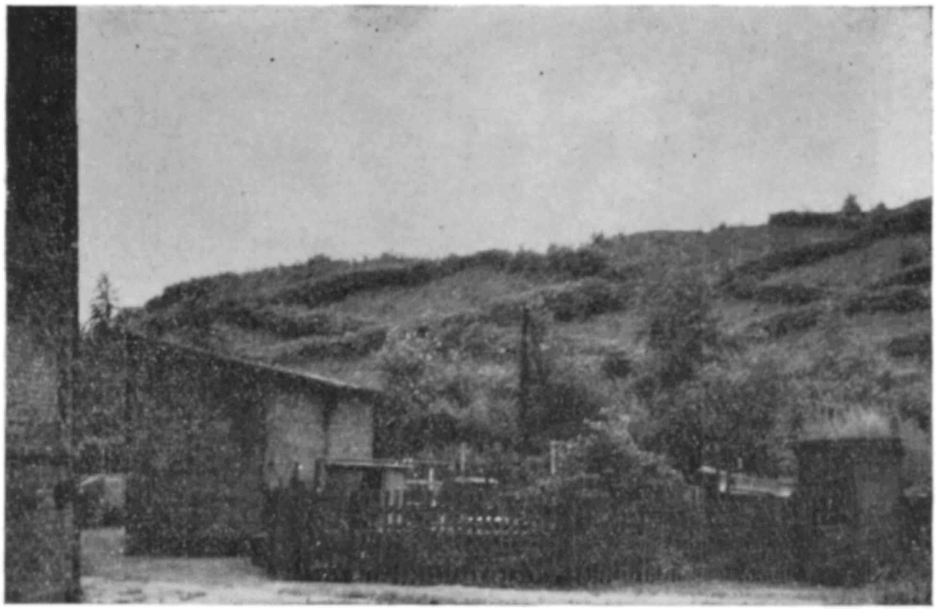


Рис. 3. Укрепление склона отвала плетеной изгородью (г. Гливице).

нико-биологическом укреплении склонов. Оно складывается из следующих вариантов плетеной изгороди (рис. 4):

1. В форме густых поперечных рядов различного направления, несколько наклоненных вниз по склону (поле 2).

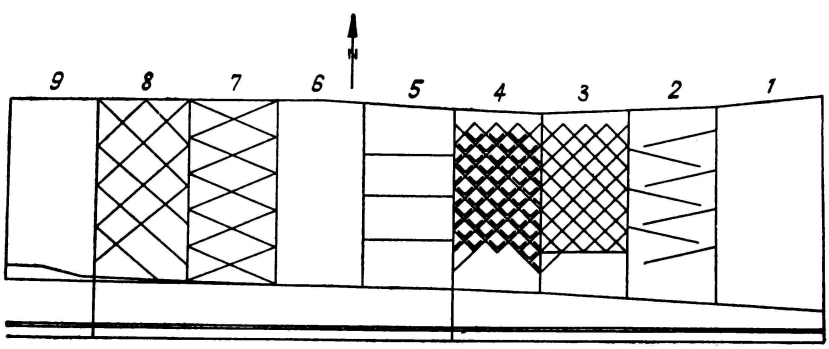


Рис. 4. Схематический план способов технико-биологического укрепления отвалов (объяснение в тексте).

2. В форме густой сетки квадратов 4×4 *м* (поле 3).

3. В форме трех параллельных рядов, расположенных поперек склона (поле 5).

4. В форме сплющенных ромбов (поле 7).

5. В форме сетки квадратов, размещаемой как на поле 3, только 8×8 *м* (поле 8).

Изгороди выполняются путем переплетения прутков вербы между столбиками из сосны, а еще лучше из ивы или тополя, вбитыми в скат отвала через каждые 40 *см*. Затем конец вербового прута засыпается отваловым материалом. Время года, когда производятся противоэрозийные меро-

Рис. 5. Укрепление склонов отвала при помощи посадок горца сахалинского.

приятия, также имеет значение. Выполнение противоэрозийных мероприятий ранней весной увеличивает успех на 50%.

Исследование изменения рельефа склона на всех полях произведено при помощи фотограмметрических измерений (Zulawski, Jachimski, 1960). Обнаружено, что из пяти различных способов оплетки самые лучшие результаты дает густая оплетка из вербы 4×4 *м*, примененная на поле 3. Это мероприятие, хотя и обходится дорого, но наиболее эффективно и дает возможность быстрого покрытия растительностью даже наиболее трудных склонов отвалов.

Что касается отвалов, состоящих из каменных россыпей (каменные отвалы при разработке цинка), то очень быстрое укрепление ската с уклоном свыше 30° достигается, если одновременно с креплением ската плетеными изгородями на краях посажены соответственно подобранные породы деревьев и кустарников, а пространства, образованные изгородями, засеяны травами. Худшие результаты получены при создании плетеных изгородей с одновременным насаждением деревьев и кустарников лишь на внутренней поверхности полей.

Эффективной оказалась также система, применяемая на поле 2. Система же плетеных изгородей, применяемая на полях 7 и 8, уже оказалась мало эффективной. Если примененные для оплетки прутья не приживаются, то через 3—4 года большинство плетеных изгородей разрушается, либо оказывается засыпанным отваловым материалом.

Одновременно с исследованием укрепления склонов фашинными изгородями на нескольких отвалах были проведены опыты по укреплению склонов при помощи сахалинского горца (рис. 5), которые показали его пригодность как для укрепления целых склонов (рис. 6), так и эрозионных ложбин и желобов. Преимущество этого метода в том, что сахалинский горец легко приживается на отвалах, хорошо разрастается, а также обладает устойчивостью к воздействию климатических условий и незначительными требованиями к почве. Применение его дало хорошие результаты как при ос-

Рис. 6. Посадка и посев растений на эрозионных желобах. (Район г. Турошов).

воении пережженных и непережженных угольных отвалов, золоотвалов, песчаных насыпей, так и отвалов, состоящих из более плодородного земляного материала. Лучшие результаты он дает на легких грунтах. Однако экономической выгоды сахалинский горец не приносит и требует много света. По этой причине его следует применять в тех случаях, когда на первый план выдвигаются санитарные и эстетические факторы.

Были проверены также методы покрытия склонов дерновыми полосами шириной 25—30 *см* квадратами 4×4 *м*. Эта система находит применение при укреплении земляных придорожных и других насыпей. Покрытие дерном является, однако, трудоемким мероприятием, поскольку нельзя рассчитывать на возможность механизации транспортировки на крупных склонах отвалов. На угольных отвалах покрытие дерном приносит очень хорошие результаты, но только при одновременном засеве всей поверхности квадратов травами и бобовыми растениями. Все еще не решен вопрос очередности введения растительности: вводить ли сначала только бобовые растения и другие травы или также деревья и кустарники. До настоящего времени одновременно с травами на отвалах высаживались деревья и кустарники. Наблюдения показали, что существует конкуренция между травянистой и древесной растительностью. Травы быстрее акклиматизируют-

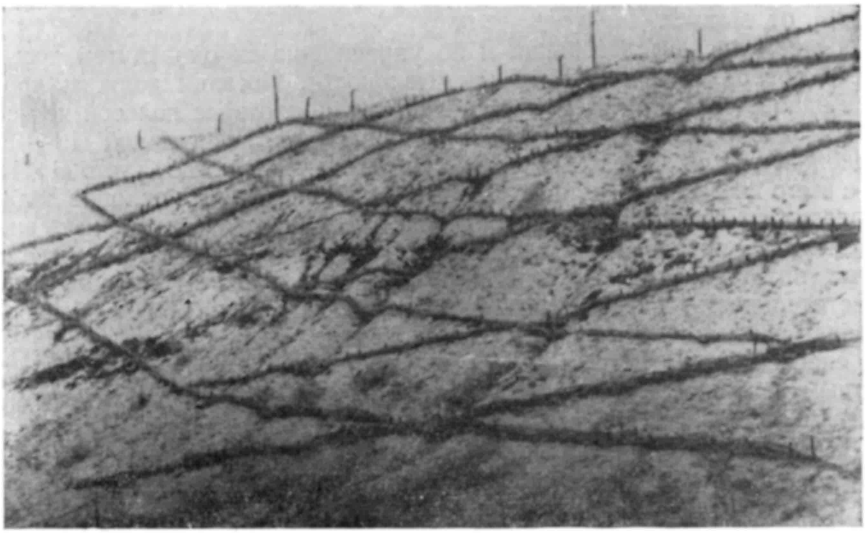


Рис. 7. Террасирование склонов в районе разработки доломитов
Ширина террасы 0,5 *м*.

ся на отвалах и заглушают древесную растительность. На отвалах, покрытых дерном, гибнет значительно больше древесных растений, чем на отвалах, не покрытых растительностью, хотя и на последних зарегистрированы худшие микроклиматические условия.

Можно также уменьшить расходы на освоение и улучшить его результаты путем учета своеобразного микрорельефа каждого склона. В этом случае техническое укрепление можно ограничить лишь эрозионными желобами и ложбинами, а также усилить посадкой деревьев и кустарников, способных противостоять засыпке, как например, белой акации, тополей, ивы (*Salix caprea*, *S. aurita*, *S. cinerea*), морщинистой розы, таволги.

На основе 4-летних наблюдений можно сделать заключение, что путем покрытия склонов полосами дерна в решетке из вербы 4×4 *м* при одновременном густом засеве поверхности овечьей и красной овсяницей, в наиболее короткий срок достигается озеленение отвала и укрепление его поверхности.

Начато также исследование метода освоения склонов отвалов путем их террасирования (рис. 7). Для отвалов и выемок, состоящих из крупнозернистого материала, террасы могут быть более узкие и располагаться на большом расстоянии. Вследствие большой водопроницаемости грунта эрозионные процессы здесь происходят с меньшей интенсивностью и долговечность террас оказывается достаточной, чтобы введенная растительность в соответствующий срок смогла прижиться. В легкопроницаемом материале террасы должны выполняться под определенным углом к склону, чтобы вода атмосферных осадков впитывалась, а не стекала по склону. Укрепление склонов при помощи террас является очень дорогим, поскольку все земляные работы должны производиться вручную. Ведутся поиски других методов укрепления склонов, таких как, например, покрытие их циновками из соломы, засевание смешанными травами, стабилизация структурнообразовательными соединениями типа «крилимов».

Освоение склонов «земляных» отвалов возможно только путем соответствующего их формирования. Отношение длины отвала к высоте должно составлять 1 2, а в случае грунтов, особенно восприимчивых к эрозии,— 1 3. Высота отвала не должна превышать 10—20 *м*. При высоких отвалах

следует применять террасы, ширина которых должна составлять около 30—40% от высоты.

Производились исследования и по укреплению склонов путем посадки на всей поверхности древесной растительности. Посадки должны проводиться одновременно на всем склоне и на вершине отвала полосой не менее 5—8 *м*. Одновременно должна быть создана полоса шириной 10—15 *м* у подножья отвала. Саженцы деревьев должны высаживаться густо (1×1 *м*), лучше всего гнездами в группах по 15—30 шт. Насаждение склонов должно производиться двумя этапами: сначала высаживаются пионерные виды, а затем виды, предназначенные для окончательной посадки. На отвалах, богатых питательными веществами, можно отказаться от первого этапа.

Растительность, вводимая на первом этапе, должна обладать почвообразовательными свойствами и также характеризоваться:

а) способностью быстрой акклиматизации и устойчивостью к неблагоприятным условиям микроклимата, а также к отрицательным химическим свойствам грунта;

б) быстрым ростом, особенно после посадки, способностью усваивания минеральных и трудноусваиваемых веществ, а также способностью симбиоза с микроорганизмами, поглощающими азот из атмосферы;

в) развитием сильной корневой системы и малой чувствительностью к засыпанию и обнажению;

г) способностью легко куститься, давать самосев и корневые отпрыски.

Деревья одной и той же породы в зависимости от отвального материала могут иметь различную корневую систему, вследствие чего роль ее в укреплении склонов может быть очень разнородной. Для озеленения склонов в качестве растительности, предшествующей окончательному насаждению, рекомендуются следующие породы деревьев: черная ольха, серая ольха, белая акация, клен ясенелистный, тополя (*Populus robusta*, *P. alba*, *P. serotina*), ивы (*Salix caprea*, *S. cinerea*, *S. aurita*, *S. fragilis*, *S. purpurea*), бересклет европейский, таволга (*Spirea media*, *S. ulmifolia*), калина обыкновенная, роза морщинистая, рябина обыкновенная, вишня магалебская, лиственница европейская, дерен отпрысковый, а на отвалах с щелочными свойствами — лох узколистный и черемуха обыкновенная. Следует ограничивать применение таких пионерных пород, как береза и осина, которые имеют неудовлетворительные почвообразовательные свойства (*Gresztа*, 1963).

Учитывая физико-химические свойства золоотвалов (очень мелкая грануляция материала и щелочной характер), их следует рассматривать отдельно. Подчеркнем лишь, что на склонах отвалов очень хорошо развивается гребенщик. Этот вид, однако, светолюбив и спустя 4—5 лет погибает от вырастающих под его защитой трав. Довольно хорошие результаты дает введение сахалинского горца, серой ольхи, березы, белой акации и тополей. В первую очередь самопроизвольно появляются мхи (*Funaria hygrometrica*), занимая внутреннюю поверхность бассейнов и северную сторону ската, а также лебеда, душица, крестовник, кипрей (Szczydiel, Godzik, Kotulski, 1963). Опыты показали возможность укрепления такого рода отвалов.

При составлении планов освоения отвалов следует руководствоваться следующим принципом: осваивать не только склоны, но также и вершину отвала в виде полосы шириной не менее 10 *м* и его подножье. При освоении верхних участков отвала на них должна насаждаться такая растительность, которая обладает способностью противостоять неблагоприятному воздействию климатических условий, характеризуется быстрой регенерацией листьев, имеет длительный период вегетации и глубоко проникающую корневую систему. Кроме того, эти растения должны быть относительно

легкими (кустарники, а из деревьев — белая акация, рябина и т. п.), чтобы не вызвать оползней. У подножья отвала могут быть посажены растения влаголюбивые и более требовательные к почве, быстро растущие, дающие много тени и мало чувствительные к засыпанию корней. На средней части отвала следует вводить в первую очередь растения, мало требовательные к почве, устойчивые к изменениям микроклиматических условий и к обнажению корневой системы (Skawina i. in)

Выводы

1. Возможность освоения склонов бросовых земель зависит в первую очередь от способов складывания и формирования отвалов, т. е. от применяемой технологии при горноразработках. В зависимости от этого проводимым мероприятиям можно придать характер санитарных мер или хозяйственно-экономических.

2. Растения — пионеры из числа древесных пород и трав являются пригодными для целей озеленения склонов, возникающих вследствие горноразработок.

3. В большинстве случаев склоны отвалов образуют эдафическую среду, доступную для очень многих растений. Стадии смен растительности не проявляют постоянной закономерности, поскольку из-за отсутствия борьбы за существование обычно распространяется тот вид, которые первый появился на отвале. В более позднем периоде становится заметным влияние среды на растительность.

ЛИТЕРАТУРА

Greszta J. Characterystyka gleboznawza swatow kopanistwa rud relaza oraz metody ich zagospodarowania.— Ochrona Przyrody, 1963, **29**.

Skawina T. i. in. Sposób ksetaltowania warinkow hydrologicznych dla potrzeb rekultywacyjnuch (manuskrypt.) [Б. г.].

Szczydiel P., Godzik S., Kotulski B. Proby zazielenienia zwalowisk popioli z elektrociplowni.— Gospodarka Poliwani i Energia, Warszawa, Wyd. Czasopism Technicznych NOI, 1963.

Żulawski Cz., Jachimski J. Próba zastosowania Pomiaru Fotogrametrycznego do badan erozyi zwalow kopalnianych.— Biuletyn Komitetu dla spraw GOP — PAN, Warszawa, 1960.

АКАДЕМИЯ НАУК СССР
УРАЛЬСКИЙ ФИЛИАЛ

РАСТИТЕЛЬНОСТЬ И ПРОМЫШЛЕННЫЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ 1970

К. ВЕРНЕР
ГДР

ПРОБЛЕМЫ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ РЕКУЛЬТИВАЦИИ БУРОУГОЛЬНЫХ ОТВАЛОВ

Ввиду ограниченного почвенного фонда в ГДР появилась необходимость в использовании ранее отработанных горнозаводских территорий в сельскохозяйственных целях. Рекультивация, соответственно имеющимся правилам («Verordnung...», 1951, 1965), шла по двум направлениям: рекультивация техническая как функция горного дела и рекультивация биологическая как функция сельского хозяйства, лесоводства и водного хозяйства. Сферы этих двух направлений находятся в тесном взаимодействии и направлены к достижению общей цели — полному восстановлению нарушенных промышленностью территорий для вторичного хозяйственного использования их с высоким экономическим эффектом.

Территории, предназначенные для использования в сельском хозяйстве, должны отвечать следующим требованиям:

1. Поверхность отвала должна находиться над уровнем грунтовых вод. Поэтому при проектировании очистных работ следует установить необходимую высоту отвала. Во время открытой разработки карьера должна постоянно откачиваться грунтовая вода, чтобы гарантировать в первую очередь устойчивость склонов и безопасность работы машин как на стороне выемки, так и на стороне разгрузки.

После прекращения открытой разработки и, следовательно, прекращения постоянного обезвоживания грунтовая вода все же неизбежно будет попадать в отвал. Поэтому еще при планировании следует предусмотреть опасность заболачивания или даже затопления поверхности отвала, так как постоянное дальнейшее откачивание, т. е. эксплуатация насосов, связано с высокими дополнительными затратами.

2. Поверхность отвала должна быть покрыта слоем, который может быть окультурен, что даст возможность произрастания растений. В руководстве по проектированию горного дела говорится о том, что мощность такого слоя должна составлять минимально 1 *м*. Это требование следует соблюдать в том случае, когда во вскрыше карьера имеется достаточное количество материалов, способных к окультуриванию и которые, соответственно технологии эксплуатации, могут селективно разрабатываться и перевозиться. При этом огромное значение имеет состав материалов. Так, например, в районе г. Лейпцига и Галле очень благоприятными для будущего сельскохозяйственного использования оказались лёсс, лёссовидный суглинок, наносная валунная глина и наносный валунный мергель. По рекультивации этих материалов имеется многолетний опыт и соответствующие рекомендации (Assmann, Vogler, Werner, 1963). Напротив, если речь

идет о чистых песках, залегающих, например, на территории, предназначенной к разработке в районе Коттбуса, то отчасти целесообразнее вынимать на поверхность отвала вещества с ярко выраженными абсорбционными свойствами, но токсические для флоры, и посредством последующей грунтовой мелиорации обезвредить их (Illner, Katzur, 1964; Illner, Lorenz, 1965; Brüning, 1962; Brüning, Uinger, Dunger, 1965). Этим самым и будет выполнено требование создания слоя, пригодного для окультуривания, но будет ограничена возможность в отношении его мощности. Почвенная мелиорация, проведенная после окончания выгрузки, допускает мелиоративную глубину, согласно уровню современной техники, приблизительно в 0,60 *м*. При дальнейшем увеличении мощности значительно повышается потребность в механизмах. Кроме того, еще не испытаны соответствующие агрегаты для интенсивного перемешивания добавочных веществ при увеличении глубины мелиорации. Решение этих проблем зависит, прежде всего, от создания подходящих орудий.

Успехи рекультивации в климатических условиях ГДР определяются, в первую очередь, водным режимом (Werner, 1959) и поглотительной способностью выгруженного материала. Углубление горизонта мелиорации до 1 *м* сказывается благоприятно на корневой системе растений. Но еще не выяснено, оправдывается ли экономически увеличение мощности мелиоративного горизонта.

3. Поверхность отвала должна быть выровнена так, чтобы иметь возможность использовать на отвале крупные сельскохозяйственные машины и другие механизмы; не должно возникать трудностей при использовании отвала в условиях крупного сельскохозяйственного производства. При горнотехнической рекультивации отвалов посредством поворотного отвалообразователя (Werner, Simon, Walter, 1962), когда сверху насыпается слой 2—4 *м*, может наступить частичное оседание уже выровненной поверхности. Это очень мешает использованию данного отвала в сельском хозяйстве. Поэтому рекомендуется в первый год создавать грубо выровненную поверхность отвала, а потом, спустя год или два после прекращения оседания, ее тщательно выравнивать.

4. Отвал должен быть расположен таким образом, чтобы поверхностные воды имели возможность для стока и не возникало переувлажнения. Целесообразно придавать отвалу покатую форму.

5. Чтобы надлежащим образом использовать поверхность отвалов, следует подводить главные подъездные и хозяйственные пути. Необходимо, чтобы к отвалу вел укрепленный главный подъездной путь с максимальным подъемом 1 10 (10%) и средним подъемом 1 20 (5%). На отвале свыше 30 *га* следует расширить главный подъезд, соответственно требованиям сельского хозяйства, до ширины 5 *м*. Далее на нем нужно прокладывать хозяйственные дороги.

Эти пять главных требований, предъявляемых к горному делу, составляют основу того, что сельскохозяйственным предприятиям будут переданы территории в таком состоянии, которое позволит сразу же начать работы по рекультивации.

В связи с использованием отвалов в сельском хозяйстве возникает ряд производственно-экономических проблем по эксплуатации отвалов. Только при взаимодействии рабочей силы с главным средством производства — землей, а также с остальными предметами труда (посевной материал, удобрения и др.) и орудиями производства (например, машины, оборудование, приборы, здания, сельскохозяйственные животные) будут производиться на сельскохозяйственных предприятиях новые товары широкого потребления и средства производства. Важной предпосылкой того, что это осуществится с наивысшим коэффициентом полезного действия, когда будет

достигнут максимум производительности с незначительной затратой живого и овеществленного труда, является хорошее взаимное согласование отдельных факторов, определяющих производство. Отсюда явствует, что выделение территорий сельскохозяйственным предприятиям требует увеличения рабочей силы, зданий и инвентаря.

Под рекультивацией земель понимаются в настоящее время все мероприятия, при помощи которых материал, выгруженный после горных разработок, может путем целенаправленного повышения плодородия превратиться в почву. Это достигается прежде всего путем внесения минеральных и органических удобрений, а также разведением на этом субстрате таких культур, которые увеличивают содержание перегноя в почве (Assmann, Vogler, Werner, 1963). Выращивание растений, способствующих поспеванию и увеличению содержания перегноя, исключает возможность возделывания пропашных культур. Отвалы следует использовать для возделывания кормовых культур. Для предприятий, имеющих огромные территории отвалов, целесообразно содержание скота для улучшения кормов и накопления органического удобрения.

По производственно-экономическим данным ГДР, в настоящее время для рационального хозяйственного использования территорий отвала в 100 *га*, готовой уже к сельскохозяйственной рекультивации, необходимы следующие мощности: приблизительно 15 человек и 70—80 голов крупного рогатого скота, а также соответствующие здания, машины и приборы. Прием отвалов сельскохозяйственными предприятиями, в частности сельскохозяйственными производственными кооперативами, связан со значительными трудностями. Они разрешаются на основе соответствующих правил («Verordnung...», 1965).

Социалистические сельскохозяйственные предприятия, расположенные в зоне разработок, переселяются при соблюдении принципов кооперативной демократии и при полном сохранении прав владельца за пределы зоны для использования рекультивируемых площадей.

Большие экономические политические и юридические проблемы, которые при этом возникают и принимаются во внимание, требуют дальновидного планирования, вовлечения членов кооператива в эту работу и точное установление задач и ответственности всех принимающих в этом непосредственное участие. Благодаря этому дается возможность предоставить в распоряжение предприятий для использования отвалов как рабочую силу, здания, так и инвентарь и другие фонды.

Так как рекультивация отвалов является проблемой не только горного дела и сельского хозяйства, а также задачей, в решении которой заинтересовано все общество, то государство выделяет предприятиям (на первые годы использования отвалов) премиальные средства.

Хотя благодаря совместной работе горного и сельскохозяйственного ведомств и ряда государственных и хозяйственных органов создаются предпосылки для вовлечения восстановленных площадей в рациональное использование, необходимо, однако, ввиду специфических условий использования отвалов, мудрое руководство сельскохозяйственными предприятиями, чтобы добиться при использовании отвалов высоких урожаев при самых незначительных затратах.

ЛИТЕРАТУРА

Assmann W., Vogler E., Werner K. Empfehlungen für die Rekultivierung von Kulturbodenkippen des Braunkohlenbergbaues.— Wissenschaftlich — technische Informationen für das Meliorationswesen, 1. Sonderheft. Herausgegeben vom Institut f. Meliorationswesen des Landwirtschaftsrates beim Ministerrat der DDR. Schöneiche b. Berlin, 1963.

Brüning E. Zur Frage der Rekultivierbarkeit tertiärer Rohbodenkippen des Braunkohlentagebaues.— Wiss. Zs. Karl-Marx — Universität (Leipzig), math.-naturw. Reihe, 1962, **11**.

Brüning E., Unger M., Dunger W. Untersuchungen zur Frage der biologischen Aktivierung alttertiarer Rohbodenkippen des Braunkohlentagebaues in Abhängigkeit von Bodenmelioration und Rekultivierung.— Zs. Landeskultur, 1965.

Illner K., Katzur J. Betrachtungen zur Bemessung der Kalkgaben auf schwefelhaltigen Tertiärkippen.— Zs. Landeskultur, 1964, **5**.

Illner K., Lorenz W.-D. Das Domsdorfer Verfahren zur Wiederurbarmachung von Kippen und Halden des Braunkohlenbergbaues.— Humboldt-Universität zu Berlin, Institut für Landschaftspflege, 1965.

Verordnung über die Wiedernutzbarmachung der für Abbau- und Kippenzwecke des Bergbaues in Anspruch genommenen Grundstücksflächen vom 6 Dezember 1951.— Gbl., 1952, **1**, S. 1133.

Verordnung zum Schutz des land- und forstwirtschaftlichen Grund und Bodens und zur Sicherung der sozialistischen Bodennutzung — Bodennutzungsverordnung vom 17 Dezember 1964.— Gbl., 1965, **11**, S. 233.

Werner K. Untersuchungen über die Bodenfeuchte frisch geschütteter Braunkohlentagebaukippen als Beitrag zur Verbesserung ihrer landwirtschaftlichen Bewirtschaftlung. Diss. Leipzig, 1959.

Werner K., Simon E., Walter H. Möglichkeiten der Wiedernutzbarmachung mittels Schwenkabsetzer.— Bergbautechnik, 1962, **12**, H. 1.

АКАДЕМИЯ НАУК СССР
УРАЛЬСКИЙ ФИЛИАЛ

РАСТИТЕЛЬНОСТЬ И ПРОМЫШЛЕННЫЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ 1970

Е. ПРОКОПИЕВ
Институт леса, Болгария, София

ЛЕСОРАСТИТЕЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ И ВОЗМОЖНОСТИ ОБЛЕСЕНИЯ ТЕРРИКОНОВ В ПРОМЫШЛЕННОМ РАЙОНЕ г. ПЕРНИК

Город Перник находится в 30 *км* к юго-западу от Софии. Это один из самых больших каменноугольных промышленных центров Болгарии. Пернишское котловинное поле расположено на высоте 700 *м* над ур. м.; в его недрах находятся большие каменноугольные запасы. В результате долголетней подземной эксплуатации возникли большие нагромождения выбросов разных пород: глинистых сланцев, мергелей, пляка (горючих сланцев) и угольных частиц, образующих так называемые терриконы. Они напоминают голые, лишенные всякой растительности горные хребты (рис. 1).

Вследствие своего быстрого роста город уже вплотную подошел к одной части терриконов, которые загрязняют воздух пылью, пеплом и серными газами (отделяющими при горении самовоспламеняющихся остатков угля). Таким образом, возникает неотложная задача покрыть терриконы растительностью.

Объектом наших исследований являются лесорастительные особенности и методы, использованные при опытных облесениях некоторых из этих терриконов.

Район исследований — каменноугольный бассейн г. Перник находится в умеренно-континентальной климатической области. Среднегодовая температура колеблется между + 7 и +10° С. Величина абсолютного годового максимума +38,5° С, а абсолютного минимума —28,8° С. Продолжительность вегетационного периода 6,5 месяца. Среднегодовая сумма осадков 604 *мм*, при максимуме в мае и июне, а минимуме в августе и сентябре, когда наступает период продолжительной засухи. Атмосферный воздух района сильно загрязнен твердыми и газообразными частицами, выделяемыми металлургическими заводами, двумя электростанциями и горячими терриконами.

Форма терриконов этого района самая различная, но преобладает конусообразная и усеченно конусообразная с крутыми склонами. Кусочки упомянутых выше каменных пород быстро распадаются и выветриваются под влиянием атмосферных факторов. Этот процесс быстрее всего протекает у глинистых сланцев и глинистых мергелей и сравнительно медленнее у мергелей. Таким образом, через год-два после того, как образование террикона закончено, его поверхность уже «заглаживается» и остаются только единичные кусочки мергеля. Параллельно с выветриванием наступают и активные эрозионные процессы, из-за которых склоны покрываются густой сеткой бороздок; некоторые бороздки углубляются, превращаясь в овраги глубиной в 10—15 *м*. Большая часть мелкой массы поднимается

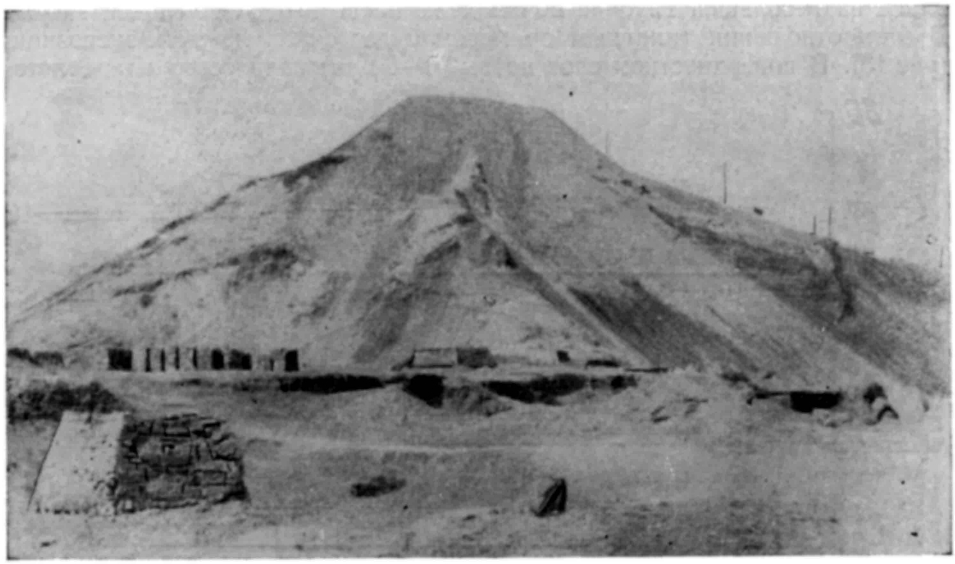


Рис. 1. Террикон шахты им. Г Димитрова, г. Перник.

сильными ветрами, образуя облака пепла. Эти силы препятствуют естественному образованию травяного покрова.

На поверхности более старых терриконов, несмотря на эрозионные процессы, накопился слой мелкозема, большая часть которого проникла и в глубину, заполняя пустоты между частицами скал. Многократные химические анализы этой мелкой массы частиц показали нормальное, а в некоторых случаях и высокое содержание питательных веществ. Так, количество гидролизуемого азота (по Кельдалю) на 1000 *г* почвы изменяется с 21,93 до 54,29 *мг*; K_2O (по Пейве) на 100 *г* почвы — с 7 до 44 *мг*; P_2O_5 (по Кирсанову) на 100 *г* почвы — с 2 до 15 *мг*. Механический анализ устанавливает большое изменение в содержании глины (с 12 до 80%), в зависимости от преобладания первичных скальных материалов. Особенностью механического состава является то, что во фракции песка участвуют значительные количества мелких частиц угля и шлака. Они, хотя и не обладают непосредственной питательной стоимостью, повышают пористость и водопроницаемость грунта, в котором преимущественно располагаются корни растений.

Многократные исследования кислотности почвы показывают, что она варьирует между слабощелочной (pH 7,2) и слабокислой (pH 5,6). Причем, в некоторых частях терриконов, где заметно большее количество карбонатов, она сильно щелочная (pH более 8). Не было измерено содержание pH ниже 5,2, что очень далеко от критического минимума для растений.

Как на одну из причин полной гибели сеянцев, посаженных местными работниками по облесению, можно указать на неблагоприятный температурный режим южных сильно прогреваемых солнцем экспозиций. Наши измерения показывают (рис. 2), что здесь в период между 13 и 15 *ч* в августе 1959 и 1960 гг. поверхность нагревалась выше 70° С. Имея в виду, что при температуре около +50° С клеточная протоплазма коагулирует, легко можно объяснить ожоги (кольцеобразные) корневой шейки сеянцев и их полную гибель.

Другой существенной лесорастительной особенностью нужно считать режим влажности почвы. Данные, собранные в течение вегетационного периода 1958 и 1959 гг., показывают наличие значительного количества

влаги на небольшой глубине почвы даже после продолжительной засухи. В этом отношении типичным примером будет склон южной экспозиции (рис. 3). В поверхностном слое почвы (0—20 *см*) количество влаги летом

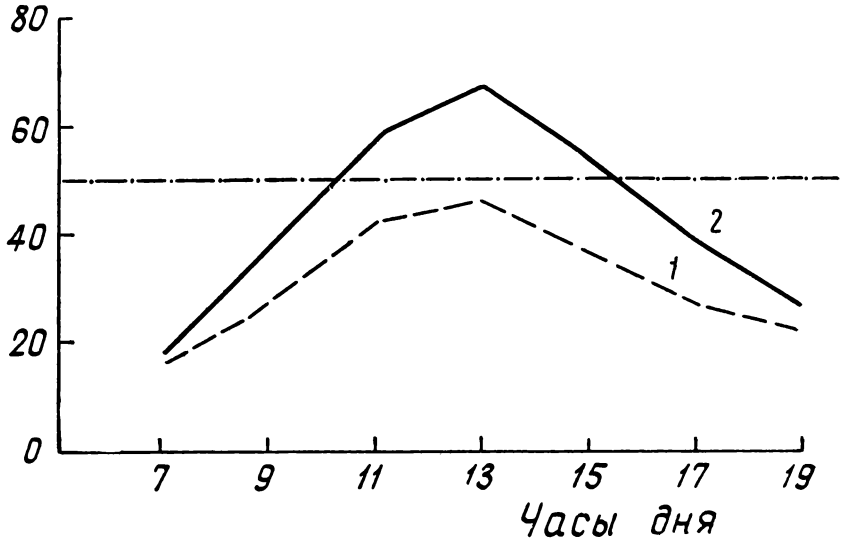


Рис. 2. Ход температуры на поверхности южного *(1)* и северного *(2)* склона терриконов шахты им. Т. Ненкова 28. VIII-1960 г. (Выше *штрих-пунктирной линии* — неблагоприятный температурный режим).

резко падает, достигая 9% при влажности (коэффициенте) увядания, равном 12%. В то же время на глубине 20—60 *см* влажность не падает ниже 25%. По нашему мнению, это можно объяснить, с одной стороны, большим

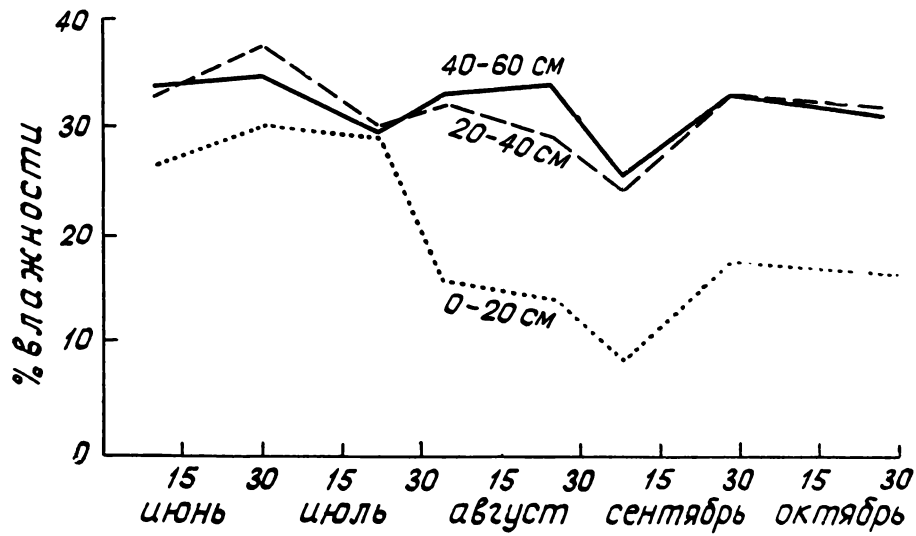


Рис. 3. Режим почвенной влаги на различной глубине за вегетационный период 1960 г.

количеством глинистых частиц в мелкоземе, а с другой — тем, что всегда разрыхленный поверхностный слой не только благоприятствует проникновению воды, поступающей с осадками, но и препятствует испарению влаги,

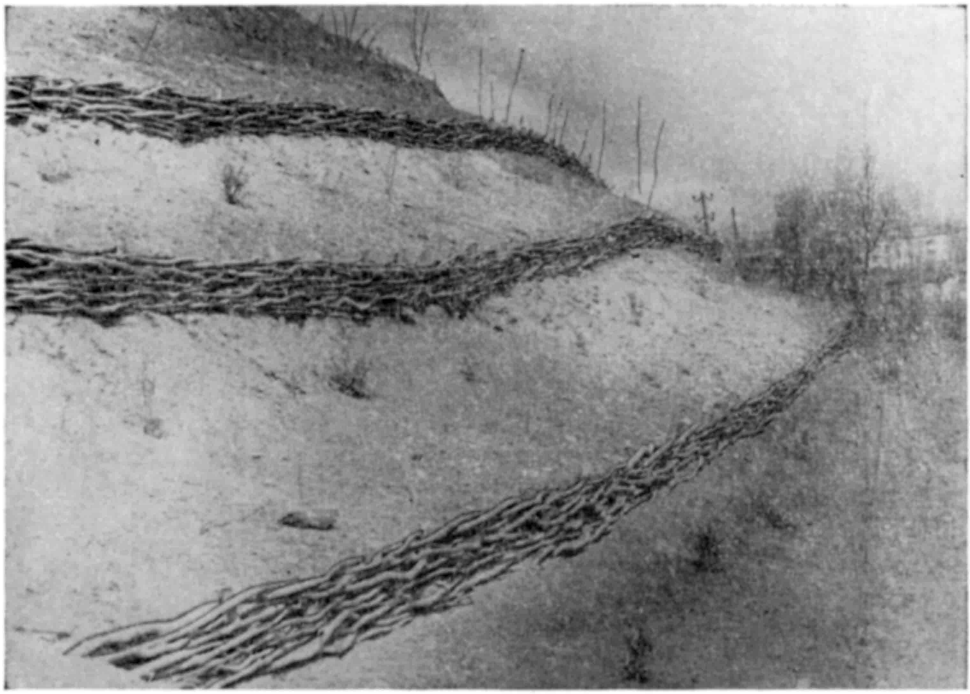


Рис. 4. Береговые плетни для укрепления крутых склонов.

поступающей по капиллярам из нижних слоев. Таким образом, сухой и разрыхленный слой играет роль естественного мульча.

Все вышесказанное показывает, что богатство почвы питательными веществами, сравнительно хорошая ее структура и водозадерживающая способность обусловливают благоприятные условия для хорошего роста и нормального развития древесной и кустарниковой растительности.

На одном из терриконов (шахта им. Т. Ненкова) осенью 1959 г. были проведены опытные облесения на трех пробных участках площадью в 0,2 *га* каждый (всего 0,6 *га*), расположенных на различных экспозициях терикона. Для того, чтобы воспрепятствовать развитию эрозии, были применены терраски и береговые плетни (клеонажи) (рис. 4). В ямки размером 40×40×50 *см* были посажены в двух повторностях два варианта: 1) с гумусной почвой, внесенной извне; 2) с использованием мелкозема, взятого на месте. Были использованы сеянцы следующих пород первого качества с хорошо развитой кроной и корневой системой: *Robinia pseudoacacia* L. *Quercus borealis* Nichx., *Fraxinus americana* L., *Eleagnus angustifolia* L., *Cotinus coggygria* Scop., *Laburnum vulgare* L., *Lonicera tatarica* L., *Tamarix tetrandra* Pall., *Amorpha fruticosa* L., *Evonymus europaea* L. и др. Были использованы главным образом двух- и трехлетние сеянцы с расстоянием посадки 80 *см* между растениями в рядах и 1,0—1,5 *м* между рядами.

В следующем году инвентаризация показала 96% как средний процент приживаемости, причем, у акации, тамарикса, ясеня американского и лоха узколистного этот показатель достиг 100%. Самый низкий процент приживаемости был у дуба красного (82%), и то в однопробной площадке, где количество извести очень велико, вследствие преобладания мергелей. Как известно (К. Костов — личное сообщение), дуб красный не выносит карбонатных почв. Важно отметить, что нет существенных различий в прижи-

Рис. 5. Акация (два года после посадки); длина годичного побега за 1960 г. — 2,18 *м*.

ваемости между обоими вариантами, у большинства пород существует тенденция лучшей приживаемости в варианте с использованным мелкоземом самого террикона.

Сравнительно хорошие жизненные условия оказали благоприятное влияние и на рост и развитие сеянцев. Так, средний прирост в высоту у акации достиг 145, у ясеня американского — 94 и у дуба красного — 46 *см*, причем, отдельные растения дали максимальный годичный прирост (акация более 2 *м* — рис. 5, ясень американский 1,5 и дуб 1,30 *м*). И здесь необходимо подчеркнуть, что еще в первые годы у растений, посаженных в ямки с мелкоземом, взятым из террикона, замечается тенденция к лучшему росту.

Сеянцы всех пород имели хороший рост и нормальное развитие и на третий год совершенно сомкнулись. Перемены, происшедшие в микроклимате, создали условия для быстрого развития травяного покрова в пробных площадках.

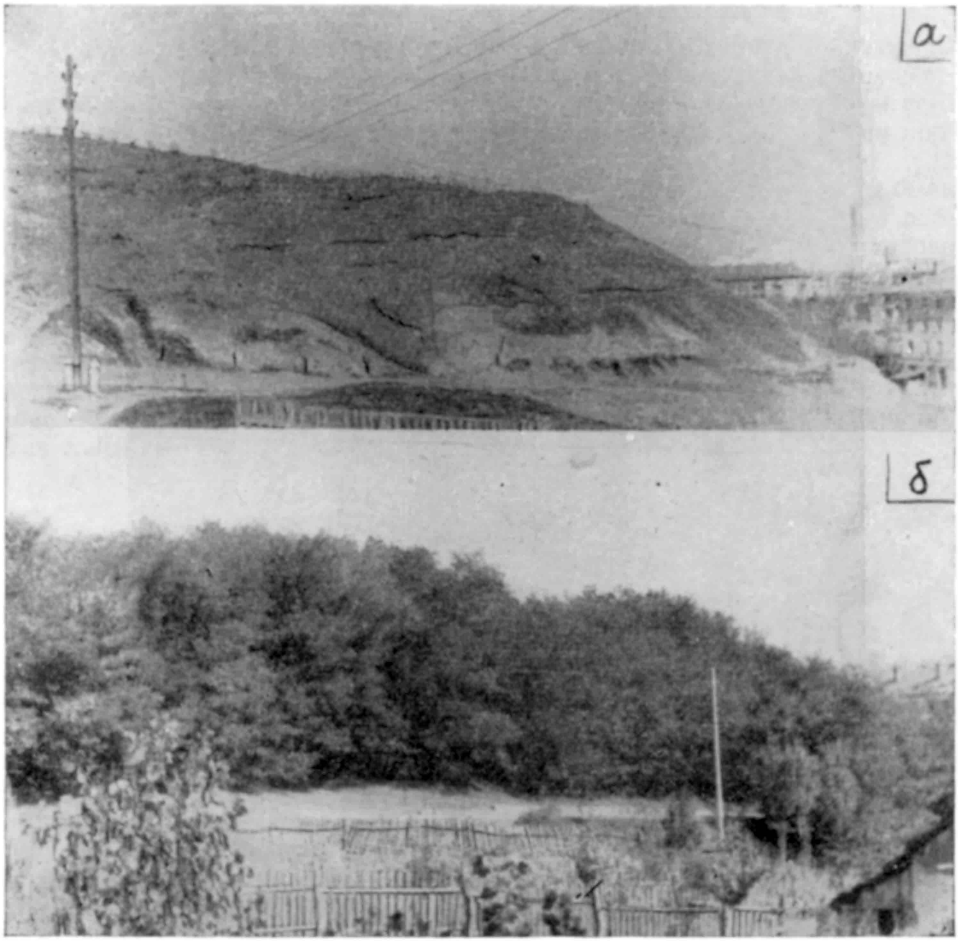


Рис. 6. Юго-западный склон террикона шахты им. Т. Ненкова.
а — в 1959 г.; *б* — в 1966 г.

После того, как были выяснены лесорастительные особенности и получены обнадеживающие результаты, на следующий год теми же методами еще были засажены больше чем 4 *га*. При этом использован более широкий ассортимент древесных и кустарниковых, а именно: береза, гледичия, тополь пирамидальный, дуб летний и различные кустарниковые породы. Результаты получились аналогичные — высокий процент приживаемости, хороший рост и нормальное развитие.

Большая часть голых терриконов уже покрыта древесной растительностью, показывающей нормальный рост и большую жизненность (рис. 6).

На основании проведенных исследований относительно возможностей озеленения терриконов Пернишского каменноугольного бассейна можно сделать следующие основные выводы:

1. В лесорастительном отношении поверхностные слои терриконов представляют благоприятную среду для роста и развития древесной и кустарниковой растительности. Они отличаются богатством питательных веществ, хорошей структурой и влагоемкостью.

2. Терраски как самая подходящая форма, установленная для подготовки почвы под облесение терриконов, применимы только при наклонах

Рис. 7. Асфальтированная аллея парка, созданного на терриконе шахты им. Т. Ненкова.

до 25—30°. На более крутых склонах, на которых терраски обрушиваются, необходимо создавать береговые плетни.

3. Отрицательное влияние перегрева поверхности и сильное иссушение в глубину до 15—20 *см* можно ограничить до минимума, если использовать саженцы большего возраста (главным образом трехлетние) и лучшего качества, с хорошо развитой корневой системой, которая бы достигла влажного слоя, и с кроной, способной затенить растение. Растения необходимо высаживать на глубину 40—50 *см*. Для смягчения влияния неблагоприятных факторов необходима густая посадка.

4. Внесение глины и гумусной почвы (очень дорогое и трудоемкое мероприятие) оказалось совсем лишним для условий пернишских терриконов, где получаются более хорошие результаты в вариантах без внесенной гумусной почвы. В отдельных местах, где мелкозем отсутствует, его необходимо брать из соседних частей террикона.

5. Все подвергнутые испытанию древесные и кустарниковые породы дали вполне удовлетворительный рост и развитие. Оказалось, что существует большая возможность расширить ассортимент пород, включив в него ряд хозяйственно ценных и декоративных. Необходимо в дальнейшем продолжать опыты.

И, наконец, мы можем сообщить, что полученные нами результаты были подвергнуты производственной проверке на некоторых терриконах в районе г. Перника и получили подтверждение. В настоящее время широко развернута работа по озеленению пустующих в прошлом терриконов в этом районе. Проведенная в 1966 г. инвентаризация показала, что размер засаженной площади терриконов уже больше 50 *га*. А семь лет спустя после первых посадок на терриконах шахты им. Т. Ненкова уже проведен ряд архитектурно-строительных работ, а именно: асфальтированные аллеи (рис. 7), декоративные лестницы, беседки, танцевальные площадки и пр. Так голый холм превратился в красивый городской парк.

АКАДЕМИЯ НАУК СССР
УРАЛЬСКИЙ ФИЛИАЛ

РАСТИТЕЛЬНОСТЬ И ПРОМЫШЛЕННЫЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ 1970

В. В. ТАРЧЕВСКИЙ

Уральский государственный университет, Свердловск

КЛАССИФИКАЦИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ОТВАЛОВ

Промышленные отвалы — это антропогенные образования, представляющие собой искусственные насыпи из переотложенного материала, преимущественно вскрышных пород, образовавшихся при добыче полезных ископаемых или же из отходов (хвостов) предприятий перерабатывающей промышленности и других производств, в том числе из отходов, получаемых при сжигании топлива на тепловых электростанциях. В какой-то степени близки к промышленным отвалам все перекрытые и переотложенные грунты, образующиеся при прокладке дорог и рытье каналов, а также отходы строительной и лесной промышленности.

Под отвалами заняты огромные площади ценных земель, которые находятся в непосредственной близости от населенных пунктов, а иногда в пределах городской черты. Не меньшую ценность представляют и площади, отводимые под отвалы вдали от населенных пунктов, но занятые лесами, лугами, пастбищами и пахотными угодиями.

Вред, приносимый промышленными отвалами, заключается в следующем:

1) сокращается площадь земельных угодий;
2) уничтожается почвенный покров и естественная растительность;
3) нарушается уровень грунтовых вод и загрязняются водоемы;
4) загрязняется воздушный бассейн;
5) усиливаются эрозионные процессы как на самих отвалах, так и на прилегающих к ним площадях с образованием селевых потоков при прорыве дамб шлаконаливных и шламовых полей;
6) при зарастании отвалов продуцируются семена сорных растений;
7) нарушается эстетический вид пригородной зоны и мест отдыха населения;
8) стимулируются заболевания населения, особенно легочные;
9) снижается производительность труда рабочих на предприятиях, ухудшается качество изделий, быстрее изнашиваются трущиеся детали машин, усиливается коррозия металлов и др.

Мероприятия по устранению вредного влияния промышленных отвалов и более целесообразного их использования являются важной общегосударственной проблемой, в результате решения которой все нарушенные промышленностью земли должны быть возвращены народному хозяйству. Комплекс этих мероприятий можно объединить общим термином рекультивация. Сюда входят все восстановительные работы по созданию культурного ландшафта на месте отвалов и карьеров с пе-

реводом нарушенных земель в категорию сельскохозяйственных и лесных угодий, зону отдыха и др.

Для осуществления этой проблемы могут быть намечены следующие пути: утилизация, реставрация и консервация отвалов.

Утилизация — это вторичное использование отходов промышленности. Реставрация — это комплекс мероприятий по восстановлению поверхности промышленных отвалов путем нанесения слоя подпочвы и почвы до 1 *м* толщиной и последующим использованием этой площади под земледелие. Консервация — это закрепление поверхности отвалов механическим путем (нанесение пленок, асфальтирование, покрытие щебенкой и др.) или же путем озеленения поверхности отвалов с предварительным нанесением минимального слоя почвы, торфа, минеральных удобрений, полива сточными водами и пр.

Промышленные отвалы многочисленны, поэтому возникает необходимость их подразделения. Каждая классификация обобщает явления по каким-то главным, типичным признакам. Если бы, предположим, требовалось создать классификацию отвалов с точки зрения использования их в строительстве, то необходимо было обратить основное внимание на их механический состав. Подобная классификация приняла бы крайне простой характер. Поскольку классификация должна служить целям рекультивации отвалов, то в первую очередь необходимо выделение таких признаков и подразделений, руководствуясь которыми можно было бы уверено намечать план исследований и сумму практических мероприятий для освоения данного типа отвалов.

Существуют две зарубежные классификации промышленных отвалов, и обе они принадлежат польским ученым. Первая составлена Папшицким (Paprzycki, 1956), который подразделил не только отвалы, но и сопутствующие им выемки, т. е. объединил два противоположных типа образований в рельефе — положительный и отрицательный. Папшицкий несколько раз по отдельным признакам подразделяет все отвалы и таким же образом все выемки, в частности по форме, активности, механическому составу, естественному зарастанию и происхождению.

ОТВАЛЫ И ВЫЕМКИ (Классификация Папшицкого)

А. Отвалы

По форме:

1) конусовидные и куполообразные
2) столовые,
3) хребтовидные,
4) плоские.

По температурной активности:

1) активные (действующие),
2) горящие,
3) неактивные,
4) используемые неактивные отвалы.

По механическому составу:

1) пылевидные,
2) мелочь,
3) отвалы из гравия,
4) отвалы из щебенки,
5) цементированные отвалы (например, перегоревшие).

С точки зрения покрытия:

1) голые,
2) с редкой растительностью,
3) заросшие густой растительностью,
4) заросшие деревьями.

По происхождению:

1) угольные,
2) цинковые,
3) железорудные,
4) известняковые,
5) цинковые полуобогащенные.
6) отвалы угольной пыли,
7) отвалы из угольного шлака,

8) отвалы из железистого шлака:
а) доменных печей,
б) мартеновских печей,
9) отвалы из цинкового шлака,
10) отвалы из отходов химических заводов,
11) отвалы из осадков при очистке стоков,
12) смешанные отвалы из различных промышленных отходов (состав их зависит от вида продукции данного предприятия).

Б. Выемки

1. Каменные карьеры:
а) известняковые,
б) песчаные.

По температурной активности:

1) активные,
2) старые.
2. Песчаные карьеры:
а) сухие,
б) подмокшие,
в) залитые водой.

С точки зрения покрытия:

1) голые,
2) озелененные,
3) заросшие густой растительностью,
4) заросшие деревьями.
3. Глиняные карьеры.
4. Провалы в местах оседания местности над шахтными выработками:
а) сухие,
б) подмокшие.
5. Территория оставленных шурфов — наследие в виде заброшенных шахт, воронок и углублений с остатками пустых пород и пыли.
6. Терриконы — места открытой добычи серебра, свинца и цинка в виде выемок и насыпей (пустые породы).
7. Территория после открытой добычи:
а) железных руд,
б) угля.

Классификация Папшицкого представляет несомненный интерес как первая попытка внести логический порядок в эти многочисленные антропогенные образования, но в целом она носит несколько механический характер и рассчитана больше на каменноугольные отвалы.

На Первом Международном симпозиуме по рекультивации в Лейпциге (ГДР, 1962) польскими учеными Адамовичем, Грештой, Боярским и др. (Adamowicz, Bojarski, Gresztа и др., 1963) была предложена новая генетическая классификация, основанная на главном и единственном признаке — происхождении отвалов.

1. Отвалы каменные или земельные из отходов подземной выработки:
а) каменного угля,
б) свинцово-цинковых руд,
в) железных руд,
г) прочих полезных ископаемых.
2. Отвалы из промышленных отходов:
а) черной металлургии,

б) заводских и постфлотационных (цинковых и прочих цветных металлов),

в) химического производства,

г) шлаковые и зольные,

д) прочие отходы и комплексные отвалы различного происхождения.

3. Земельные, наружные и внутренние отвалы, возникшие при открытой добыче:

а) каменного угля,

б) бурого угля,

в) серы,

г) прочих ископаемых.

4. Глиняные или каменные выработки, возникшие после открытой добычи:

а) песка,

б) каменного угля,

в) бурого угля,

г) глины, гравия,

д) извести,

е) прочих месторождений.

5. Горнопромышленные отвалы.

6. Комплексно-поврежденные территории (различные выработки, провалы, отвалы, территории бывших шахт и т. п.).

7. Местности, расположенные в полосе максимально катастрофического загрязнения промышленными выделениями.

В рассмотренных классификациях отсутствуют весьма важные признаки, без знания которых трудно осуществить рекультивацию отвалов: возраст, физическое строение (механический состав), химический состав отвалов и возможность использования их.

Польскими учеными не была принята во внимание классификация каменноугольных отвалов Англии, составленная Холлом (Hall, 1957), в которой приводится ряд интересных положений. Холл отмечает изменение pH отвалов и характер естественного зарастания в связи с возрастом отвалов. Благодаря такой постановке вопроса, ему удалось убедительно показать характер изменений отвалов и процессов зарастания их в связи с возрастом, т. е. их эволюцию.

Помимо наших материалов для классификации отвалов (Тарчевский, 1964), в 1965 г. опубликована Г. Н. Леонтьевым классификация отвалов Дальнего Востока. Она основана на материалах, характерных для местной промышленности, и потому ее можно назвать региональной.

Как видно из сказанного, отвалы могут быть весьма разнородны и трудно привести простой перечень их, так как для этого пришлось бы назвать все месторождения полезных ископаемых и все типы заводов перерабатывающей промышленности, все обогатительные фабрики, а также предприятия, дающие те или иные отходы, и кроме того, принять во внимание различные типы строительного и заводского мусора.

В природно-генетической классификации почв Польши, разработанной польским обществом почвоведов, отвалы определены как почвы, уничтоженные горнопромышленной и промышленной эксплуатацией, а также строительством и отнесены к типу почв «начальной стадии развития» (Adamowicz и др., 1963). Несмотря на то, что отвалы разнообразны по форме, по физическим и химическим особенностям, зависят от специфики и уровня производства, можно установить некоторые общие черты и закономерности, позволяющие расчленить отвалы на определенные группы.

По нашему мнению, классификация отвалов в наиболее приемлемом виде должна выглядеть следующим образом:

КЛАССИФИКАЦИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ОТВАЛОВ

А. По происхождению:

1. Отвалы добывающей промышленности (при добыче каменного угля, железа, цветных металлов и разработке нерудных месторождений):

а) внешние и внутренние отвалы открытых разработок;

б) породные отвалы при подземной разработке (терриконы);

в) отвалы из перемещенных грунтов (при дражном способе добычи золота).

2. Отвалы перерабатывающей промышленности:

а) насыпные (шлаки, отходы заводского происхождения);

б) наливные (шламовые поля, золоотвалы и др.);

в) кладбища (захоронения в контейнерах и др.).

3. Прочие отвалы:

а) из остатков основного сырья;

б) из строительных остатков;

в) из заводского мусора.

Б. Во возрасту

1. Свежие (до 5 лет).
2. Молодые (до 15 лет).
3. Средневозрастные (до 40—50 лет).
4. Старые (более 40—50 лет).

В. По форме

1. Поля нарушений с разнообразным мезо- и микрорельефом.
2. Длинно-вытянутые гребни, гривы.
3. Одиночные конусы, бугры.
4. Чашевидные (хвостохранилища, шламовые и шлако-наливные поля).
5. Неопределенные.

Г. По высоте

1. Низкие (до 5 *м*).
2. Средние (до 25 *м*).
3. Высокие (до 50 *м*).
4. Очень высокие (свыше 50 *м*).

Д. По механическому составу поверхностного субстрата

1. Пылевидные (частицы менее 0,01 *мм*).
2. Крупнопылевидные и пески (частицы до 0,1 *мм*).
3. Гравийные (частицы до 1 *см*).
4. Щебенчатые (частицы до 5 *см*).
5. Крупномерные (камни и глыбы свыше 5 *см*).

Е. По кислотности (pH)

1. Кислые.
2. Нейтральные.
3. Щелочные.

Ж. По утилизации

1. Идущие на вторичную переработку.
2. Употребляемые в строительстве.
3. Пригодные в качестве удобрений.
4. Применяемые для дорожного покрытия.
5. Неиспользуемые.

В нашей классификации берется за основу происхождение отвалов, тогда как все остальные подразделения носят поясняющий характер и должны применяться при характеристике всех типов отвалов.

ЛИТЕРАТУРА

Леонтьев Г. Н. К инвентаризации и типизации отвалов юга Дальнего Востока.— Восьмая конференция молодых ученых Дальнего Востока. Владивосток, 1965 (Дальневост. фил. СО АН СССР).

Тарчевский В. В. Промышленные отвалы и их освоение.— Растения и промышленные загрязнения, IV. Свердловск, 1964 (Урал. фил. АН СССР, Урал. гос. ун-т).

Adamowicz S., Bojarski L., Greszta I., Paczeniowski I., Paprzycki E., Skawina T., Sokolowski Z., Weglowski S., Zulawski C., Wplyn Gornichwa Podziemnego na gospodarke lesna oraz zasady postepowania w sprawach o zkody gornicze w lasach.— Biuletyn. Zaklad Badan Naukowych (Vroclaw — Warszawa — Krakow), 1963, № 1.

Hall I. G. The ecology of disused pit heaps in England.— Ecol., 1957, **45**, 3.

Paprzycki E. Kiasyfikacia nieuzytkow poprzemyslowych.— Biuletyn Zaklad Ochrany Przyrody. APAN (Warszawa), 1956, № 1.

АКАДЕМИЯ НАУК СССР
УРАЛЬСКИЙ ФИЛИАЛ

РАСТИТЕЛЬНОСТЬ И ПРОМЫШЛЕННЫЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ 1970

А. Д. ГОГАТИШВИЛИ

НИИ почвоведения, агрохимии и мелиорации, ГрузССР, Тбилиси

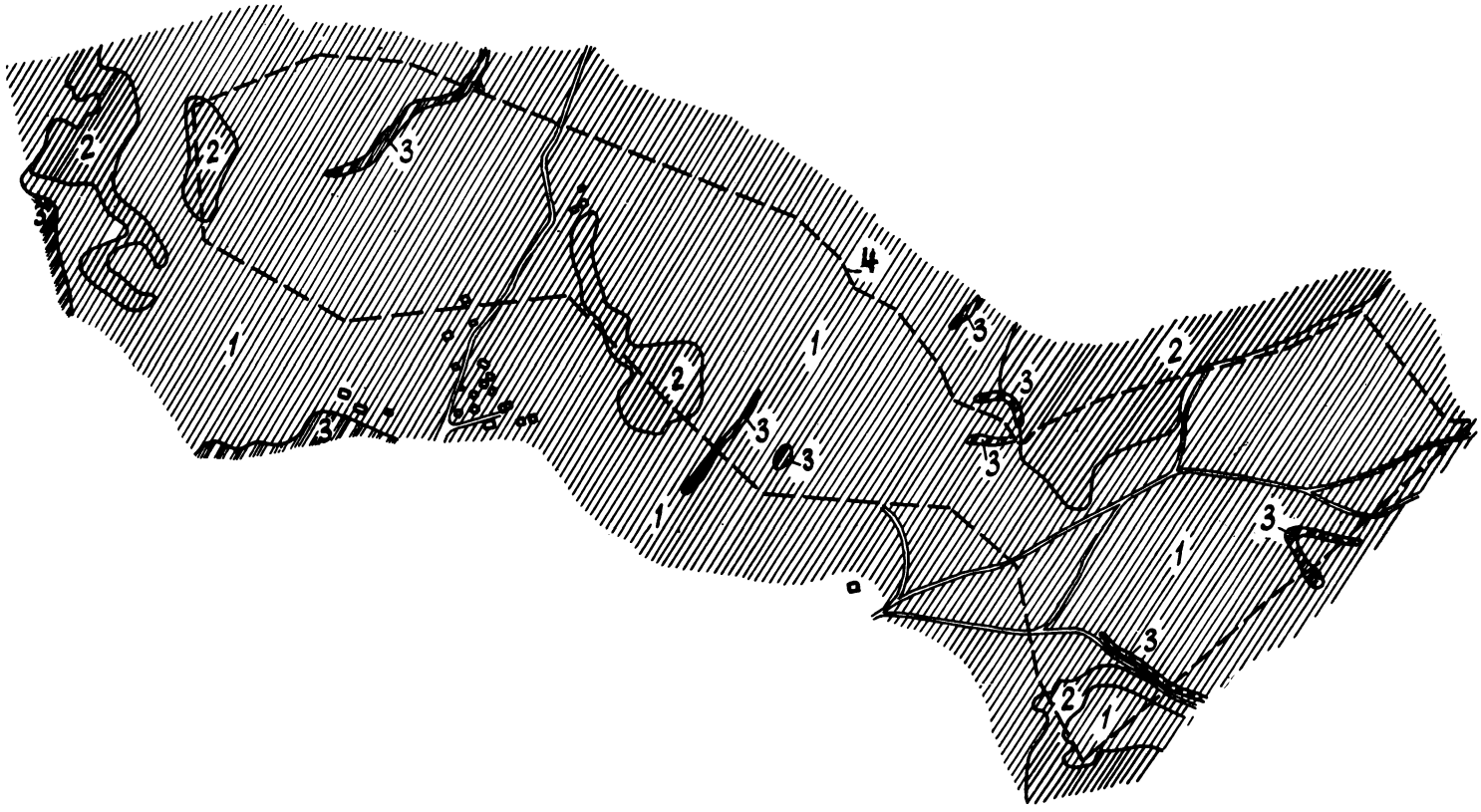
СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РЕКУЛЬТИВАЦИИ ЗЕМЕЛЬ ОТКРЫТЫХ РАЗРАБОТОК ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ В ГРУЗИИ

Охрана и правильное использование природных ресурсов приобретает большое значение в Грузии как горной стране: только 12,8% от общей территории республики приходится на площади с отметками в пределах 0—200 *м*, 33,4% от 200 до 1000, а 53,8% — выше 1000 *м* над ур. м. Сильно расчлененный рельеф страны, большая крутизна склонов и связанные с ними почвенно-эрозионные процессы препятствуют освоению новых площадей для сельского хозяйства.

Грузия — плотнонаселенная и малоземельная республика; достаточно отметить, что на душу населения приходится только лишь 0,18 *га* пашни. Поэтому сохранению имеющегося земельного фонда, как основного средства производства, придается большое значение. Общая площадь республики составляет около 7 млн. *га*, из которых сельскохозяйственными угодиями занято немногим более 2900 тыс. *га*, леса же занимают около 2800 тыс. *га*. Среди возделываемых культур особого внимания заслуживают чай, цитрусы, эфиромасличные, плодовые, технические и др.

Довольно большие площади, занятые сельскохозяйственными и лесными угодиями, выходят из строя в результате добычи полезных ископаемых открытым способом. Открытые разработки разнообразных месторождений ведутся почти во всех природных зонах Грузии. Но особенно в больших масштабах они ведутся в наиболее плотнонаселенном районе республики — в Чиатурском марганцевом бассейне. Именно поэтому первые опытные работы по рекультивации земель выработок были сосредоточены на его территории. Работы по техническому восстановлению выработок производит горно-добывающая промышленность, а биологическую — Грузинский научно-исследовательский институт почвоведения, агрохимии и мелиорации (Гогатишвили, 1963).

Перед проектированием открытых работ проводятся предварительные обследования почв в масштабе 1 : 5000—1 : 2000. В результате проектным организациям передаются: а) почвенные планы местностей, б) картосхемы возможного снятия почвенного слоя (см. рисунок) и в) очерк с подробной агропроизводственной характеристикой и рекомендациями по снятию и последующему восстановлению почв. Эти материалы используются для составления проектов каждого карьера, где, помимо других, предусматриваются работы по восстановлению почвы. О некоторых вариантах технического восстановления почвы подробно говорится в ранее составленной специальной брошюре (Гогатишвили, Конава, 1965).



Картосхема возможного снятия почвы карьера № 1 (с. Зоди).

1 — снятие почвы возможно на 80 — 100 *см* и *2* — на 40 — 50 *см*; *3* — снятие почвы нецелесообразно; *4* — граница разработки.

В Чиатурском марганцевом бассейне сосредоточены экспериментальные работы с целью установления рациональных приемов биологической рекультивации в условиях восстановленной почвы и планированного отвала. В 1965 г. на планированном отвале по простой четырехвариантной схеме были посажены лесные культуры: а) с внесением 4—5 *кг* плодородной почвы в посадочную яму, б) без внесения ее. Каждый из вариантов в свою очередь изучался в поливных и неполивных условиях. Среди испытываемых пород: тополь, каштан обыкновенный, белая акация, лесная груша и яблоня, клен полевой, сосна черная и кавказская. Уход за опытными насаждениями осуществляется соответственно с действующими агроправилами. Опытные лесонасаждения прижились довольно хорошо, особенно лиственные породы (табл. 1).

Таблица 1

Приживаемость опытных лесных культур

Культура	С внесением почвы		Без внесения почвы	
	поливной	неполивной	поливной	неполивной
Тополь	100	99,0	100	97,7
Каштан обыкновенный	89,2	83,3	93,7	69,8
Лесная груша и яблоня	96,2	88,4	92,5	78,8
Белая акация	63,7	94,0	97,7	89,0
Клен полевой	97,8	92,0	87,9	81,4
Сосна черная	70,2	58,7	62,6	54,1
Сосна кавказская	76,3	66,2	71,8	60,4

В поливных вариантах приживаемость на 5—10% больше, чем на неполивных; предварительное внесение почвы не оказывает почти никакого влияния на приживаемость.

По данным измерений (табл. 2), среднегодовой прирост белой акации составляет 105—115 *см*. На втором месте стоит тополь, годовой прирост

Таблица 2

Средний прирост опытных лесных культур

Культура	Возраст	С внесением почвы, *см*				Без внесения почвы, *см*			
		поливной		неполивной		поливной		неполивной	
		высота	толщина	высота	толщина	высота	толщина	высота	толщина
Тополь	6	44,3	0,37	42,0	0,23	46,4	0,25	37,2	0,18
Каштан обыкновенный	6	8,35	0,25	9,80	0,30	8,30	0,27	8,54	0,28
Лесная груша и яблоня	6	13,21	0,23	13,38	0,23	13,61	0,24	13,63	0,22
Белая акация	6	105,96	1,05	114,53	1,01	103,33	1,05	113,33	1,08
Клен полевой	5	14,38	0,25	13,0	0,21	14,08	0,24	13,06	0,21
Сосна черная	6	7,01	0,44	6,70	0,39	6,05	0,36	5,88	0,41
Сосна кавказская	5	4,56	0,27	3,48	0,27	—	—	—	—

которого колеблется в пределах 37—47 *см*. У каштана, клена, лесной груши и яблони среднегодовой прирост почти одинаков и колеблется в пределах 8—14 *см*. Аналогичные показатели у сосны не превышают 3—7 *см*. Необходимо отметить, что лиственные породы в первый год, а хвойные — в первые два года после посадки почти не дают прироста.

Поливные варианты тополя, клена и сосны по росту и развитию несколько превосходят варианты без полива. Для каштана, груши и яблони в этом отношении разницы не наблюдается. Особо выделяется акация, которая в неполивных условиях дает больше прироста, чем в поливных.

Влияние внесения почвы на рост и развитие опытных лесных посадок слабо выражено и отмечается лишь для черной сосны и тополя. Из испытанных лесных пород самой быстрорастущей является белая акация. Помимо этого качества акация обращает на себя внимание и в том отношении, что она резко улучшает свойства рухляка и мощно развитой корневой системой надежно защищает поверхность почвы от эрозии. Интенсивный рост акации позволяет уже на 4—5 году использовать ее для виноградных таркалей, а через 7—8 лет для шпалерных столбов; после первой рубки с каждого гектара можно получить до 20 000 шт. таркалей и столбов. Практическое использование находят также ее кора, семена, листья и цветы.

Таким образом, полученные данные позволили нам составить соответствующие рекомендации для освоения тех породных отвалов, которые не пригодны для освоения более ценными культурами. Эти рекомендации уже внедряются в производство.

На восстановленной почве и на планированном отвале с 1963 г. в неполивных условиях испытывается травосмесь — люцерна с райграсом — с внесением агротехнической дозы минеральных удобрений (N_{60}, P_{90}, K_{40}). В этом опыте многолетние травы хорошо развились как на восстановленных почвах, так и на планированном отвале. При четырехкратном укосе на восстановленной почве можно получить от 150 до 195 *ц* сухого сена; средний урожай за три года составляет 176 *ц*. На планированном же отвале было получено 149—174, а в среднем 165 *ц* сена на 1 *га*. Таким образом, урожай сена на планированном отвале незначительно (на 11 *ц*) меньше, чем на восстановленной почве.

Многолетние травы, кроме того, что дают высокий урожай сена, заметно улучшают физико-химические свойства отвальных грунтов, повышают их биогенность. Можно считать, что многолетние травы имеют большую перспективу в освоении и улучшении отвалов, особенно в первые годы после их планировки.

Опыты с виноградниками ведутся на двух фонах: на восстановленной почве мощностью 40—45 *см* и на планированном отвале, т. е. без почвенного слоя. На этих фонах осенью 1962 г. были заложены опытные виноградники из местного шампанского сорта «цицка». Схема опытов в обоих случаях одинакова и состоит из следующих вариантов:

1. Контрольный вариант — без удобрений.
2. Вариант с минеральным удобрением в количестве N_{200}, P_{150}, K_{150}.
3. То же самое, что и вариант 2+зеленое удобрение (горох).
4. Навоз 80 *т*.
5. Навоз 80 т+N_{100}, P_{75}, K_{75}.

Площадь делянок составляет 150 $м^2$, на которой имеется 80 виноградных лоз. Из пяти рядов три учетные и два крайние — защитные. Навоз вносится через каждые три года, а зеленое удобрение высеивается и запахивается через каждые два-три года. Минеральные удобрения в указанных дозах вносятся ежегодно.

Согласно данным табл. 3 приживаемость опытных кустов винограда хорошая и составляет 94—98%. По этим показателям различие в приживаемости в варианте с восстановленной почвой и планированным отвалом не обнаружено; отсутствует различие также между другими сравниваемыми вариантами.

Таблица 3

Характеристика опытных виноградников

№ опыта	Вариант	Приживаемость, %	Обрезанные чубуки виноградной лозы											
			1963 г.				1964 г.				1965 г.			
			вес, *г*	%	% по отношению к контролю опыта 2	% по отношению к соответ. варианту опыта 2	вес, *г*	%	% по отношению к контролю опыта 2	% по отношению к соответ. варианту опыта 2	вес, *г*	%	% по отношению к контролю опыта 2	% по отношению к соответ. варианту опыта 2
1, на восстановленной почве	1. Контроль без удобрений	98,6	2,80	100	222	222	7,07	100	273	273	37,3	100	574	574
	2. N_{200}, P_{150}, K_{150} .	96,0	4,78	170	380	132	9,63	136	571	120	57,3	154	881	113
	3. N_{200}, P_{150}, K_{150}+ зеленое удобрение (горох)	96,1	2,57	92	203	127	7,23	102	275	139	64,6	173	994	115
	4. Навоз 80 *т* . . .	94,2	5,16	184	417	130	7,73	109	298	133	73,8	195	1135	121
	5. Навоз 40 *т*, N_{100}, P_{75}, K_{75}	95,5	5,62	200	453	134	10,25	145	395	115	73,7	195	1134	120
2, на планированном отвале	1. Контроль без удобрений	95,9	1,26	100	—	—	2,59	100	—	—	6,5	100	—	—
	2. N_{200}, P_{150}, K_{150} .	95,6	3,52	280	—	—	7,23	279	—	—	50,6	778	—	—
	3. N_{200}, P_{150}+зеленое удобрение (горох)	96,4	2,03	161	—	—	5,20	201	—	—	56,1	863	—	—
	4. Навоз 40 *т* . . .	95,5	3,96	314	—	—	5,73	144	—	—	60,9	921	—	—
	5. Навоз 40 *т*, N_{100}, P_{75}, K_{75}	95,8	4,27	339	—	—	8,94	345	—	—	61,6	932	—	—

Что касается роста и развития виноградной лозы, то разница между опытами 1 и 2 довольно большая. Так, на восстановленной почве без удобрения получены в первом году в 2,2, во втором — в 2,7 и третьем — в 5,7 раза больше обрезанной массы, чем на контроле — планированном отвале. На восстановленной почве с удобрением масса обрезанных чубуков на 15—35% больше, чем в соответствующих вариантах на планированном отвале.

На искусственно восстановленном почвенном фоне удобренные варианты дают значительно больший прирост, чем на контроле. Влияние удобрений больше всего сказывается на планированном отвале, где на удобренных вариантах виноградная лоза в первый год развития дает в 2—3, а на третьем году в 7—9 раз больше вегетативной массы, чем на неудобренном варианте. Следует отметить, что на удобренных вариантах часть кустов в трехлетнем возрасте дала первый, правда весьма скромный урожай.

На восстановленной почве виноградная лоза развивается значительно лучше, чем на планированном отвале, причем среди испытываемых вариантов выделяется пятый вариант с применением половинной дозы органических и минеральных удобрений. Достаточно хорошо развивается также лоза на вариантах с внесением полной дозы тех же удобрений. Таким образом, восстановленную почву можно использовать для разведения виноградников. С этой целью, но, по-видимому, выборочно можно использовать отдельные участки и планированного отвала.

На стационаре испытывается и главная продовольственная культура — кукуруза с подсевом сои. Опыты с ней ведутся также на двух фонах — восстановленной почве и планированном отвале, в четырехкратной повторности по схеме: 1) контроль без удобрений; 2) навоз 40 *т*; 3) навоз 20 *т*+N_{45}, P_{60}, K_{30}; 4) N_{90}, P_{120}, K_{60}+зеленое удобрение (горох); 5) N_{90}, P_{120}, K_{60}.

По предварительным данным на восстановленной почве удобренных вариантов получен урожай зерна 10—15 *ц/га*; на удобренном планированном отвале он значительно ниже, а на неудобренном ничтожен. Урожай зерна сои на контрольном варианте за три года составил в среднем 4,1 *ц/га*, а на планированном отвале 3 *ц/га*.

Урожайность зерновых культур на восстановленной почве, особенно на планированном отвале, сильно колеблется. Это связано, по-видимому, с неравномерностью увлажнения в течение отдельных лет.

Работы по рекультивации отвалов в Грузии в настоящее время выполняются только лишь на Чиатурском месторождении марганца. Поэтому нами произведено рекогносцировочное исследование почв и отвальных масс на других месторождениях. Для решения вопроса рекультивации в других месторождениях будут использованы результаты экспериментальных и практических работ, полученных в Чиатурском марганцевом бассейне. При рекультивации земель будет использован опыт, полученный в Чиатурском марганцевом бассейне, а также в других районах нашей страны и за рубежом.

ЛИТЕРАТУРА

Гогатишвили А. Д. О восстановлении почв в местах открытых разработок Чиатурских марганцевых руд (на грузинском языке).— Труды Ин-та почвоведения Груз. ССР, 1963, 11.

Гогатишвили А. Д., Конава В. Р. Техника и способы восстановления почвы в местах открытых разработок Чиатурского марганцевого месторождения. Тбилиси, 1965.

АКАДЕМИЯ НАУК СССР
УРАЛЬСКИЙ ФИЛИАЛ

РАСТИТЕЛЬНОСТЬ И ПРОМЫШЛЕННЫЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ 1970

В. А. ОВЧИННИКОВ
Подмосковный НИУИ

КОМПЛЕКСНОСТЬ ИССЛЕДОВАНИЙ ПО РЕКУЛЬТИВАЦИИ ЗЕМЕЛЬ, НАРУШАЕМЫХ КАРЬЕРАМИ

В 1970 г. объем добычи твердых полезных ископаемых достигнет примерно 4,4 млрд. *т* в год, из которых около 3,4 млрд. *т*, или 77%, будет добываться открытым способом, с нарушением поверхности на площади около 35 тыс. *га* в год. Такие месторождения часто расположены в районах страны с высокой плотностью населения. Однако при проектировании и эксплуатации карьеров часто не учитываются вредные последствия их разработки на природную среду, не увязываются интересы различных отраслей хозяйства при использовании таких вазимосвязанных природных ресурсов, как земля и недра.

Нежелательные последствия открытых работ вовсе не ставят под сомнение целесообразность и эффективность применения этого способа разработки месторождений. Речь идет лишь о необходимости принятия соответствующих мер, основанных на изучении закономерностей развития природной среды и ее преобразования под влиянием деятельности человека; на выявлении взаимосвязей природных, технологических, экономических и социальных факторов, чтобы эти отрицательные явления были полностью исключены или сведены к минимуму.

В практике известны различные виды освоения нарушенных открытыми работами территорий. Обычно на них создаются сельскохозяйственные и лесные угодья; иногда ведется застройка, сооружаются водоемы и пр.

При этом работы по рекультивации делятся на два основных этапа:

горнотехническую рекультивацию — мероприятия, которые проводятся горнодобывающим предприятием в процессе эксплуатации месторождения с целью создания условий, отвечающих целевому назначению последующего использования нарушенных территорий;

биологическую рекультивацию — все агротехнические работы по созданию пастбищ, пашен, садов, лесов и пр., а также работы при освоении водоемов, образованных в выработанном пространстве карьеров; эти мероприятия выполняются специалистами сельского, лесного хозяйства и др.

Кроме того, особо выделяется строительная рекультивация — различного вида застройка нарушенных территорий и сооружение водоемов в отработанных карьерах.

Виды освоения определяют технические требования к рельефу восстанавливаемой территории, экспозиции и крутизне образуемых уклонов, условиям формирования отвалов и бортов карьеров при их погашении.

Таблица 1

Технологическая связь между формами образующегося рельефа и условиями залегания месторождения

Форма рельефа	Характер нарушений	Определяющий фактор
Система гребней	Внутренние отвалы при системах с перевалкой вскрыши	Площадные залежи маломощные с пологим падением
Плато	Внутренние отвалы при транспортной системе	Площадные залежи с пологим падением. Мощность вскрыши большая
	Внешние одноярусные отвалы	Глубинные залежи с наклонным и крутым падением или сложным залеганием
Террасы	Внешние многоярусные отвалы	Глубинные залежи с наклонным и крутым падением или сложным залеганием. Складируемые породы малоустойчивы
	Нагорные карьеры	Высотные залежи
Одиночные гребни	Внешние отвалы бестранспортной вскрыши	Узкие глубинные залежи с малой и средней мощностью вскрыши. Проведение внешних траншей по бестранспортной схеме
Выемка	Выработанное пространство карьеров	Узкие глубинные залежи с малой и средней мощностью вскрыши. Глубинные залежи с наклонным и крутым падением или сложным залеганием. Площадные залежи поверхностного типа с малой мощностью вскрыши

Эти требования влияют на технологию и экономику горных работ. В то же время горнотехнические условия месторождений ограничивают выбор вида освоения. В зависимости от характера нарушений, определяемых горнотехническими и природными факторами, образуются различные формы рельефа местности, представленные в табл. 1, которые обусловливают вид освоения.

В выемках обычно создаются искусственные водоемы различного назначения. Выполнение работ, связанных с созданием водоема в котловане карьера одновременно с его погашением, очевидно, обойдется дешевле по сравнению с тем, если эти работы будут выполняться впоследствии силами и средствами другой организации.

Образующиеся террасы целесообразно использовать для посадки древесно-кустарниковых культур. При этом им необходимо придавать такую крутизну и так ориентировать их по странам света, чтобы обеспечить лучшие условия почвообразовательного процесса.

Плато и системы гребней чаще всего осваивают для сельскохозяйственных или лесоводческих целей. Рельеф поверхности должен быть близким к равнинному. При бестранспортных и транспортно-отвальных системах планировка отвалов является дополнительной операцией.

В районах с развитым животноводством при обработке месторождений с неглубоким залеганием и благоприятными для травосеяния свой-

ствами грунтов вскрыши, гребни породных отвалов без предварительной планировки, а следовательно, и без затрат на горно-техническую рекультивацию, засевают травами и используют под пастбища. Такой холмистый рельеф с многочисленными водоемами, образованными во впадинах между гребнями, благоприятен для пастбищного животноводства, особенно в засушливых районах. Оставление же водоемов может быть заранее предусмотрено и согласовано с развитием горных пород.

При биологическом восстановлении на поверхности отвалов должны размещаться породы вскрыши с хорошими почвообразующими свойствами. Поэтому важнейшее условие в системе рекультивационных работ — четкая их характеристика.

Наличие породных классификаций позволяет так построить технологию вскрышных работ, чтобы плодородные грунты были размещены на поверхности отвалов и перекрывали бы токсичные и малоплодородные грунты. Таким образом, агрохимическая классификация грунтов вскрыши имеет не только биологическое, но и прямое технологическое значение.

Необходимость создания благоприятных почвенных условий для растений оказывает существенное влияние на технологию и технико-экономические показатели горных работ, обусловливая применение раздельной выемки почвы в карьере и селективное формирование отвалов. А это часто связано с дополнительными издержками горного производства.

При проектировании карьеров с многоярусными отвалами места заложения траншей и направление фронта работ следует выбирать с таким расчетом, чтобы участки месторождения с хорошими почвообразующими свойствами грунтов вскрыши (например, лессовые отложения) отрабатывались в последнюю очередь.

Из сказанного видно, что важным этапом исследований по рекультивации является выбор вида последующего освоения нарушаемых площадей, который должен предшествовать началу проектирования карьеров. Вопрос о том, для каких целей в процессе эксплуатации месторождения будут подготавливаться затронутые работами земли, во многом определяет выбор схемы вскрытия, технологии и механизации горных работ, затраты на горнотехническую рекультивацию, а также успех проведения дальнейших работ по освоению этих площадей.

Выявленные взаимосвязи определили направления исследований по рекультивации территорий, нарушаемых карьерами Подмосковного бассейна. Эти исследования ведутся совместно Подмосковным научно-исследовательским угольным институтом и Центральной лабораторией охраны природы. Их комплексный характер и взаимосвязи наглядно видны из табл. 2. В сетевую модель и библиотечный список не входят такие работы, как агрохимические исследования и классификация грунтов покрывающей толщи, а также разработка ряда методик: прогнозирования уровня подземных вод на нарушаемых площадях, экономической оценки земли, экономической и социальной оценки рекультивации. Их выполнение должно предшествовать исследованиям, проводимым для конкретных карьерных полей.

Результаты комплексных исследований позволили в Подмосковном бассейне перейти к решению частных задач совершенствования технологии горных работ на конкретных участках или их группах, а также выдвинуть новые общие вопросы горного цикла исследований по проблеме. К ним относятся прогнозирование уровня подземных вод на нарушенных площадях и в прилегающих к ним зонах; разработка технических условий горных работ при подготовке отвалов для застройки незаполненного отвалами выработанного пространства для создания водоемов;

Таблица 2

Библиотечный список укрупненных работ при разработке темы по рекультивации территорий, нарушаемых карьерами

№ события		Укрупненные работы	Исполнители
начального	конечного		
0	1	Выявление перспективы развития района месторождения	Экономисты, горняки, геологи
0	2	Экономическая оценка земли в границах карьерного поля	Экономисты по сельскому хозяйству
0	3	Агрохимическое опробование грунтов вскрыши	Геологи, почвоведы, химики
3	4	Оконтуривание зон вскрыши с разными агрохимическими свойствами грунтов	Почвоведы, геологи
0	5	Прогнозирование уровня подземных вод в отвалах и прилегающих к карьеру зонах	Гидрогеологи
5	6	Оценка затрат на горнотехническую рекультивацию при разных видах освоения	Горняки-технологи, экономисты
4	7	Оценка затрат на биологическую рекультивацию при разных видах освоения и ожидаемая прибыль	Биологи, экономисты по сельскому хозяйству
7	8	Обоснование вида освоения нарушаемых карьером территорий	Совместное участие исполнителей
8	9	Составление технических условий разработки месторождения с учетом требований	То же
9	10	Разработка рекомендаций по технологии и механизации горных работ	Горняки-технологи и механики
10	12	Внедрение рекомендаций по технологии и механизации горных работ и выполнение горнотехнической рекультивации	Горняки-технологи совместно с горными предприятиями
9	11	Разработка рекомендаций по биологической рекультивации	Биологи
12	13	Внедрение рекомендаций и биологическая рекультивация нарушенных территорий	Биологи совместно с сельскохозяйственными или лесохозяйственными организациями

совершенствование селективного способа формирования отвалов бестранспортной вскрыши; установление оптимальных линейных размеров драглайнов с целью расширения их возможностей отсыпки отвалов «плоской формы».

Область комплексных научных исследований и практических работ по проблеме рекультивации нарушаемых земельных угодий достаточно широка. В свете Директив XXIII съезда КПСС по пятилетнему плану о расширении научных работ по изучению земной коры, разработке и осуществлению мероприятий в области охраны природы и лучшего использования природных ресурсов их роль и значение возрастают. Для практического разрешения эти работы требуют межотраслевой координации и целенаправленности.

АКАДЕМИЯ НАУК СССР
УРАЛЬСКИЙ ФИЛИАЛ

РАСТИТЕЛЬНОСТЬ И ПРОМЫШЛЕННЫЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ 1970

Ю. И. ДЕНИСОВ
НИИОГР, Челябинск

ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ВОЗМОЖНОСТИ РЕКУЛЬТИВАЦИИ НАРУШЕННЫХ ТЕРРИТОРИЙ В ЧЕЛЯБИНСКОМ УГОЛЬНОМ БАССЕЙНЕ

В настоящее время более половины полезных ископаемых, добываемых в стране, приходится на открытые горные работы. В 1965 г. в Советском Союзе добыто открытым способом 134,3 млн. *т* угля (22%), 109,4 млн. *т* железной руды (69%), 98,4 млн. *т* руд цветных металлов (65%). Есть все основания предполагать, что удельный вес и размах открытых работ будут неуклонно расти.

В Челябинском угольном бассейне современными горными работами нарушено 13 тыс. *га* земельных площадей, в том числе около 5 тыс. *га* открытыми работами. Кроме того, неблагоприятному влиянию горных работ подверглись озера Б. Сары-Куль, Камышное, Куралды, Дуванкуль. Первые два осушены (площадь около 7 тыс. *га*), вторые — бассейны стока — затопили тысячи гектаров земли (только по берегам Дуванкуля затоплено 4 тыс. *га*). Общая площадь неблагоприятного влияния горных работ в бассейне достигает 25 тыс. *га*. Такое преобразование поверхности не ограничивается территорией горных разработок. Правда, наличие мощных слоев водонепроницаемых пластичных пород препятствует образованию обычного конуса депрессии и снижению зеркала грунтовых вод. Напротив, образование обширных отвальных площадей и откачка воды из шахт и карьеров привели к росту числа и размеров болот. Эти процессы можно наблюдать на крупнейших Коркинских отвалах.

Породные отвалы очень вредны в санитарном отношении. При горении отвалов выделяется сероводород, сернистый и угарный газы. Содержание этих газов на расстоянии до 1,5 *км* от горящего отвала с подветренной стороны превышает санитарную норму. По данным института Челябинскгражданпроект, в г. Коркино 43 тыс. $м^2$ жилой площади из 473,6 тыс. $м^2$, или 9,0%, находятся в зоне санитарной вредности от шахт, разреза и отвалов.

Открытые горные работы в Челябинском бассейне идут к завершению. Новыми месторождениями бассейн не располагает. Настало время изучать последствия и по мере возможности предотвратить вредное влияние горных работ. Восстановительные работы лучше всего проводить в рабочий период, пока на карьерах имеется еще мощная техника, кадры и пути сообщения.

Наш институт впервые занялся проблемой горнотехнической рекультивации на карьерах Челябинского бассейна в 1966 г. Целью работы была разработка научно обоснованных рекомендаций по технологии и комп-

лексной механизации открытых работ, позволяющих с минимальными затратами производить горнотехническую рекультивацию на действующих карьерах.

По методике Центральной лаборатории охраны природы отобрано около 80 проб отвальных грунтов. Исследование их в областной агрохимлаборатории на pH и содержание питательных веществ показало: по отвалам Красносельского разреза сильно кислая реакция встречается в 36% проб, эти участки лишены растительности. Степень обеспеченности K_2O (для зерновых культур) очень высокая, содержание P_2O_5 на кислых участках низкое, на отвальных среднее. Кислые участки сложены в основном продуктами разрушения углисто-глинистых пород. Присутствие в пробах угля объясняет высокую кислотность почв. По отвалам № 3—4 Батуринского разреза грунты гидроотвалов имеют щелочную реакцию (pH 7,1—7,5), так как они сложены породами верхних горизонтов, служивших когда-то дном третичного моря. Грунты внешнего железнодорожного отвала сложены породами, взятыми с различных глубин. Поэтому реакция их от сильно кислой до щелочной. Кислые участки не имеют растительности, содержание P_2O_5 здесь очень низкое, K_2O — очень высокое. По отвалам Коркинского разреза реакция участков с растительностью — нейтральная и слабо щелочная. Обеспеченность P_2O_5 разнообразная, от низкой до высокой. Содержание P_2O_5 во вскрышных породах горизонта № 1 на глубине от 1 до 5 *м* от поверхности низкое, в том числе и у чернозема, пролежавшего 10—15 лет под слоем породы, а кислотность повышена. Это свидетельствует об ухудшении качества почвы, находящейся в промежуточных отвалах (важный фактор при выборе типа рекультиваций!).

Следует отметить, что имеются даровые источники нейтрализаторов почвы. Для известкования кислых почв (при pH менее 5,0—5,5) можно использовать белый известковый шлак электрометаллургического комбината, содержащий более 50% CaO. Щелочные почвы можно подкислять сернокислым железом $FeSO_4$ — отходами лакокрасочного завода.

Анализы водной вытяжки грунтов на сульфат-ионы, закисное и окисное железо и на подвижный алюминий показывают их повышенное содержание. В 30% проб общая сумма водорастворимых веществ (сухой остаток) более 0,2%, что свидетельствует о большой засоленности почв. Особенно это характерно для гидроотвалов.

Опыты, проведенные Л. В. Моториной, В. Н. Чеклиной, показали, что за полвека в выработанном пространстве и на отвалах бывших Челябинских копей (в г. Копейске) накопилось всего 10—15 *см* плохо гумифицированной дернины. Правда, на отвалах рано или поздно появляется редкий «островной» травяной покров и некоторые виды деревьев: тополь, ива, ольха, береза. Однако это касается, в основном, участков, поверхность которых сложена четвертичными и нефитотоксичными третичными породами, которые при выветривании и разложении освобождают некоторое количество питательных веществ. Но и эти породы требуют добавки удобрений и увлажнения. Поэтому грунты, слагающие поверхность верхнего отвального яруса, на нефитотоксичных участках требуют лишь добавки гумуса, а на токсичных — кроме того, покрытия слоем нейтральных или почвообразующих пород мощностью, превышающей критическую глубину поднятия засоленных грунтовых вод (1—2 *м*).

При транспортных системах почвенный слой в пределах карьерного поля большей частью снимается еще при строительстве и в первую половину периода эксплуатации, а конечная поверхность отвалов формируется в последний период, которые нередко отделены десятками

лет. Следовательно, возможны два пути рекультивации: первый — создание отвалов отдельными секторами сразу на полную высоту; второй — аккумуляция почв и почвообразующих пород в промежуточных отвалах.

Последний из них менее желателен, поскольку почва в промежуточных отвалах переуплотняется, причем большая часть полезных микроорганизмов, фиксирующих азот и способствующих превращению органических веществ в гумус, погибает в почвенных отвалах из-за отсутствия в них воздуха. Восстановление полного плодородия отвалов, рекультивируемых такими почвами, происходит через 7—8 лет.

Первый путь — высокие отвалы, лучший, но экономически менее выгодный, так как приходится вкладывать больше средств на их строительство в первый период эксплуатации. Это можно компенсировать за счет уменьшения дальности откатки путем интенсификации отвальных работ в ближайших секторах. Задача состоит в том, чтобы создать экономически выгодные схемы отвалообразования с применением мощной современной техники. Эти схемы должны органически включать в себя технологию рекультивации, в том числе селективную выемку почвы в карьере и под отвалами, транспорт и размещение ее на конечной поверхности отвала.

Важно правильно решить вопрос с формированием свойств породных смесей. На отвалах можно встретить каменистые россыпи: «балластные» поля и плотные глинистые участки — «котлы» и болота. Первые содержат совершенно сухие и сорбционно слабые породы, вторые — переувлажнены.

В связи с углублением Коркинского карьера до 500 *м* (это будет самый глубокий карьер в стране) предстоит вынуть еще 341 млн. $м^3$ вскрышных пород. Проектом Уралгипрошахта предусмотрено строительство четвертого яруса отвалов с дополнительной прирезкой 180 *га* земли. Если же работать существующими тремя ярусами, то в 1980 г. будет завалено дополнительно 500—700 *га* земли. Мы поставили задачу найти возможность разместить весь объем пород на существующих площадях. Очевидно, что решить эту задачу можно путем создания нового пятого яруса. Однако руководящий подъем на четвертый ярус в проекте достигает 37% и дальнейшее увеличение его без внедрения моторных думпкаров невозможно. Остаются драглайны. Применение этих мощных машин с большими параметрами, например, ЭШ-13/50, позволит образовать пятый ярус высотой 20—30 *м* без подъема железнодорожных путей. По энергетическим затратам канатный подъем более дешевый. Кроме того, драглайны позволят заполнить три больших «котла» четвертого яруса, общий объем которых 40 млн. $м^3$.

При экономическом обосновании целесообразности создания пятого яруса были затруднения при определении стоимости земли. Существует много предложений на этот счет. Существует, например, график экономической оценки земли в рублях (в нашей зоне 10—20 тыс. *руб/га*); по доходам, получаемым с 1 *га* земли в передовых хозяйствах области (120—150 руб. с 1 *га* в год) и, наконец, в баллах. Последняя, кодастровая оценка, нам не подходила. Решили остановиться на показателе чистой прибыли передовых хозяйств с 1 *га* земельной площади в год. Причем как затраты на рекультивацию, так и доходы от нее следует рассматривать с учетом фактора времени.

Очень важно правильно определить время выхода земли из сельскохозяйственного оборота. С точки зрения природного восстановления плодородия почвы на это потребуется не менее 100 лет. При искусственной рекультивации, вызванной недостатком земельных площадей в

связи с ростом населения, например, к 2000 г., время выхода земли из строя 20—30 лет. Причем, стоимость химической мелиорации тоже должна быть дифференцирована, в зависимости от времени природного восстановления, которому подвергались различные участки отвального поля.

Из большого числа вариантов для технико-экономического сравнения были выбраны три: трех-, четырех- и пятиярусный отвал. Эффективность капиталовложений по вариантам подсчитывается с учетом удельных расходов на потерю чистой прибыли и рекультивацию. В расчетах учитываются удельные расходы на транспорт, в том числе и электроэнергию, на экскавацию, путевые работы и строительство пионерных насыпей.

В третьем варианте предстоит выбрать схему заполнения «котлов» и поверхности четвертого яруса драглайнами. Известные схемы — двухтупиковая Н. Н. Мельникова и с двухсторонней отсыпкой — образуют неровную «дискретную» поверхность. Это предопределяет лесопарковое направление рекультивации. При этом желательна меридиальная ориентировка каньонов как в смысле солнечного освещения — не будет затененных северных и жарких, сухих южных склонов,— так и направления преобладающих ветров (западные и северо-западные). Предстоит также применить новый сетевой метод при планировании отвальных работ.

В заключение нужно подчеркнуть, что речь идет не о дискредитации открытых горных работ, а о научном изучении целого комплекса технических и социально-экономических проблем, связанных с последствиями горных работ и возможной нейтрализацией их. В будущем необходимо перейти от узкого понятия рекультивации к более широкой проблеме «рациональное и планомерное использование нарушаемых площадей», стоящей на стыке ряда научных проблем, в частности проблемы «комплексного использования минеральных ресурсов».

АКАДЕМИЯ НАУК СССР
УРАЛЬСКИЙ ФИЛИАЛ

РАСТИТЕЛЬНОСТЬ И ПРОМЫШЛЕННЫЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ 1970

А. А. ЛЮБИМОВА, П. М. МЕДВЕДЕВ

Комбинат «Апатит» — Полярно-альпийский ботанический сад АН СССР, Кировск

ОПЫТ ЗАКРЕПЛЕНИЯ РАСТИТЕЛЬНОСТЬЮ ПЫЛЯЩИХ ХВОСТОВЫХ ОТВАЛОВ АНОФ-1 КОМБИНАТА «АПАТИТ»

Апатито-нефелиновая обогатительная фабрика комбината «Апатит» находится за полярным кругом в г. Кировске Мурманской области. Фабрика перерабатывает апатито-нефелиновые руды, добываемые в Хибинских горах, и выпускает апатитовый концентрат, идущий на суперфосфатные заводы. При производстве апатита образуется большое количество отходов — хвостов, которые вначале сбрасывались в р. Белую (с 1931 по 1936 г.), а в 1956—1964 гг. в специальное хвостохранилище, затем отходы стали поступать в новое хвостохранилище в 8 *км* от фабрики.

Заполненное к 1964 г. хвостохранилище стало источником образования пыли, которую летом ветер поднимает в воздух и несет на г. Кировск и его окрестности. Поэтому закрепление поверхности хвостохранилища растительностью — важное санитарное мероприятие.

ХАРАКТЕРИСТИКА ХВОСТОХРАНИЛИЩА

Хвостохранилище имеет чашеобразную форму, оно несколько вытянуто с востока на запад и разделено поперечной невысокой дамбой на две половины (бывшие два отстойника) — восточную и западную. Хвостохранилище окружает намывная дамба, а на северо-востоке его границей служат естественные повышения, сложенные мореной. Поверхность отвала ровная, в настоящее время сухая, общая площадь около 96 *га*. По механическому составу хвосты могут быть отнесены к пылевато-песчаным грунтам, 50% приходится на частицы с диаметром меньше 0,074 *мм*.

На территории хвостохранилища в разных его частях отложения по механическому составу неодинаковые. Дамба, ее склоны и край чаши (бывший намывной пляж), имеющий в восточной половине хвостохранилища 30—40 *м* ширины и условно называемый нами «сухая» часть чаши, сложены более крупными фракциями — песками с преобладанием мелкого песка[1]. Частицы с диаметром 0,25—0,05 *мм* составляют 50—60%. Мелкие фракции (меньше 0,01 *мм*) составляют 1—2%. Эти пески серого цвета, рыхлые, но на глубине 5—10 *см* слабо уплотненные. Летом в жаркие дни песок высыхает на глубину до 4—5 *см* и лег-

[1] Названия механических фракций даны по классификации механических элементов Вильямса—Качинского.

ко раздувается ветром, глубже 5—6 *см* он свежий, а еще глубже увлажненный.

Там, где находился отстойник, механический состав грунта другой. Поверхностный слой хвостовых отложений (толщина 15—25 *см*) более уплотненный и выламывается плиточками, которые при растирании дают пылеватую массу. В нем преобладают мелкие фракции. Крупная пыль (частицы с диаметром 0,05—0,01 *мм*) составляет больше 50%. Ниже описанного слоя идут песчаные слои, состоящие из мелкого песка (диаметр частиц 0,25—0,05 *мм*), который составляет 80—90% состава. Такие же песчаные прослойки от 0,5 до 3 *см* толщины имеются в верхнем пылеватом слое. Территория с описанными хвостовыми отложениями условно названа нами «сырая» часть чаши. В сухие летние солнечные дни поверхностный пылеватый слой здесь подсыхает, и пыль поднимается в воздух.

В минералогическом составе хвостовых отложений во всех фракциях преобладает нефелин. Данные химического анализа показывают, что в нефелиновых хвостах имеются полезные для растений элементы: K_2O 4—5%, P_2O_5 1,4—3,2%; есть микроэлементы TiO_2 1,2—1,6%, MgO 1,2—1,6%. В них почти отсутствует хлор (следы — 0,01—0,04%), нет и азота. Реакция раствора во всех слоях щелочная: pH (солевой) 7,0—7,9.

ОПИСАНИЕ ОПЫТНЫХ РАБОТ

До опытных посевов на хвостохранилище не было ни одного растения. Причина — перевевание песка в летнее время. Работа по закреплению отвалов проводилась Полярно-альпийским ботаническим садом Кольского филиала АН СССР (П. М. Медведев) на договорных началах с комбинатом «Апатит» (А. А. Любимова).

Опыта по закреплению нефелиновых хвостов растительностью не было. Поэтому при подборе трав-закрепителей использован опыт травосеяния на почвах Мурманской области. Были также учтены результаты опытных посевов Ботанического сада в 1962—1963 гг. Из трав-закрепителей наиболее подходящи многолетние злаки из-за их продолжительной жизни и хорошо развитой корневой системы, создающей дернину. Не менее ценны и многолетние бобовые, которые способны обогащать нефелиновые пески азотом.

Первые опытные посевы на хвостохранилище АНОФ-1 у р. Белой проведены в 1964 г. Основная задача опытной работы 1964 г.: 1) выяснить ассортимент трав-закрепителей, 2) выявить необходимость в удобрениях, 3) определить агротехнику и возможность применения механической обработки при внесении удобрений в посевах.

Опыты были заложены в 1964 г. на двух участках — в чаше хвостохранилища и на внешнем крутом склоне дамбы. Кроме этого, проведен так называемый мелкоделяночный опыт. Опытный участок в чаше (площадью 0,7 *га*) вытянут от гребня дамбы в сторону чаши на 100 *м*. В него входят: короткий пологий северо-западный склон гребня дамбы; край чаши (бывший намывной пляж) шириной 30—35 *м*, сложенный крупными фракциями хвостовых отложений — песками с преобладанием крупного песка («сухая» часть чаши) и участок самой чаши (бывший отстойник — «сырая» часть чаши). Поверхность опытного участка (исключая короткий пологий склон гребня дамбы) ровная, пригодная для механической обработки трактором. Он разделен вдоль на семь крупных делянок по 0,1 *га* каждая (10 *м*×100 *м*).

Опыт был заложен по схеме:

1) контроль (посев без удобрений); 2) $N_{60}P_{60}K_{30}$; 3) $N_{200}P_{60}K_{30}$; 4) $N_{60}P_{60}K_{30}$+2 *см* почвы на поверхности; 5) $N_{60}P_{60}K_{30}$+2 *см* торфа на поверхности; 6) $N_{60}P_{60}K_{30}$+торф кусочками на поверхности.

Фосфорным удобрением был суперфосфат, а калийным — 40%-ная калийная соль. Уменьшенная норма калия вносилась потому, что нефелиновые хвосты сами служат источником калийного питания растений.

Фосфорное и калийное удобрения смешивали, разбрасывали по поверхности песка и заделывали одной секцией тяжелых дисков с помощью трактора. Азотное удобрение (аммиачная селитра) вносили перед посевом семян и заделывали вместе с ними граблями.

Площадь каждой из семи грядок делили вдоль на пять делянок по 0,02 *га*. На гряде одинаковой последовательности высевали травосмеси многолетних трав на 1 *га*: костер безостый (50 *кг*)+люцерна сорт Камалинская 1323 (7,5 *кг*), лисохвост луговой (25 *кг*)+клевер красный (2,5 *кг*), овсяница луговая (2,5 *кг*)+тимофеевка луговая (10 *кг*), тимофеевка луговая (10 *кг*) на сухой части гряды и бекмания обыкновенная (10 *кг*) на сырой части, райграс пастбищный (25 *кг*)+мятлик луговой (12,5 *кг*).

На седьмой гряде в чаше был посеян на делянки по 0,02 *га* костер безостый в чистом виде с нормами высева: 100; 50; 25; 12,5 *кг* на 1 *га*. Одна делянка этой гряды коллекционная. На ней были высеяны: а) 12 видов однолетних культур (бобы, горох, люпины — быстрорастущий и сорт Вайка, чины — танжерская и клименум, редька масличная, горчица белая, ячмень); б) 20 видов многолетних злаков и бобовых; в) травосмеси (костер безостый+ячмень, костер безостый+вика+овес, костер безостый+горох).

Посев травосмесей многолетних трав производили вручную: на грядах с минеральным удобрением — вразброс (20—21 мая), а на грядах с торфом и почвой — рядками с шириной междурядий 15 *см* (2—9 июня). Глубина заделки семян 2—4 *см*. Семена получены от различных организаций Мурманской области, а также из Ханты-Мансийска (лисохвост и волоснец) и Латвийской ССР (райграс). Для защиты опытных посевов многолетних трав от заноса песком были созданы защитные полосы с трех сторон шириной 20 *м*, с посевом на них вико-овсяной смеси с удобрениями $N_{60}P_{60}K_{30}$.

Второй опытный участок был заложен на внешнем крутом склоне дамбы, ограждающей чашу. Варианты опытов с удобрениями те же, что и в чаше, но заделка семян и удобрений производилась вручную. Здесь также каждая гряда делилась вдоль на пять делянок по 0,02 *га*, на которых высевали те же травосмеси, что и на первом участке (с добавлением волоснеца сибирского).

На четырех делянках одной из гряд произведен посев (22 мая) костра безостого в чистом виде с нормами высева (100; 50; 25; 12,5 *кг/га*) и создана пятая делянка — коллекционная. На ней посеяны: волоснец сибирский, полевица гигантская, вейник наземный, пырей ползучий, клевера белый и красный.

Посев на склоне проведен с 22 мая по 16 июня. Сначала (в мае) сеяли вразброс, а когда выяснилось, что семена выдуваются, стали сеять в рядки, под маркер на глубину 2—4 *см*. Заделывались семена в том и другом случае граблями. На склоне тоже были устроены защитки из вико-овсяной смеси.

Кроме того, на мелкоделяночном опыте (на делянках в 1 $м^2$) были высеяны в чистом виде на 1 *га*, *кг*: костер безостый — 120 и 40, тимофеевка луговая — 120 и 40, овсяница луговая 320 и 60, мятлик луговой — 260 и 80, лисохвост луговой — 300 и 40, бекмания обыкновенная — 400

и 100, люцерна — 120 и 60, волоснец сибирский — 36. Опыт поставлен для выяснения влияния нормы высева семян на урожай укосной массы. Укосные данные показали, что увеличенные нормы высева не нужны, так как урожай травы от них не становится больше.

На территории хвостохранилища был произведен посев под зиму озимой ржи (6—7 августа 1964 г.) и многолетних трав. Рожь сеяли вручную вразброс с нормой 200 *кг/га*. Опыт был поставлен в двух вариантах: 1) внесены удобрения $P_{60}K_{30}$, 2) внесены удобрения $P_{60}K_{30}$ с покрытием торфом слоем 2 *см*. Фосфорные и калийные удобрения вносили до посева, а аммиачную селитру одновременно с посевом семян. Под зиму 1964/65 гг. озимая рожь ушла в удовлетворительном состоянии, в стадии кущения (2—3 стебля). Особенно хорошо выглядела она на грядах с торфяным покрытием в 2 *см*.

Посев травянистых растений под зиму произведен на гряде в 10 соток. Варианты опыта те же, что и для ржи. Были посеяны: горошки мышиный и заборный, чина весенняя, копеечник альпийский и арктический, люпин многолетний, остролодочник, клевер люпиновидный, вейник, черная смородина и травосмесь из лисохвоста лугового и клевера красного. Посев произведен 23—29 сентября рядками, ширина междурядий 15 *см*, ширина делянок 1 *м*. На той же гряде 20—25 сентября 1964 г. квадратно-гнездовым способом были посеяны: ревень, гречиха Вейриха, борщевики Сосновского и сибирский. В лунки при посеве семян клали хорошо разложившийся торф. Кроме того, борщевики Сосновского, сибирский и пастернаколистный посеяны квадратно-гнездовым способом на 5-метровых полосах.

В первый год посеяно 3,5 *га*, из них многолетних культур 1,68. Для испытания весной и осенью в чашу и на склон было посажено: берез — 42, сосен — 13, елей — 27, ив — 127 и т. д. кустов. Посадочный материал взят в окрестностях хвостохранилища, а саженцы сосны привезены из леса, расположенного у ст. Апатит. С экспериментального участка Полярно-альпийского ботанического сада были привезены и посажены борщевик Сосновского, гречиха Вейриха.

Пересадки весной производились в конце мая (22—25), в июне (10—16), а осенью — в середине сентября. Многолетние травы достигают полного своего развития и роста на второй-третий год своей жизни. Поэтому по первому сезону еще нельзя было судить о их пригодности для закрепления песков, тем более, что неизвестно было, как они перезимуют в специфических условиях хвостохранилища. Но уже тогда можно было сказать, что в ряде вариантов опыта они в первый год были развиты на сырой части чаши не хуже, чем в условиях хозяйств области, посеянные на почве. Даже обычно наиболее страдающий от перезимовки многолетний злак райграс пастбищный хорошо раскустился и к осени на сырой части чаши прикрыл и закрепил песок. Однако и на сухой части в варианте опыта минеральные удобрения+2 *см* почвы или 2 *см* торфа райграс чувствовал себя неплохо, хотя с изреженным травостоем рос даже в местах, наиболее подверженных раздуванию ветром.

Интересно отметить, что выкопанные здесь растения райграса имели корни с разветвлениями в несколько «этажей», т. е. при засыпании растений песком оно давало боковые корни и продолжало расти, его вновь засыпало песком и опять было то же самое. Такая форма корневой системы благоприятствует закреплению песка. Посевы в чаше в первое время своего развития во всех вариантах опыта с удобрениями были одинаковые. Всходы у некоторых видов на сухой части гряд появлялись на 1—2 дня раньше по сравнению с сырой частью. Сухая часть чаши, дамба и ее склоны больше подвержены ветровой эрозии по сравнению с

самой чашей. Здесь ветер весной не один раз сдувал верхний слой песка, обнажая семена, а местами унося их вместе с песком. Летом песок засыпал молодые растения, высушивая их. Необходим был своевременный и хороший полив, который в это время еще не налажен. Поэтому посевы на сухой части чаши, где не было ни торфа, ни почвы, в основном погибали, а оставшиеся единичные экземпляры были очень угнетены. Хорошо выглядели посевы в вариантах опыта $N_{60}P_{60}K_{30}$+2 *см* почвы или 2 *см* торфа, а также при наличии разбросанных на поверхности посева кусочков торфа. Плохо выглядели растения при посеве без удобрений (контроль). Лучший рост и развитие растения имели на сырой части чаши.

На внешнем склоне дамбы, ограждающей чашу, к концу вегетационного периода все испытываемые многолетние культуры, как и в чаше, имели наименьшую высоту при посеве без удобрений (контроль). В остальных вариантах опыта, особенно при наличии слоя торфа или почвы, растения хорошо развивались и росли. Склон почвы очень подвержен ветровой эрозии, особенно его верхняя часть, где в июле пришлось делать пересев, так как посевы погибли. В средней части травостой, хотя и хороший, но неравномерный, местами образовались голые пятна вследствие выдувания семян ветром. В нижней части травостой по той же причине изрежен, но он здесь имеет и меньшую высоту. Интересно отметить, что на склоне лучший травостой на террасовидных выходах слоев такого же механического (пылеватого) состава, как поверхностный слой сырой части чаши.

К концу вегетационного периода как в чаше, так и в средней и нижней частях склона, костер безостый, райграс пастбищный, тимофеевка луговая были в фазе начала колошения, а единичные экземпляры тимофеевки луговой цвели. Овсяница луговая, лисохвост луговой находились в фазе трубкования, только мятлик луговой имел массовое кущение и был угнетен растущим с ним райграсом пастбищным.

Привезенная для опыта почва была очень богата семенами сорняков, которые в варианте опыта — минеральные удобрения+2 *см* почвы — нашли хорошие условия для своего развития как в чаше, так и на склоне, даже несколько угнетая посеянные здесь многолетние травы. Распределение их на площади гряд зависело от ветровой эрозии. На указанных грядах чаши по мере движения от сырой части к сухой сорняков становилось все меньше как по количеству, так и по видовому составу. Только единичные экземпляры птичьей гречихи, пырея и мятлика однолетнего можно было наблюдать в самой сухой восточной части гряд. Видовой состав сорняков как в чаше, так и на склоне одинаков и состоит из 21 вида, среди которых преобладали: мокрица, пастушья сумка, пикульник. Много было пырея ползучего, мятлика однолетнего.

В середине лета сорняки, вместе с посеянными здесь многолетними травами, образовали сомкнутый травостой. Почти все сорняки цвели и дали спелые семена. У мокрицы они рано осыпались и осенью дали обильные всходы. К осени у многих сорняков завяли листья и стояли только стебли с плодами. Получилось изреживание травостоя, что положительно сказалось на росте и развитии многолетних злаковых культур. Но такие сорняки, как лебеда белая, к осени хорошо раскустились. В это время в средней части склона и на сырой части чаши на грядах с 2 *см* почвы редко стоящие экземпляры лебеды резко выделялись своей высотой (средняя высота 50—60 *см*, а отдельные экземпляры достигали 105 *см*) и хорошей облиственностью.

Такой же состав сорняков был и на грядах с торфом, но количество их было меньше. На грядах только с минеральным удобрением сорня-

ков почти не было, за исключением единично встречающихся пастушьей сумки, белой ромашки и лебеды.

Осенью на сырой части гряд в небольшом количестве наблюдались розетки листьев иван-чая, мать-и-мачехи, семена которых, видимо, были принесены ветром и под покровом уже имеющейся растительности смогли прорасти.

Главным препятствием к закреплению нефелиновых хвостов растительностью является их перевевание ветром. Особенно это относится к участкам дамбы, склонов ее и сухой части чаши. Поэтому полив в год посева трав при прорастании семян и при первоначальном их росте — одно из важнейших мероприятий, способствующее успешному закреплению. При плохом поливе в 1964 г. весенние посевы на дамбе, верхней части ее склона и на сухой части чаши сохранить почти не удалось.

На территории хвостохранилища с появлением растительности стали встречаться различные виды насекомых и грызуны.

Основными задачами второго сезона (1965 г.) работы на хвостохранилище было выявление минеральных удобрений, необходимых для роста и развития трав, испытание возможности роста и развития трав без полива, продолжение наблюдений над опытными посевами 1964 г.

Для решения первых двух задач были заложены два опытных участка в чаше (0,7 и 0,2 *га*) и один на склоне (0,1 *га*). Расположение гряд в опытных участках такое же, как на площади опытных участков 1964 г. Варианты опытов с удобрениями в чаше на первом участке (с площадью 0,7 *га*): N_{60}+2 *см* торфа на поверхности $N_{60}P_{30}$, $N_{60}K_{30}$, $N_{60}P_{30}K_{30}$, а на втором участке — $N_{60}P_{15}K_{30}$.

На первом участке каждая половина гряды вдоль делилась на пять равных частей — делянок (по 0,01 *га*), где высевали травосмеси по схемам, принятым в 1964 г.

На втором участке (10,2 *га*) испытывались следующие многолетние травы, посеянные в чистом виде с нормами высева в пересчете на 1 *га*, *кг*: костер безостый — 50, лисохвост луговой — 30, пырей сизый — 50, овсяница красная — 40, полевица белая — 30 (сырая часть гряды), волоснец сибирский — 40 (сухая часть гряды), бекмания северная — 50 (на сырой части гряды), мятлик луговой — 50 (на сухой части). Посев на сырой части гряд производился вразброс, на сухой — рядками под маркер, причем без покрова и под покров овса и ячменя.

Третий (0,1 *га*) опытный участок был на склоне. Удобрение: $N_{60}P_{60}K_{30}$+2 *см* торфа на поверхности. Здесь были посеяны на 1 *га*, *кг*: пырей сизый — 50, тимофеевка луговая — 30 с клевером красным — 70, овсяница луговая — 25, овсяница красная — 25, райграс пастбищный — 25 с мятликом луговым — 12,5. Посев производился под маркер рядками, под покров ячменя.

Почти все семена для опытных посевов получены с Полярной опытной станции Всесоюзного института растениеводства, а семена пырея сизого из г. Зернограда Ростовской области.

16—20 августа был произведен массовый посев озимой ржи на площади 12 *га*, в результате к концу вегетационного периода общая площадь посевов составила 17 *га*.

В течение вегетационного периода 1965 г. продолжались наблюдения над опытными посевами 1964 г. Все многолетние злаки на второй год жизни выколосились. Они образовали хороший, достаточно густой, а на некоторых грядах слишком густой, высокий травостой. Костер безостый, райграс пастбищный показали себя засухоустойчивыми. Вегетационный период 1965 г. был влажным. Несмотря на это, в течение нескольких жарких, сухих, ветреных дней лисохвост луговой, тимофеевка и овсяница

луговые заметно пожелтели, особенно на сухой части чаши и склоне дамбы. Райграс пастбищный на второй год сильно раскустился и дал много генеративных побегов.

В 1966 г. проводились массовые посевы в чаше восточной половины хвостохранилища: 1. Посев травосмеси: лисохвост луговой+мятлик луговой+вико-овсяная смесь (2 *га*). 2) Посев травосмеси: овсяница луговая+овсяница красная+вико-овсяная смесь (4 *га*). 3. Подсев травосмеси: овсяница луговая+овсяница красная+вико-овсяная смесь под озимую рожь посева 1965 г. (12 *га*).

Зима в 1965—1966 гг. была очень суровая, с большими морозами и нередко ветрами. Озимь сохранилась лишь в пониженных местах, где ее закрывал снег. В этих местах летом рожь хорошо росла. На территории хвостохранилища, где рожь погибла или был сильно изрежен травостой, производился посев травосмеси из овсяниц луговой и красной с вико-овсяной смесью. Разброска удобрений и посев семян производились вручную, заделка семян и удобрений с помощью трактора. Такой же травосмесью произведен посев и на внешнем склоне ограждающей чашу дамбы. Сеяли под маркер рядками. Удобрения $N_{60}P_{60}K_{30}$.

В августе произведен посев озимой ржи на площади 5 *га* с внесением удобрений. Норма высева — 200 *кг/га*. Произведены также опытные посевы многолетней ржи и пырея бескорневищного.

К концу вегетационного периода общая площадь посевов на территории хвостохранилища составила 28 *га*. На основании проведенных наблюдений можно отметить следующее.

Костер безостый является лучшей многолетней травой для закрепления хвостов. Он хорошо перезимовал два года, раскустился и дал много вегетативных побегов. Для того чтобы он лучше рос, необходимо полное минеральное удобрение и 2 *см* почвы или торфа на поверхности. Особенно необходимы торф или почва на сухой части чаши и на склонах дамбы. Здесь толщина слоя торфа должна быть 10 *см*. Костер хорошо растет на сухой части чаши при посеве под покров однолетних культур овса или ячменя и удобрений.

Овсяница красная — одна из лучших многолетних трав для закрепления сухой чаши, дамбы и склонов дамбы. Она засухоустойчива и менее требовательна к удобрению.

Райграс пастбищный, хорошо показавший себя в первые два года жизни, оказался не долговечным. После второй перезимовки на всех вариантах опыта 1964 г. он выпал. На делянках с посевами 1965 г. в 1966 г. остались только единичные экземпляры с вегетативными побегами.

Мятлик луговой был высеян в 1964—1965 гг. вместе с райграсом пастбищным. Первые два года он плохо развивался, так как райграс благодаря своей интенсивной побегообразовательной способности совершенно заглушил его. В условиях мелкоделяночного опыта в чаше мятлик, высеянный в чистом виде, первые два года был развит слабо. В третий год он выделялся высотой и очень хорошим состоянием.

Из однолетних культур все три сезона высевались овес в чистом виде или с викой посевной, ячмень, а также и озимая рожь в качестве непосредственных закрепителей и в виде покровной культуры для многолетних трав. Растут они в условиях хвостохранилища хорошо, особенно на сырой части чаши, где для нормального их роста достаточно полного минерального удобрения, но на сухой части необходимы торф или почва. Под озимую рожь посева 1964 г. следующей весной были подсеяны многолетние травы: овсяница красная, овсяница луговая и райграс пастбищный, которые вместе с внесенными одновременно минеральными удобре-

ниями ($N_{60}P_{60}K_{30}$) заделывались двумя боронами на лошади. Несмотря на высокую густую рожь, которая в первый год угнетала растущие под ее пологом злаки, в 1966 г. многолетники образовали густой, сплошной травостой даже на сухой части чаши, лишь несколько худший на дамбе и ее внутреннем пологом склоне. Покровные культуры не скашивались.

Опытами 1964—1966 гг. установлено, что закрепление растительностью пылящих хвостов хвостохранилища вполне возможно и должно быть произведено путем посева многолетних трав как в чистом виде, так и под покровом овса, ячменя, вики и озимой ржи.

АКАДЕМИЯ НАУК СССР
УРАЛЬСКИЙ ФИЛИАЛ

РАСТИТЕЛЬНОСТЬ И ПРОМЫШЛЕННЫЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ 1970

М. Л. РЕВА, В. И. БАКЛАНОВ
Донецкий ботанический сад АН УССР

НЕКОТОРЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ФИТОМЕЛИОРАЦИИ ТЕРРИКОНОВ ДОНБАССА

В условиях сухого климата южной части Украинской ССР, высокоразвитого промышленного производства, большой густоты населения и интенсивного сельского хозяйства очень остро ставится проблема чистоты атмосферного воздуха, уменьшения содержания в воздухе вредных для человека газов и пыли.

Донецкий бассейн в его современных границах занимает площадь более 60 тыс. *км*^{2} и является одним из крупнейших индустриальных центров СССР с высокоразвитым машиностроением, черной и цветной металлургией, коксохимической, содовой, угледобывающей и другими отраслями промышленности. Плотность населения составляет 148 человек на 1 *км*^{2}, городское население превышает 82%.

Города и рабочие поселки Донбасса меняют свой облик особенно быстро. В этих изменениях немаловажную роль играет озеленение. Наиболее заметны изменения в столице Донбасса — г. Донецке. Из грязной пыльной, совершенно лишенной зелени Юзовки г. Донецк превратился за последние 10—15 лет в современный европейский город с широкими бульварами, красивыми парками, скверами, многочисленными благоустроенными водоемами. И все же, несмотря на громадный объем озеленительных работ, города Донбасса не могут избавиться от значительной задымленности и запыленности воздуха. Основными источниками пыли и вредных газов являются горящие терриконы и металлургические заводы, создающие высокую концентрацию вредных для человека газов (сероводорода, угарного и сернистого) и пыли.

Терриконы представляют собой конусообразные отвалы пустой породы угольных шахт на поверхности земли (рис. 1). Работы по озеленению их начаты только в послевоенные годы. Первоначально озеленялись лишь очень старые породные отвалы с перегоревшей и сильно выветрившейся породой, заброшенные 30—50 лет назад, на которых уже начался процесс естественного зарастания поверхности сорной травянистой растительностью. Озеленению терриконов препятствуют продолжающиеся процессы горения и оползни породы. В настоящее время озеленение, если и проводится, то в очень малых объемах и, главным образом, в виде защитных поясов у подножья терриконов. При разительных изменениях в облике городов Донбасса терриконы остались почти неизменными. С каждым годом увеличиваются их размеры и количество, возрастает вред от загрязнения воздуха, засыпаются дорого-

пределы населенных пунктов), и даст дополнительные резервы территорий под зеленые насаждения.

Химический анализ свежей и перегоревшей отвальной породы и малоразвитых почв терриконов показывает, что негорелые отвальные породы имеют нейтральную химическую реакцию, содержат большое количество калия и фосфора, значительное количество органического вещества (в виде угольной пыли), недоступного для растения, и очень мало подвижного азота. В перегоревшей отвальной породе органическое вещество (уголь) сгорает, порода становится более рыхлой, сравнительно легко измельчается. В породе имеется значительное количество калия, до 40 *мг* на 100 *г* породы фосфора, следы подвижного азота.

Рухляковый слой на терриконе формируется под действием атмосферных гидротермических факторов и химических процессов, происходящих внутри и на поверхности. Ведущее влияние на химические процессы оказывает сера, находящаяся в породе в виде пирита. При сгорании пирита выделяется большое количество сернистого газа, который окисляется в верхних слоях рухляка и соединяется с водой, образуя серную кислоту. Серная кислота вступает в реакцию с породой и образует соли калия, железа, марганца, быстро разрушая отвальные породы. На неэксплуатируемых терриконах сернистый газ выделяется только на вершине.

Стоковые воды сносят мелкие частицы разрушенной породы вместе с солями серной кислоты вниз по склону. Постепенно поверхность рухляковой породы заиливается и образуется плотная водонепроницаемая корка до 5 *см*. Излишки серной кислоты подкисляют рухляк на всей поверхности террикона. Перегоревшая порода бурого цвета теряет железо и приобретает темную окраску. На терриконах Центрально-заводском и шахты 5/6 в г. Донецке зафиксирована кислотность рухляка на вершине и средней части склонов pH 2,0—2,5 и только у основания, на шлейфах выноса pH 4,0—5,0. Поэтому склоны терриконов совершенно лишены естественной растительности. В средней части склона кислотность рухляка с глубиной снижается и уже на глубине 0,3—0,5 *м* встречаются прослойки нейтральной породы. Плотная водонепроницаемая корка препятствует промыванию рухляковой породы осадками и раскислению ее.

Рухляковый слой характерен слабой связанностью. В нем кроме плоскостной и линейной эрозии постоянно наблюдается перемещение породы оползневого характера. Террасы шириной от 0,6 до 1 *м* почти полностью нивелируются сползающей рухляковой породой на протяжении одного года.

Нейтрализация рухлякового слоя на терриконах протекает довольно быстро после прекращения горения и полного остывания породы. После снижения кислотности на склонах начинает поселяться растительность. На хвостовой части терриконов растительность поселяется раньше, так как здесь склон более пологий и туда не попадают стоковые воды с вершины, подкисленные серной кислотой. Рухляк нейтрализуется скорее, порода здесь самая старая и наиболее выветрена. Естественный процесс образования условий для поселения растительности на терриконах высотой 35—50 *м* продолжается до 30—40 лет, а на более крупных 40—50 лет.

Терриконы Донбасса по естественному заселению растительностью распределяются следующим образом:

а) покрытые травянистой растительностью целиком — 4%;
б) покрытые травянистой растительностью частично — 10%;
в) не покрытые растительностью — 86%.

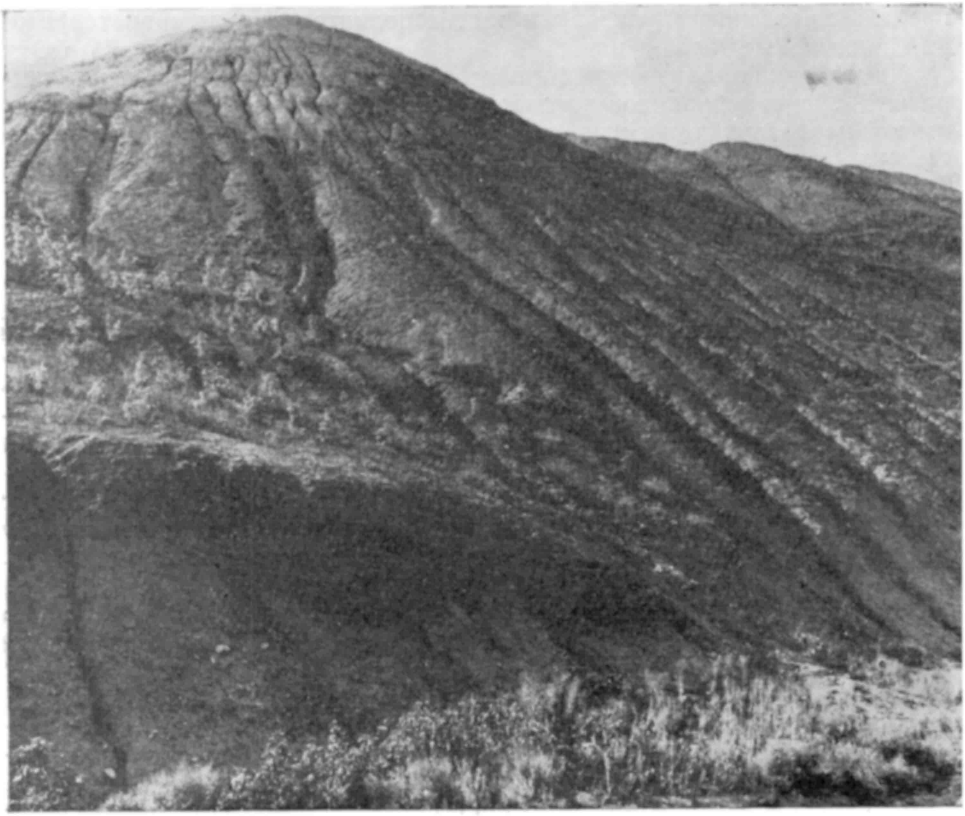


Рис. 1. Центрально-заводской терникон в г. Донецке.
Высота 62 *м*, возраст 26 лет.

стоящие городские земли рухляковой породой, снесенной стоковыми водами со склонов, возрастает опасность оползневых явлений.

Созданный в 1965 г. Донецкий ботанический сад АН УССР приступил к разработке проблемы фитомелиорации терриконов. Исследования проводятся по следующим направлениям:

а) изучение растительных условий на терриконах (состав отвальных пород, первичных малоразвитых почв терриконов, их физико-химическая характеристика, режим влажности и т. п.);

б) изучение процессов естественного зарастания терриконов травянистой растительностью;

в) изучение опыта озеленения плоских шахтных отвалов и терриконов;

г) закладка опытов по определению видового состава растений для фитомелиорации терриконов;

д) разработка агротехники посева и посадок растений на терриконах;

е) разработка способов закрепления склонов терриконов.

Проводившиеся с осени 1965 г. и на протяжении лета 1966 г. исследования показали, что озеленение терриконов, как одно из мероприятий по их мелиорации и обезвреживанию или консервации, является перспективным. Фитомелиорация терриконов экономически выгоднее, по сравнению с другими способами их обезвреживания (вывоз породы за

На терриконах произрастает 48 видов естественно появившихся травянистых растений. Травяной покров терриконов отличается от травяного покрова соседних территорий несравненно меньшим участием злаков, низким покрытием и меньшими размерами растений. Наблюдается некоторое уменьшение покрытия травяным покровом от основания к вершине, которая нередко остается голой. Чаще всего на терриконах встречаются и хорошо развиваются: горец птичий, донник аптечный, резеда желтая, синяк обыкновенный, кермек татарский, свинорой пальчатый, икотник серый, гулявник сжатый и др. Единично произрастают: житняк гребневидный, костер безостый, пырей ползучий и др. Обычно они приурочены к различным понижениям микрорельефа, где скапливается мелкозем, увлажнение лучше, существуют условия для прорастания семян и закрепления корней всходов (рис. 2).

Рис. 2. Естественная травянистая растительность в микропонижениях склонов террикона шахты 4/21 в г. Донецке.

Первоначальный видовой состав естественно поселяющейся растительности в большинстве случаев обусловлен чисто случайными факторами: растительностью окружающей территории, возможностью попадания семян на склоны террикона, близостью человеческого жилья и т. д. Среднее покрытие поверхности терриконов растениями и нигде не превышает 60%. Главными причинами, ограничивающими поселение и развитие естественной травянистой растительности на терриконах, являются малые запасы влаги в поверхностном слое породы (3—8%,

Вид	Год посадки	Средняя высота, *м*	Средний диаметр	
			ствола, *см*	кроны, *м*
Акация белая	1950	5,3	10	3,8
Акация белая	1963	1,6	5	1,1
Вяз мелколистый	1950	4,8	9	2,7
Лох узколистый	1950	4,2	8	2,5
Клен ясенелистый	1950	1,3	12	2,9
Черемуха поздняя	1950	3,1	7	2,1
Акация желтая	1963	0,7	—	0,6
Скумпия	1960	0,5	—	0,4
Рябина обыкновенная	1963	0,6	1	0,4

Рис. 3. Линейная эрозия на склонах терриконов. Гибель крупномерных саженцев.

доступной влаги), процессы поверхностного смыва и высокая кислотность.

Мелиорация склонов терриконов при помощи древесных и кустарниковых растений начата еще в 1949 г. Из всех этих посадок можно считать вполне успешными посадки на старых плоских отвалах. Деревья и кустарники отличаются несколько замедленным ростом (см. таблицу).

Акация белая размножается корневыми отпрысками, у скумпии наблюдаются случаи образования придаточных корней на присыпанных почвой побегах. Вяз мелколистый, акация желтая и клен ясенелистый уже к началу сентября сбрасывают листья.

На склонах Центрально-заводского террикона в г. Донецке от посадок бывшего Института лесоводства АН УССР, произведенных в 1951 г., сохранилась только акация белая. Раскопки корневых систем показывают, что успешный рост деревьев происходит за счет прослоек нейтральной рухляковой породы, где располагается основная масса корней. Образованию этих прослоек способствовало внесение земли и извести при посадке.

Более поздние посадки (1953—1965 гг.) треста зеленого строительства и Донецкого коксохимического завода на этом же терриконе производились крупномерным посадочным материалом без добавления почвы и нейтрализации рухляковой породы. Почти все растения погибли, так как крупномерные саженцы расшатываются ветром, обрываются неокрепшие корни, деревца подмываются стоковыми водами и вываливаются. Сохранившиеся экземпляры почти не дали прироста, усыхают. У основания стволиков появляется чахлая поросль. Посаженные на расстоянии 4×4 *м* и более деревья и кустарники не обеспечивают закрепления рухляковой породы на склонах (рис. 3).

В 1964 г. Донецким лесхозом на терриконе бывшей шахты Н-Московской высаживались в ямки под лопату 1—2-летние сеянцы акации белой и желтой, жимолости татарской, свидины, шиповника собачьего, а у основания террикона — тополя канадского и березы бородавчатой. Нейтрализация почвы не производилась, но в ямки вносили небольшое количество черноземной почвы. Высаженные сеянцы хотя и прижились, но прироста почти нет, корневая система поверхностная, деревца кустятся.

Учитывая опыт прошлых лет, Донецким ботаническим садом заложены опыты по закреплению откосов терриконов и террас посевом многолетних трав с последующим посевом и посадкой на террасах деревьев и кустарников. Перспективными являются бобово-злаковые смеси, способные в первый год после посева не только закрепить склоны, но и обогащать первичные малоразвитые почвы терриконов подвижным азотом. Для этой цели используется донник аптечный, удовлетворительно произрастающий на естественно зарастающих терриконах. Испытываются также житняк гребневидный, волоснец ситниковый, пырей белый, костер безостый. Результаты первого года показывают, что житняк гребневидный является перспективным видом для закрепления террас.

На основании проведенных наблюдений можно сделать следующие предварительные выводы:

1. Успешное озеленение терриконов в Донецком бассейне возможно только на естественно потухших или на потушенных терриконах.

2. Работы по озеленению требуют предварительной мелиорации терриконов: террасирования и закрепления склонов, внесения почвы на террасы или посадочные места.

3. Для закрепления склонов нужно использовать дикую и культурную травянистую растительность, естественно поселяющуюся на терриконах (горец птичий, донник аптечный, свинорой пальчатый и др.). Из культурных трав лучшие результаты получены при посеве житняка гребневидного.

4. Для озеленения можно рекомендовать следующие древесные и кустарниковые виды: акация белая, абрикос обыкновенный, вяз мелколистный, гледичия трехколючковая, груша дикая, клен ясенелистный, ясень зеленый, яблоня лесная, акация желтая, бирючина обыкновенная, лох узколистный, облепиха крушиновая, сирень обыкновенная, шиповник собачий.

АКАДЕМИЯ НАУК СССР
УРАЛЬСКИЙ ФИЛИАЛ

РАСТИТЕЛЬНОСТЬ И ПРОМЫШЛЕННЫЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ 1970

Л. В. МОТОРИНА
Центральная лаборатория охраны природы МСХ СССР, Москва

ЕСТЕСТВЕННОЕ ЗАРАСТАНИЕ ОТВАЛОВ ОТКРЫТЫХ РАЗРАБОТОК

В комплексе вопросов, требующих освещения при решении проблемы рекультивации территорий, нарушаемых в результате открытой добычи полезных ископаемых, очень важным, на наш взгляд, является изучение процессов естественного зарастания таких площадей. Оно может оказать существенную помощь в оценке пригодности отвалов для их освоения в сельскохозяйственных целях, для определения характера освоения, при подборе ассортимента видов для выращивания на отвалах.

Особенно большое значение будет иметь выявление зависимости распределения растительного покрова от свойств грунтов в отвалах, установление возможности индикационного использования отдельных видов и растительных сообществ. Ряд подобных закономерностей наблюдался нами на отвалах открытых горных разработок в Тульской области, где изучение характера естественного покрова проводилось одновременно с изучением агрохимических свойств пород, слагающих отвалы. Аналогичные, но отрывочные наблюдения имеются у нас также по Калужской, Курской, Белгородской, Липецкой и Челябинской областям.

В Тульской области, одной из основных промышленных областей Подмосковного горнорудного бассейна, насчитывается более 100 карьеров по добыче открытым способом различных полезных ископаемых: угля, железной руды, фосфоритов, огнеупорных глин, известняка, строительного камня и т. д. Все они разного возраста,различаются по глубине и занимаемой площади выемок, по площади и конфигурации отвалов пустой породы. Работы на некоторых известковых карьерах и добыче огнеупорных глин ведутся с 30-х годов, железной руды с 40—50-х, уголь открытым способом начали добывать с 1957 г.

При бестранспортной системе вскрышных работ, которая применяется в Тульской области, отвалы пустой породы, образующиеся при добыче угля, железной руды, фосфоритов, огнеупорных глин и т. д., имеют форму конусов, расположенных большей частью хаотично, создавая характерный так называемый «лунный ландшафт». Высота отвалов и состав слагающих грунтов меняются в зависимости от характера месторождения, от глубины вскрыши и особенностей геологического строения местности. В зависимости от этого, а также от возраста отвалов, изменяется степень зарастания отвалов естественной растительностью и ее видовой состав.

Общей, характерной для всех отвалов особенностью является сравнительно медленное задернение их в ходе естественного зарастания и обедненность видового состава растительности. Значительная часть отвалов,

особенно на угольных месторождениях и при добыче огнеупорных глин остается вовсе лишенной какой-либо растительности в течение очень долгого времени. Кроме неблагоприятных условий рельефа и водного режима, значительная отрицательная роль принадлежит физико-химическому составу грунтов, слагающих отвалы. Отвалы пустой породы на Кимовском и Ушаковском угольных разрезах Подмосковного бассейна характеризуются резко выраженными колебаниями высот, крутосклонностью, сильно развитыми процессами эрозии. Они представляют собой гряды или хаотически расположенные конусы породы высотой в 10—20 *м* с крутизной склонов 25—30° и больше. Межгрядовые понижения часто заливаются водой, образуя небольшие более или менее постоянные замкнутые водоемы. Большая часть отвалов сложена кварцевыми сильно ожелезненными тульскими песками, иногда супесями и суглинками с участием бурых мезозойских глин, часто со значительной примесью темно-серых богатых пиритом надугольных глин. Последние на 30—50% площади отвалов покрывают вершины породных конусов или верхние части их склонов, которые остаются незаросшими.

На ожелезненных песках, суглинках и супесях растительный покров разрежен. Хорошо зарастает только часть внешних отвалов, состоящих в значительной мере из четвертичных лессовидных суглинков с примесью перемещенных слоев почвы, в том числе гумусового горизонта.

Наиболее часто на отвалах угольных месторождений встречаются группировки растительности с господством *Agropyrum repens*, *Convolvulus arvensis*, *Equisetum arvense*, *Matricaria inodora*, *Achillea nobilis*, *Artemisia absinthium*, *Polygonum aviculare* и т. д. Широко распространены такие виды, как *Chenopodium album*, *Delphinium consolida*, *Sonchus arvensis*, *Melilotus officinalis*, *Medicago falcata*, *M. lupulina* и многие другие представители сорной и луговой растительности. Большинство растений отвалов является распространенными, часто сорными видами с широкой экологической амплитудой. Однако при внимательном рассмотрении здесь можно отметить ясную закономерность в распространении и их приуроченности к определенным видам грунта.

На песках или на грунтосмесях с преобладанием кварцевых и ожелезненных песков наиболее часты группировки с господством *Convolvulus arvensis* и *Equisetum arvense*, а также вьюнково-разнотравная ассоциация. Характерна значительная обедненность таких субстратов питательными веществами (K_2O 1,2—4,5 и P_2O_5 0,3—0,11 *мг*/100 *г* почвы), значения pH колеблются в пределах 5,0—7,2.

Для более плодородных супесчаных и суглинистых грунтов обычно характерны ассоциации с господством *Agropyrum repens* и *Matricaria inodora*. Большей частью они приурочены к внешним отвалам со значительной примесью в составе грунтов четвертичных отложений — карбонатных лессовидных суглинков, а иногда и гумусированных слоев перемещенной почвы. Фосфором эти грунты не обеспечены, хотя содержание его несколько выше, чем в грунтах под вьюнково-разнотравной ассоциацией (P_2O_5 0,9—1,3 *мг*/100 *г* почвы); обеспеченность калием средняя и даже несколько выше средней (K_2O 12,2—20,4 *мг*/100 *г* почвы). Значения pH колеблются в пределах 6,0—6,3.

Указанные сообщества характеризуются большой плотностью травостоя по сравнению с другими ассоциациями, более разнообразным видовым составом, лучшим развитием растений.

Несколько специфичен растительный покров на участках, где значительную долю в отвалах вскрышных грунтов составляют известняки. Господствующее положение здесь занимают ассоциации с доминированием *Achillea nobilis*, *Artemisia absinthium*, *Lappula echinata*, часто встречается

Poa compressa. Грунты, большей частью легкого химического состава, имеют нейтральную или слабощелочную реакцию (pH 6,2—7,2), очень небольшое содержание фосфора (1,4—3,7 *мг*/100 *г* почвы), ниже средней обеспеченность калием (9,0—12,0 *мг*/100 *г* почвы).

В сравнительно большом разнообразии на отвалах угольных разработок представлены бобовые. Наиболее хорошо, пожалуй, себя чувствует *Melilotus officinalis*, *Lotus corniculatus*, *Medicago falcata* и *M. lupulina*. В эрозийных трещинах и небольших ложбинах там, где иногда почти отсутствует другая растительность, пышно развиваются отдельные экземпляры донника высотой в 1,5—1,7 *м*, огромные «куртины» лядвенца и люцерны желтой диаметром в 1,0—1,5 *м*. Из древесных и кустарниковых пород встречаются лишь единичные экземпляры ив, берез, осины и тополя, обычно в понижениях между отвалами, где имеются сравнительно благоприятные условия увлажнения. Растения в своем развитии чутко реагируют на условия увлажнения. На северных, северо-западных и северо-восточных склонах, несколько лучше увлажненных, растительность развита более пышно. Разницы в флористическом составе группировок почти нет, по мощности развития растений, их обилию и степени задерненности поверхности различия явно заметны. Следует отметить, что зарастание отвалов угольных разработок идет очень медленно (за исключением части внешних отвалов, сложенных в основном четвертичными отложениями) и преимущественно малоценными сорными растениями.

Главными ограничивающими факторами развития растительности на отвалах угольных разработок являются высокая кислотность грунтов с pH 3,0—4,5 (преимущественно надугольные глины и иловатые супеси) и недостаток почвенной влаги. Грунтовые воды находятся очень глубоко и недоступны растениям, атмосферные осадки не удерживаются на конусовидных отвалах с крутыми склонами. Они способствуют к тому же сильному развитию эрозии. Сносимые с вершин отвалов токсичные мелкоземистые грунты и супеси накапливаются в ложбинах и впадинах, образуя при высыхании растрескивающиеся корытообразные поверхности с pH 2,0—3,5, полностью лишенные растительности.

По рельефу отвалов, их строению и составу наиболее сходны с угольными отвалы Суворовского месторождения шамотных глин. Отличие состоит в несколько большей утяжеленности грунтосмесей за счет карбонатных четвертичных глин и суглинков. В растительном покрове различие выражается в более значительном участии в травостое *Tussilago farfara*.

Отвалы железорудных карьеров (например, Киреевских) в значительной степени отличаются от описанных выше. Поскольку в Тульской области глубина вскрыши на железорудном месторождении не превышает в среднем 12—15 *м* (на угольных она достигает 30—50 *м*), высота отвалов здесь также значительно меньше (3—8 *м*). Сильно отличается и состав грунтов. Преобладают ожелезненные кварцевые пески и супеси, а также сильно карбонатные покровные суглинки, отсутствуют на поверхности отвалов темно-серые надугольные глины и супеси. В связи с этим большие различия имеются в растительном покрове. Зарастание начинается сразу же после отсыпки отвалов и проходит довольно интенсивно. Характерно значительно более пышное развитие растений, большое богатство в флористическом составе ассоциаций.

Если на угольных разработках проективное покрытие травостоем поверхности отвалов составляет в среднем 20—40% (не считая совершенно незарастающих участков), а высота растений колеблется в среднем в пределах 20—50 *см*, то на отвалах железорудных месторождений проективное покрытие обычно от 50—70 до 60—90%, высота растений от 40—70 до 120—160 *см* (и даже до 2 *м*). Такая разница в развитии растительного

покрова объясняется прежде всего более благоприятной реакцией среды, большим плодородием грунтов и лучшими условиями водного режима. На всех участках не отмечалось значения pH ниже 6,0, в большинстве случаев величина его составляла 6,4—7,0. Содержание фосфора колеблется в большинстве случаев от 1,0—3,0 до 6,0—11,5, а содержание калия от 10,0—14,0 до 21,0 *мг*/100 *г* почвы (в отдельных случаях до 30,0—43,0 *мг*/100 *г* почвы).

Самыми распространенными на отвалах железорудных карьеров являются ассоциации *Chamaenerium angustifolium* и *Tussilago farfara*. Обычно ими заняты нижние половины склонов, целиком невысокие отвалы, ложбинообразные понижения и впадины. Как правило, эти грунты хорошо обеспечены калием (14,5—30,0 *мг*/100 *г* почвы). Ассоциации с доминированием *Tussilago farfara* приурочены к несколько более утяжеленным по механическому составу грунтам, где наряду с песками и супесями, имеется значительная примесь бурых мезозойских глин.

Сообщества с господством пырея (*Agropyrum repens*), как и на угольных месторождениях, тяготеют к отвалам, имеющим в своем составе значительную примесь покровных суглинков и гумуса. На грунтах более легкого механического состава преобладают *Achillea nobilis*, *Artemisia absinthium* и *Tanacetum vulgare*, а на сильно песчаных грунтах господство переходит к хвощам (преимущественно *Equisetum silvaticum*). Сильно карбонатные грунты заняты группировками с *Senecio vicosus*, а почти постоянным компонентом травостоя здесь является *Poa compressa*.

Следует отметить, что на отвалах железорудных месторождений состав бобовых трав несколько обеднен по сравнению с отвалами угольных разработок. В более или менее заметных количествах отмечались только *Trifolium hybridum*, *Vicia angustifolia* и *Vicia hirsuta*. Последняя заметно лучше развита на грунтах, сравнительно хорошо обеспеченных фосфором и калием (K_2O 10,8—20,0 и P_2O_5 8,1—9,2 *мг*/100 *г* почвы). Хорошо развиваются на отвалах железорудных месторождений и древесные породы, особенно в межгрядовых понижениях. Обычно это бывает береза бородавчатая, ива козья, бузина и тополь. Отвалы Богучаровского участка, на котором разработки закончены в 1956 г., в настоящее время покрыты молодым лесом из самосева березы, осины и ивы высотой в 2,5—4 *м*.

Некоторое сходство с отвалами Киреевских железорудных разработок имеют отвалы Кимовского фосфоритного рудника. Общими чертами, объединяющими их, является сравнительно небольшая высота отвалов, отсутствие фитотоксичных темно-серых глин бобриковского горизонта карбона, интенсивно идущие процессы зарастания.

Меловые, известковые и другие карьеры строительных материалов дают особый тип нарушения поверхности, отличный от описанных ранее. Здесь основная площадь приходится на сами карьеры (котлованы) различной глубины, от 5—10 до 100 *м* (в КМА) и более. Площадь отвалов вскрышных пород обычно незначительна и сами отвалы представлены либо верхними вскрышными горизонтами (четвертичные глины и суглинки, перемешанные с почвой), либо глыбами известняка. На внешних отвалах, сложенных четвертичными породами, встречается большой набор сорных видов с преобладанием растений, обычных для таких условий и на других разработках. Такие отвалы не представляют больших затруднений при освоении. Заметно преобладание в травостое на большинстве участков *Tussilago farfara*, *Poa compressa*. Выше отмечалась наиболее частая приуроченность последнего к грунтам, богатым известью, что подтверждается и в этом случае. На отвалах известковой крошки он является доминирующим растением.

Кроме названных растений, большую роль в травостое при самозарастании играют также *Artemisia absinthium*, *Achillea nobilis*, *Anthemis tinctoria*, *Lappula echinata*; из бобовых наиболее обычны *Melilotus officinalis*,

M. alba, *Medicago lupulina* и *M. falcata*. В Калужской области на дне старых заброшенных известковых карьеров часто отмечались сплошные заросли донников белого и лекарственного.

Значительно отличающиеся условия, не похожие на предыдущие, создаются на отвалах, образующихся при транспортных системах вскрышных работ. Такие отвалы распространены, например, на карьерах КМА, на Урале (Коркино), в Кузбассе, Казахстане (Соколовско-Сарбайский комбинат) и т. д. Величина и площадь отвалов зависят от глубины вскрыши и мощности таких карьеров и исчисляются обычно сотнями и тысячами гектаров. Грунтосмеси, оказывающиеся на поверхности, могут состоять из самых разнообразных пород вскрыши — от верхних покровных суглинков до самых глубоких пород, залегающих непосредственно над полезным ископаемым. Сильно различается и их физико-химический состав. Общей чертой является сравнительная выровненность поверхности отвалов, большое разнообразие условий водного режима по сравнению с отвалами, образующимися при бестранспортной системе вскрышных работ. Зарастание идет лучше.

Не останавливаясь подробно на разборе характера их растительности, отметим только, что состав видов в общих чертах сходен с описанным выше для отвалов, образующихся при бестранспортной вскрыше с теми же примерно закономерностями в распределении растений в зависимости от физико-химических свойств грунтов. Интересно, что в Челябинской области на отвалах угольных разработок на кислых глубоко залегающих надугольных породах (в данном случае — светло-серые аргиллиты и опоки) в травостое наиболее распространен *Corispermum declinatum*. Это растение встречается на грунтах с pH около 4,0, образуя почти чистые заросли. Оно как бы замещает в этом районе *Polygonum aviculare*, имеющую преимущественное распространение на сильно кислых грунтах в Подмосковном бассейне.

Заключение

Процессы самозарастания на отработанных территориях различных месторождений ископаемых идут по-разному, отличаясь по интенсивности и по характеру образующегося растительного покрова. В большинстве случаев самозарастание идет довольно медленно, в образовании растительного покрова принимают участие, как правило, сорные и малоценные виды растений.

Интенсивность зарастания и флористический состав образующихся сообществ находятся в прямой зависимости от состава вскрышных пород, отсыпаемых в отвалы, от рельефа отвалов, водного режима и других факторов. Можно установить определенную корреляционную связь растительности, занимающей отвалы, с их грунтами. Это в свою очередь позволит по характеру процессов зарастания и по составу растительности на отвалах судить о возможности их освоения.

Анализируя процессы самозарастания, можно наметить виды травянистых растений из естественной флоры отвалов, которые окажутся пригодными для использования при озеленении площадей, нарушенных горными разработками, и которые представляют определенную хозяйственную ценность. К таким видам мы относим: донник лекарственный, донник белый, лядвенец рогатый, люцерну серповидную и хмелевидную, клевера — гибридный (шведский) и ползучий (белый), овсяницу красную, ежу сборную, овсяницу луговую, пырей ползучий, мятлики сплюснутый и обыкновенный.

АКАДЕМИЯ НАУК СССР
УРАЛЬСКИЙ ФИЛИАЛ

РАСТИТЕЛЬНОСТЬ И ПРОМЫШЛЕННЫЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ 1970

И. И. ШИЛОВА

Уральский государственный университет, Свердловск

ЕСТЕСТВЕННОЕ ЗАРАСТАНИЕ ШЛАМОВОГО ОТВАЛА УРАЛЬСКОГО АЛЮМИНИЕВОГО ЗАВОДА

Экспериментальные работы по изучению возможности закрепления поверхности шламового отвала Уральского алюминиевого завода (УАЗ) растительностью проводятся с 1962 г., а рекогносцировочные испытания были начаты в 1960 г.[1] Целью исследований является изучение биологических особенностей растений в специфических условиях отвала, подбор ассортимента наиболее устойчивых растений и разработка агротехнических приемов их возделывания.

Экологическая характеристика шламового отвала и результаты опытов по изучению возможности и способов его заращивания с созданием дернового покрова на поверхности освещены ранее (Тарчевский, Беспрозвана и др., 1963, 1966; Шилова, 1964, 1966а, б; Szilowa, 1965). В настоящем сообщении излагаются данные о естественном зарастании отвала.

Напомним кратко, что условия существования для растений на шламовом отвале специфичны и крайне суровы. Прежде всего сам субстрат — красный шлам (отход переработки бокситов при получении алюминия), образующий отвал, очень неблагоприятен для роста и развития растений по механическому составу и в особенности по химизму. Красный шлам — тонкопылевидный бесструктурный субстрат, состоящий из 44,4% окислов железа, 10,6% окиси алюминия, 10,6% окиси кальция, 8,3% окиси кремния и содержащий, кроме того, соединения натрия, серы, марганца, титана и ряда других элементов. Решающими факторами, препятствующими произрастанию на отвале растительности, является бедность субстрата элементами питания растений, в частности, отсутствие в нем азота, щелочная реакция (pH шлама в среднем 9,4) и сильное засоление — натриевое по катионам и сульфатно-содовое по анионам. Плотный остаток водной вытяжки шлама составляет в среднем 0,7% (засоление, как известно, начинается при наличии сухого остатка 0,2%). В 100 *г* шлама содержится в среднем 31,7 *мг* натрия в нескольких формах, в том числе в наиболее вредной для растений углекислого натрия (Na_2CO_3).

Из-за высокой температуры воздуха и незначительного количества осадков в засушливые периоды лета поверхность отвала напоминает солончак, так как на ней происходит выкристаллизовывание солей, образующих выцветы в виде белой корочки. На отвале сильно выражены явления ветровой и водной эрозии. В числе факторов, ограничивающих произрастание

---

[1] Работа проводилась группой промышленной ботаники при кафедре ботаники Уральского госуниверситета им. А. М. Горького под руководством В. В. Тарчевского.

растительности, следует указать также на загрязнение атмосферы в районе отвала токсичными для растений веществами в высоких концентрациях (в частности, фтором и сернистым газом), выбрасываемыми близлежащими промышленными предприятиями, и неблагоприятные условия для перезимовки растений (сдувание снега с поверхности отвала, возвышающегося на 20 *м* над окружающей местностью). Естественно, что в таких суровых условиях могут существовать лишь немногие виды растений, наиболее устойчивые, способные адаптироваться ко всему комплексу отрицательных факторов, действующих на них на отвале.

При изучении самозарастания отмечались все виды растений, встреченные на склонах отвала в основании его дамбы, в опытных посевах культурных растений и на специально выделенном участке самозарастания. Для каждого вида определялось обилие, обозначавшееся по шкале Друде, проективное покрытие субстрата, встречаемость, производился подсчет числа особей на пробных площадках в 1 $м^2$; отмечалось фенологическое состояние растений и измерялась высота растений и длина корней.

Шламовый отвал в настоящее время еще продолжает заполняться шламовой пульпой, вследствие чего появление растительности возможно только на ступенчатых склонах и основании дамбы. Основание дамбы отвала на высоту до 5 *м* сложено почвенным грунтом, а склоны — затвердевшим шламом. Поэтому зарастание склонов и дамбы отвала идет по-разному, в зависимости от характера подстилающих грунтов. Процесс самозарастания выражен очень слабо и протекает крайне медленно. Не отмечено, в частности, значительных различий в видовом составе растений, их встречаемости, обилии и покрытии субстрата по годам. Очевидно, пять лет — незначительный промежуток времени в процессе естественного зарастания отвала.

На склонах отвала растительность бедна по видовому составу, очень редкая и встречается большей частью в виде полосок шириной от 0,5 до 2 *м* или пятен на горизонтальных плоскостях ярусов склонов. На наклонных плоскостях ярусов встречаются лишь единичные растения. Наиболее бедная растительность на восточном и южном склонах и в верхней трети склонов (верхние ярусы). Естественное зарастание отвала идет за счет представителей лишь двух семейств — злаковых (четыре вида) и маревых (шесть видов): бескильниц Гаупта (*Puccinellia Hauptiana*) и расставленной (*P. distans*), пырея ползучего (*Agropyron repens*) и вейника наземного (*Calamagrostis epigeios*), сведы рожконосной (*Suaeda corniculata*), лебеды татарской (*Atriplex tatarica*), прибрежной (*A. litoralis*) и лоснящейся (*A. nitens*), мари сизой (*Chenopodium glaucum*) и солянки Паульсена (*Salsola Paulsenii*).

Определяющим моментом в соотношении встречающихся на шламовом субстрате видов, очевидно, является отношение растений к его реакции и засоленности. Как указывает М. В. Марков (1962), растения и растительные сообщества, связанные с резкощелочными субстратами (pH больше 8,5), в природе встречаются исключительно редко. Шлам именно такой субстрат и к тому же еще засоленный, поэтому все встречающиеся на нем растения представляют интерес как индикаторы на щелочную реакцию и засоленность. В действительности большинство растений, способных расти на чистом шламе, в естественных природных условиях приурочено к солонцам, солончакам, солонцеватым и солончаковатым почвам и являются индикаторами засоленных почв. Среди них сведа рожконосная и лебеда татарская — типичные галофиты. По отношению к влаге большинство встреченных на шламе видов — ксерофиты.

Особого внимания заслуживает сведа рожконосная, которая лучше других мирится с условиями отвала и быстрее всех расселяется по его площади. Природным местообитанием ее являются солончаки, и, очевидно,

экологические свойства ее как эугалофита и позволили ей поселиться на шламе в условиях сильного засоления.

На основании дамбы отвала, сложенном почвенным грунтом, обнаружена более разнообразная по видовому составу растительность, нормально развитая и часто образующая густые заросли. Здесь зарегистрировано 78 видов растений. Наиболее богатый видовой состав отмечен на южном и западном склонах основания дамбы. Наиболее часто по склонам основания дамбы отмечались следующие виды: на северном склоне — лебеда татарская, сведа рожконосная и пырей ползучий; на южном — лебеда лоснящаяся, пырей ползучий, мать-и-мачеха (*Tussilago farfara*) и вьюнок полевой (Convolvulus arvensis); на восточном — лебеда лоснящаяся, мать-и-мачеха и мульгедиум татарский (*Lactuca tatarica*); на западном — мать-и-мачеха и мульгедиум татарский. Часто эти растения образовывали травостои с полным (100%) покрытием почвы. Зарегистрировано постепенное переселение вверх — с основания дамбы на чистый шлам — таких растений как пырей, лебеда лоснящаяся и татарская, вьюнок полевой, бескильницы расставленная и Гаупта, осот полевой и мать-и-мачеха.

При изучении процесса заселения естественной растительностью опытных посевов культурных видов трав на протяжении пяти лет выявилась определенная закономерность, выразившаяся в гибели случайно занесенных с плодородным материалом (почвой, торфом, илом) видов растений, не сумевших приспособиться к условиям отвала и, напротив, заселение и разрастание здесь специфических, устойчивых к данным условиям видов. Больше всего последних встречалось в варианте опыта «шлам + 6 *см* почвы», где на первом же году существования посевов было отмечено 23 вида. На следующий год количество видов не изменилось, но в их составе произошли изменения. Наблюдалось внедрение в посевы более приспособленных к условиям отвала видов, таких как: сведы рожконосной, пырея ползучего, лебеды прибрежной и лоснящейся, вьюнка полевого, клоповника сорного (*Lepidium ruderale*), гулявника Лёзелиева (*Sisymbrium Loeselii*), и выпадение не нашедших благоприятных условий для своего существования — фиалки полевой (*Viola arvensis*), сурепицы обыкновенной (*Barbarea vulgaris*), горца вьюнкового (*Polygonum convolvulus*), аистника цикутного (*Erodium cicutarium*), липучки обыкновенной (*Lappula myosotis*), смолевки поникшей (*Silene nutans*), щетинника зеленого (*Setaria viridis*) и пикульника ладанникового (*Galeopsis ladanum*).

На пятый год в посеве было зарегистрировано 25 видов растений, причем, по сравнению с первым годом, видовой состав коренным образом изменился: из 25 видов растений первого года осталось лишь 8, а 17 видов составили вновь вселившиеся со склонов отвала и окружающей местности. Очень сильно разрослась сведа рожконосная, вселившаяся в посевы всех без исключения культурных видов растений. Больше всего сорняков (12—15 видов) внедрилось в посевы тимофеевки луговой (*Phleum pratense*), ежи сборной (*Dactylis glomerata*) и бекманнии обыкновенной (*Beckmannia eruciformis*), которые имели наиболее разреженные травостои, меньше всего в посевы бескильницы Гаупта и овсяницы красной (*Festuca rubra*) — по восемь видов. Те же тенденции засорения наблюдались в вариантах опыта с торфяным покрытием и с почвенным покрытием в 2 *см* с полиакриламидом.

Самым бедным по видовому составу сорных растений был вариант с внесением в шлам ила очистных сооружений. На второй год после посева в этом варианте отмечено всего четыре вида сорных растений — все из семейства маревых: мари белая (*Chenopodium album*) и красная (*Ch. rubrum*), лебеда татарская и лоснящаяся. Они образовывали местами густой травостой высотой до 1—1,5 *м*. В последующие годы в посевы этого варианта вселились еще сведа рожконосная, бескильницы Гаупта и расставленная, пырей

ползучий; на пятый год доминировала лебеда лоснящаяся, образовавшая травостой с покрытием до 70%. Первоначальная бедность этого варианта сорными растениями объясняется, по-видимому, тем, что вместе с илом в шлам вносится вообще небольшое количество (по сравнению, например, с почвой) жизнеспособных семян. Это имеет существенное значение для заращивания отвала культурными растениями, так как обеспечивает меньшие затраты на борьбу с сорняками.

Наблюдения за изменением видового состава растений на участке самозарастания, на котором поверх шлама наносилось 2 *см* почвенного покрытия, позволяют выявить те же закономерности, что и в опытных посевах: гибель видов растений, случайно занесенных с плодородным материалом, поселение и разрастание специфических, устойчивых к данным условиям, видов. Так, в первый год опыта на этом участке отмечено 22 вида растений, во второй — 9, на третий — 5, к четвертому и пятому годам осталось лишь 3 вида (сведа рожконосная, бескильницы Гаупта и расставленная). Из оставшихся видов доминировала сведа рожконосная, образовавшая травостой почти с полным (100%) покрытием субстрата. На третий год на 1 $м^2$ насчитывалось в среднем 7674 экз. сведы (на отдельных метровках до 15 000), в то время как бескильницы было в среднем 18 (на отдельных метровках до 48); на пятый год на 1 $м^2$ сведы уже насчитывалось в среднем 12 657 экз. (на отдельных метровках до 35 100), бескильницы же были представлены единичными экземплярами.

Естественное зарастание шламового отвала идет в основном за счет флоры окружающей местности. Семена растений заносятся на отвал ветром, птицами, млекопитающими животными, человеком. Так, занос семян ветром очень хорошо наблюдается на верхней ровной поверхности отвала, образованной жидким шламом. Здесь на высоте 20 *м* плавает в пульпе и прилипает к шламу множество семян анемохорных растений, особенно представителей семейства сложноцветных.

Параллельно с изучением растительности шламового отвала производились наблюдения за процессом самозарастания бокситовой насыпи того же возраста, что и отвал. Эти наблюдения объяснили причину трудности поселения растений на шламе и позволили определить основной фактор, препятствующий его заращиванию. Как известно, по химическому составу боксит и шлам мало различаются между собой, но заметно отличаются в основном по реакции среды (pH боксита составляет в среднем 6,0) и наличию солей Na. Установлено, что растительность на бокситовой насыпи значительно богаче, чем на шламе, и самозарастание ее идет гораздо быстрее. На бокситах зарегистрировано 50 видов растений, среди которых наиболее распространены: икотник серый *(Berteroa incana)*, гулявник Лёзелиев, липучка обыкновенная, молочай прутьевидный *(Euphorbia virgata)*, вьюнок полевой, пырей ползучий, солянка Паульсена. Общими видами для шлама и боксита являются пырей ползучий, лебеда лоснящаяся и татарская, солянка Паульсена.

Наблюдения за развитием растений, поселяющихся на шламовом отвале естественным путем, показывают, что они мало отличаются от соответствующих растений естественных местообитаний: фазы развития проходят в те же сроки, они цветут и дают жизнеспособные семена. Но в то же время необычные и специфические условия шламового отвала, в особенности самого субстрата — шлама, вызывают появление некоторых особенностей у растений. Так, рост и побегообразование растений в этих условиях менее интенсивны, чем в обычных условиях на почве; корневая система всегда расположена в поверхностном слое шлама (основная масса корней находится в слое до 10—15 *см*); корни хрупкие, сильно изогнутые. Надземная масса растений грубая в связи с сильным развитием механической ткани,

хрупкая, окрашена в бурый цвет. В целом для растений характерно усиление ксероморфных и галоморфных черт их организации. Лебеда татарская на шламе представлена приземистыми и стелющимися расами, свойственными для нее при произрастании на злостных солончаках («Сорные растения СССР», 1934).

Выводы

1. Условия существования растительных организмов на шламовом отвале специфичны, тяжелы и неблагоприятны; процесс самозарастания отвала протекает крайне медленно.

2. Заселение отвала растительностью происходит главным образом за счет специфических для данных условий видов — сведы рожконосной, бескильниц Гаупта и расставленной, а также лебеды татарской, прибрежной и лоснящейся, мари сизой и солянки Паульсена. Большинство этих видов являются растениями засоленных почв.

3. Наиболее бедную растительность имеют южный и юго-восточный склоны отвала, а из ярусов — верхние (самые молодые), занимающие верхнюю треть склона. На основании дамбы отвала, сложенной почвенным грунтом, растительность более разнообразная и включает 78 видов.

4. При нанесении на шлам плодородного материала (почва, торф, ил) на нем поселяется значительное количество видов растений, семена которых заносятся с этим материалом. Но постепенно большинство их вытесняется более устойчивыми видами, главным образом сведой рожконосной.

5. Биоценоза, в частности фитоценоза как такового, на шламовом отвале еще нет. Он находится в зачаточной стадии своего развития.

6. В целом естественная растительность покрывает очень незначительную часть поверхности отвала, плотность растений крайне мала, корни расположены лишь в поверхностном слое шлама. Вследствие этого рассчитывать на выполнение естественной растительностью отвала противоэрозионных функций нет оснований. Она может проявиться через слишком длительный промежуток времени. Наиболее реальным способом закрепления поверхности отвала является создание на ней искусственного растительного покрова. Как показали опыты, проведенные ранее, закрепление поверхности отвала при помощи растений возможно. Дерновый покров создают ряд устойчивых видов многолетних травянистых растений при посеве их на шламе с нанесением слоя почвы в 6 *см* или внесением в шлам ила очистных сооружений.

ЛИТЕРАТУРА

М. В. Марков. Общая геоботаника. М., «Высшая школа», 1962.

Сорные растения СССР. Л., Изд-во АН СССР, 1934.

В. В. Тарчевский, С. Я. Беспрозвана, Г. М. Власова, М. В. Хамидулина, И. И. Шилова, С. В. Агафонова. Окультуривание и рациональное использование промышленных отвалов.— Тезисы докладов на Второй межвузовской конференции «Университеты — сельскому хозяйству». Л., 1963 (Ленингр. гос- ун-т).

В. Тарчевский, С. Беспрозвана, Г. Пикалова, М. Хамидулина, И. Шилова. Цветы на отвалах.— Цветоводство, 1966, № 2.

И. И. Шилова. Рост и развитие некоторых многолетних злаковых и бобовых трав первого года жизни на шламовом поле УАЗа.— Растения и промышленная среда. Свердловск, 1964 (Урал. гос. ун-т).

И. И. Шилова. Биологические особенности многолетних трав при выращивании их на шламовом отвале Уральского алюминиевого завода.— Охрана природы на Урале, V. Растительность и промышленные загрязнения. Свердловск, 1966а.

И. И. Шилова. Экологическая характеристика шламового отвала Уральского алюминиевого завода и проблема его консервации.— Сборник работ Свердловской гидрометеорологической обсерватории, вып. 5. Свердловск, 1966 б.

I. I. Szilowa. Fastening of slime dumps with vegetation.— Papers for international symposium devoted to the problems of the reclamation of post-industrial lands. Katowice, 1965.

АКАДЕМИЯ НАУК СССР
УРАЛЬСКИЙ ФИЛИАЛ

РАСТИТЕЛЬНОСТЬ И ПРОМЫШЛЕННЫЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ 1970

Г. М. ПИКАЛОВА

Уральский государственный университет, Свердловск

ИЗМЕНЕНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ РАСТЕНИЙ ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ ИХ НА КАМЕННОУГОЛЬНОЙ ЗОЛЕ

Золоотвалы тепловых электростанций занимают десятки, а иногда и сотни гектаров земли. Каждый отвал не только нарушает эстетику ландшафта, но является также опасным источником загрязнения атмосферы. Поэтому озеленение золоотвалов — важное мероприятие.

Зола — специфический субстрат для растений, она бедна необходимыми элементами питания. Кроме того, выращивание растений на золе затруднено ее подвижностью. Поднимаясь в воздух при малейшем ветре, она увлекает за собой невзошедшие семена растений и засыпает всходы. Очень часто также в районе золоотвалов воздух дополнительно загрязнен газами, дымами и пылью, выделенными промышленными предприятиями. В частности, такие же условия наблюдались на золоотвале теплоэлектроцентрали № 4 г. Березники (Пермская область), на котором проводились наши исследования[1]. Поэтому растения, перспективные для озеленения золоотвалов, должны обладать способностью выдерживать неблагоприятные условия среды, противостоять засыпанию золой и быть устойчивыми к систематическому воздействию токсических газов.

Наши исследования были начаты с большим количеством видов растений (около 20), преимущественно из числа кормовых злаков и бобовых, но большинство их в первый же год дали неудовлетворительные результаты и практического интереса для закрытия золоотвалов не показали. Поэтому более детально в дальнейшем изучались наиболее перспективные виды — костер безостый (*Bromus inermis* Leyss.) и регнерия волокнистая [Roegneria fibrosa (Schrenk.) Nevski)] из злаков и люцерна синегибридная (*Medicago media* Pers.) из бобовых. Схема опытов изложена в работе Г. М. Власовой (1964).

Наблюдения за динамикой роста побегов растений в высоту показывают, что на золоотвале даже при условии покрытия золы слоем почвы и применения полного минерального удобрения, темп роста, начиная с первого же года, значительно ниже, чем в контроле. Отставание растений на золоотвале мы объясняем недостатком влаги, приводящим к задержке роста всех органов.

Неблагоприятные условия среды особенно резко отражаются на кущении растений. При выращивании на почве растения ярового типа развития кустятся, цветут и дают семена уже в год посева; на золоотвале в первый

[1] Работа проводилась под руководством В. В. Тарчевского (Уральский государственный университет им. А. М. Горького) в 1961—1966 гг.

год жизни растения даже не перешли к кущению. При нормальном побегообразовании (на почве) у растений устойчиво выделяются два периода интенсивного кущения — весенний и летне-осенний, с паузой между ними.

В наших опытах у костра безостого второго и третьего года жизни, растущего на золе с торфом, не отмечено ясно выраженной паузы в побегообразовании: за вегетационный период образовалось в среднем всего по 2 побега на растение. В то же время в контроле на почве максимальное количество побегов на растении равнялось 34. Более интенсивно шло кущение регнерии волокнистой, у которой уже на второй год жизни было в 5 раз больше побегов, чем у костра безостого. Примерно такая же разница была в интенсивности их кущения в последующие годы. Таким образом, условия золоотвала для регнерии волокнистой более благоприятны, чем для костра безостого. Объясняется это, очевидно, тем, что регнерия, как растение сухих местообитаний, легче выносит недостаточную влажность в этих условиях и более полно реализует свою способность к кущению, чем относительно мезофильный костер безостый. У люцерны синегибридной в год посева также не отмечено кущение, в то время как на почве на одно растение в среднем образовалось по 6—8 побегов. Наибольшей интенсивностью кущения характеризовались растения люцерны синегибридной на четвертый — пятый годы жизни. Отмечена сезонная динамика побегообразования, проявляющаяся в закономерном возрастании числа живых побегов от фазы вегетации до фазы цветения.

Для более детального выяснения зависимости интенсивности кущения от условий культуры прослежена динамика побегообразования у растений, выращиваемых на золе с торфом и минеральным удобрением. Полученные данные позволяют сделать вывод, что внесение удобрений несколько усилило интенсивность кущения растений. Однако влияние удобрений в нашем опыте оказалось не столь эффективным, как на почве. При выращивании на почве внесение высокой дозы азота вызывает увеличение количества побегов в 2,3 раза против опытов без внесения его (Лебедев, Мельник, Боровская, 1964). В наших условиях подкормка азотом костра безостого вызвала увеличение количества побегов у растений второго-третьего года жизни, по сравнению с вариантом без подкормки всего в 1,5—1,7 раза, оставаясь в последующие годы почти без изменений. Снижение эффективности действия минеральных удобрений в нашем опыте мы также связываем с недостаточной влажностью золы. Подтверждением служат наши данные об интенсивности кущения костра безостого на золе с минеральным удобрением, где влажность золы была более высокой, чем в остальных вариантах опыта. В этом варианте опыта костер уже в первый год жизни перешел к кущению, образовав по одному боковому побегу. На второй год жизни среднее число живых побегов у него было вдвое больше, чем у растений на золе с торфом и NPK. Таким образом, улучшение золы как субстрата для выращивания растений посредством внесения минеральных удобрений в условиях относительно благоприятного водного режима способствует и более интенсивному кущению растений.

Как известно, в процессе кущения у луговых растений формируются вегетативные (укороченные и удлиненные) и генеративные побеги, морфологически различающиеся между собой. Причем, на общую энергию кущения и на соотношение побегов разных типов оказывает большое влияние режим питания растений (Лебедев, 1966). Наши данные по этому вопросу показывают, что внесение полного минерального удобрения под луговые растения при культуре их на каменноугольной золе, как и на нормальной почве, приводит к увеличению количества побегов, перешедших в генеративное состояние. Однако доля их в общем числе побегов изменяется незначительно.

Неблагоприятные условия пищевого и водного режимов на золоотвале приводят к уменьшению продуктивности растений. Известно, что определяющим фактором продуктивности является листовая поверхность растений: различия в продуктивности объясняются не столько разной энергией фотосинтеза растений, сколько различной степенью развития у них фотосинтезирующего аппарата. Наши данные о степени развития листового аппарата у растений, выращиваемых на каменноугольной золе, показывают, что у изучавшихся злаков нарастание количества листьев идет в течение всего вегетационного периода. У люцерны же синегибридной сезонная динамика количества листьев выражается в закономерном возрастании их в первый период вегетации и в уменьшении к концу — после прохождения фазы цветения. Сокращение это связано с тем, что процесс опадения листьев, идущий у люцерны в течение всего вегетационного периода, особенно усиливается после цветения, во время завязывания плодов. Соответственно изменению количества листьев идет и изменение площади фотосинтезирующей поверхности. Под влиянием минеральных удобрений у всех изучавшихся видов происходило увеличение количества листьев и их площади (см. таблицу).

Среднее количество листьев (*к*) и площадь листовых пластинок (*П*, *см*²) растений пятого года жизни

Вид растения	Вегетация		Цветение		Плодоношение	
	к	*П*	*к*	*П*	*к*	*П*
Костер безостый	29/33	111,7/220,3	31/71	121,1/407,5	54/110	195,8/489,9
Регнерия волокнистая	21/12	50,8/27,9	51/59	68,8/134,0	106/179	228,4/305,6
Люцерна синегибридная	263/243	521,1/633,9	458/587	475,2/687,9	366/299	303,8/233,6

Примечание. Числитель — на золе с торфом, знаменатель — на золе с торфом и NPK.

Нами прослежен ход изменения площади листовых пластинок в различных вариантах опыта на удлиненной части генеративных побегов. Установлено, что под влиянием минеральных удобрений число листьев на этой части побегов было больше, чем в опыте без внесения удобрений. Особенно заметно положительное влияние удобрений на величину листовых пластинок растений. Тем не менее, несмотря на увеличение количества листьев и их площади, обусловленное влиянием удобрений, оба показателя остаются ниже, чем у растений в контроле. Так, в период плодоношения у костра безостого на золе с торфом и NPK число листьев было в 2,5 раза меньше, чем в контроле.

Влияние зольного субстрата на развитие корневой системы наиболее наглядно видно на примере люцерны. Люцерна имеет корневую систему стержневого типа, боковые же корни развиты слабо. В условиях золоотвала произошло изменение морфологической структуры ее корневой системы. Развитие главного корня происходило главным образом только в первый год жизни: через месяц после появления всходов длина корня превышала высоту стебля почти вдвое. Начиная со второго года жизни дальнейшее углубление главного корня практически отсутствовало, а развивался один из боковых корней. Изменение морфологической структуры и характера расположения корневой системы люцерны обусловлено, несом-

ненно, тем, что глубокие слои золы лишены питательных веществ. Поэтому корни растений располагаются параллельно поверхности покрытого органическим веществом субстрата, где они имеют возможность усваивать питательные вещества. Однако такое расположение корневой системы ставит люцерну в условия худшей влагообеспеченности, так как поверхностные слои золы быстро высыхают. В связи с этим степень засухоустойчивости видов и форм люцерны приобретает особенно большое значение при культуре ее в условиях недостатка влаги на золоотвалах.

Другой особенностью в развитии корневой системы люцерны на каменноугольной золе было отсутствие клубеньков на ее корнях. Помимо недостатка влаги, возможной дополнительной причиной этого явилось наличие в торфе, применяемом в качестве органического покрытия, подвижного алюминия в количестве более 7 *мг* на 100 *г* торфа. Отсутствие клубеньков на корнях люцерны делает совершенно необходимым внесение на золоотвалах минерального азота под эту культуру.

Наконец, следует отметить положительное влияние удобрений на количество генеративных побегов в кусте, количество семян в соцветии, семенную продуктивность и урожай семян, а также на вес 1000 семян и их всхожесть у всех изучавшихся трех видов растений. Однако все эти показатели были ниже, чем у растений в контроле.

Несмотря на все отклонения и изменения в биологии костра безостого, регнерии волокнистой и люцерны синегибридной от нормы при выращивании их на каменноугольной золе, мы считаем возможным рекомендовать их для проведения рекультивационных работ на отвалах подобного типа.

ЛИТЕРАТУРА

Власова Г. М. Особенности развития многолетних растений на Березниковском золоотвале.— Охрана природы на Урале, вып. 4. Свердловск, 1964 (Урал. фил. АН СССР).

Лебедев П. В. Морфогенез луговых злаков и условия внешней среды. Автореф. докт. дисс. Пермь, 1966 (Перм. гос. ун-т).

Лебедев П. В., Мельник Н. С., Боровская Т. А. Влияние уровня азотного питания на кущение и продуктивность луговых злаков.— Зап. Свердл. отд. ВБО, 1964, вып. 3.

АКАДЕМИЯ НАУК СССР
УРАЛЬСКИЙ ФИЛИАЛ

РАСТИТЕЛЬНОСТЬ И ПРОМЫШЛЕННЫЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ 1970

М. В. ХАМИДУЛИНА
Уральский государственный университет, Свердловск

КОНСЕРВАЦИЯ ПОВЕРХНОСТИ ЗОЛООТВАЛА ЮЖНО-КУЗБАССКОЙ ГРЭС

Золоотвал, на котором проводились работы по консервации поверхности многолетней травянистой и древесной растительностью, расположен в Западно-Сибирском природном районе. Климат здесь континентальный, с суровой продолжительной зимой и коротким жарким летом. Снежный покров устойчив и держится с октября по апрель. В течение всего года преобладают южные и юго-западные ветры. Количество осадков (450—800 *мм*) достаточное для выращивания сельскохозяйственных культур. Растительность, окружающая золоотвал, довольно разнообразна, но в основном представлена различными лугово-пастбищными ассоциациями. Лес находится на расстоянии 5—6 *км*. Непосредственная близость золоотвала — постоянного источника пыльных бурь — к населенному пункту остро поставила вопрос о биологической консервации его поверхности. Научно-исследовательские работы в этом направлении были начаты в мае 1964 г. и опирались на опыт исследований, проводимых на Урале с 1959 г. под руководством В. В. Тарчевского.

Стационар (1 *га*) заложен на золоотвале площадью в 20 *га*; возраст его 6 лет, глубина залегания пласта золы колеблется от 3 до 4,5 *м*, субстрат рыхлый. Отвал образован золой угля Кузбасского месторождения с содержанием SiO_2 54,8%, Al_2O_3 0,56%, CaO 1,66% и других элементов.

По механическому составу зола в основном представлена мелкими частицами размером 0,01 *мм* (45,4%). При подсыхании мелкие фракции золы с поверхности золоотвала разносятся на большие расстояния, загрязняя атмосферу и почву. Агрохимический анализ золы на содержание питательных элементов, необходимых для роста и развития растений (проведен в почвенной лаборатории УралНИИСхоза) показал, что кислотность ее (pH) равна 8, и в ней имеется достаточное количество подвижного фосфора (15,8 *мг* на 100 *г* золы), очень мало калия (0,4 *мг*), валового азота (0,14%), причем содержание последнего в основном обусловлено наличием непереговевших частиц угля.

Цель работы по консервации поверхности золоотвала заключалась в создании стойкого растительного покрова на мертвом безжизненном пространстве. Объекты испытаний — однолетние и многолетние травянистые растения, древесные и кустарниковые породы. Обследование растительности дамб и самого золоотвала показало, что на них в основном растут однолетние и многолетние травянистые виды, не представляющие хозяйственной ценности; отмечены также всходы осины, ивы козьей, березы бородавчатой. Из этих видов на чистой золе обнаружены на 1 $м^2$ *Tussilago farfara* в количестве до 8 растений, *Chenopodium album* до 50, *Atriplex rosea*

до 30, *Salex caprea* до 9, осина до 8. Именно с таких видов начинается самозарастание отвалов, но этот процесс очень длительный и растягивается на десятки лет. Консервация поверхности золоотвала путем нанесения какого-либо покрытия (почва, торф), применение минеральных удобрений и посев многолетних растений обеспечивают гораздо более быстрое зарастание и создание полноценных искусственных растительных сообществ.

Опыты по искусственному заращиванию золоотвала были заложены на делянках площадью 100 *м*² в трех повторностях, а для контроля использовали делянки площадью 1 *м*² по схеме: 1) зола + покрытие 2 *см* почвы; 2) зола + NPK из расчета 90 *кг* действующего начала на 1 *га*; 3) зола без покрытия (контроль); 4) почва (контроль). Во всех вариантах высеяны (двойная норма семян, летний посев 24—26 июня) многолетние злаковые и бобовые травы в чистом виде и травосмесях:

	Норма высева, *кг/га*
Festuca rubra	30
F. pratensis	50
Bromus inermis	30
Oncbrychis arenaria	160
Agropyrum pectiniforme	24
A. tenerum	50
Rcegneria fibrosa	30
Medicago media	30
Dactylis glomerata	30
Trifolium pratense	32

Травосмеси: *Medicago media+Festuca rubra+Agrcpyrum pectiniforme: Medicago media+Festuca pratensis+Roegneria fibrcsa; Medicago media+Rcegnera fibrcsa; Oncbrychis arenaria+Rcegneria fibrosa.*

Семена трав приобретены на Карабалыкской сельскохозяйственной опытной станции Кустанайской области.

В методику наблюдений за культурами входило измерение высоты 30 растений, подсчет побегов и листьев, измерение длины соцветий, учет массы растений, а также регистрация фаз развития.

Микроклиматические наблюдения проводились один раз в пятидневку в 12 *ч*; показания брались по вариантам (на открытой площади и в травостое). Температура субстрата измерялась на различных глубинах по вариантам при помощи термощупов.

Анализ данных табл. 1 показывает, что под травостоем температура субстрата в 1,5 раза ниже, чем на открый поверхности золоотвала. Это

Таблица 1

Средняя температура субстратов на разных глубинах за вегетационный период (май—август) 1966 г., °С

Вариант опыта	На поверхности		5 *см*		10 *см*		15 *см*		20 *см*		25 *см*	
	а	*б*	*а*	*б*	*а*	*б*	*а*	*б*	*а*	*б*	*а*	*б*
Чистая зола	20,9	25,9	21,5	24,9	17,5	20,6	16,6	18,6	16,0	18,1	15,7	17,1
Зола+2 *см* почвы	22,1	25,5	18,0	23,7	17,7	20,5	16,9	18,9	16,3	18,2	15,8	17,4
Почва (контроль)	20,5	27,5	19,2	25,1	18,0	21,2	17,5	19,8	17,0	18,7	16,8	18,1

Примечание. Участки с травостоем — *а* и без него — *б*.

несомненно благоприятно отражается на развитии корневых систем испытываемых растений. На открытой поверхности температура воздуха колеблется в среднем от 20 до 25°, а под травостоем от 11 до 23°, т. е. травостой несколько смягчает амплитуду колебаний.

Таблица 2

Средние показатели влажности субстратов на разной глубине за вегетационный период (июнь—август) 1966 г., %

Вариант опыта	0—5 *см*		5—10 *см*		10—20 *см*		20—40 *см*	
	а	*б*	*а*	*б*	*а*	*б*	*а*	*б*
Чистая зола	33,4	29,1	33,1	21,5	36,7	31,5	33,8	26,4
Зола+2 *см* почвы	27,3	26,9	27,3	31,0	35,1	24,8	34,7	32,6
Почва (контроль)	19,3	20,7	17,9	23,0	19,2	22,4	21,5	24,1

Примечание. Участки с травостоем — *а*, без него — *б*.

Влажность субстрата измеряли один раз в 10 дней (данные наблюдений за 1966 г. сведены в табл. 2). Если для плотных золоотвалов ранее была отмечена тенденция к повышению влажности субстрата с глубиной, то на рыхлых субстратах изученного золоотвала строгой закономерности в этом отношении не обнаружено. На участке без травостоя влажность субстрата оказалась несколько ниже, чем под травостоем. Таким образом, на 3-м году жизни опытные посевы стали оказывать преобразующее влияние на среду золоотвала, формируя свой микроклимат, более благоприятный для развития растений, чем на окружающем открытом пространстве.

Наблюдения за растительностью опытных участков на золоотвале длились три года (1964—1966). В первый год жизни наблюдения велись только за бобовыми растениями, так как злаки (*Bromis inermis*, *Roegneria fibrosa* и др.) из-за засушливого лета дали плохие, изреженные всходы. Бобовые же (*Medicago media*, *Onobrychis arenaria*, *Trifolium pratense*) к концу вегетации образовали зеленый травостой, высотой до 10 *см*. На одно растение у них приходилось по пять-шесть листьев. Злаки к этому времени сформировали всего по два листа, высота растений не превышала 5—6 *см*. В таком состоянии культуры ушли в зиму. После перезимовки на второй и третий годы жизни хорошо развивались как бобовые, так и злаки, что позволило провести полные наблюдения за всеми культурами по вариантам. Результаты проследим на примере развития культур третьего года жизни.

Массовое отрастание растений началось в мае и шло довольно медленно, что можно отнести за счет очень холодной затяжной весны. Лучшее отрастание было на золе с почвенным покрытием. В фазу отрастания и колошения в варианте с удобрением произведена подкормка растений аммиачной селитрой из расчета 45 *кг* действующего начала на 1 *га*. На действие удобрений растения немедленно ответили дружным побего- и листообразованием. На одно растение приходилось в среднем от 10 до 14 побегов, а иногда до 35. Массовое колошение злаков в варианте с почвенным покрытием отмечено 15 июня, а с удобрением 27; цветение, соответственно, 27 июня и 7 июля, созревание 10 и 12 июля. Растянутость периода цветения можно отнести за счет дождливой погоды. Наибольшая высота злакового травостоя в фазу цветения 70—95 *см*. Средняя урожайность злаков в фазу массового цветения в варианте с почвенным покрытием 37 *ц*, а на золе с удобрением 85 *ц* зеленой массы в пересчете на 1 *га*. Формирование плотного дернового покрытия способствовало прекращению развевания золоотвала ветром на участках, занятых опытными посевами.

Бобовые культуры, как было отмечено, начали хорошо развиваться уже в год посева. После перезимовки на второй год жизни оказалось, что *Onobrychis arenaria* вымерз и сохранились лишь отдельные пятна его (площадь 0,5—1 $м^2$). Прижившиеся растения благополучно перенесли вторую зиму. Отмечено самовозобновление растений из семян. На третий год жизни

бобовые, особенно *Medicago media* и *Trifolium pratense*, образовали густой зеленый ковер.

В период отрастания и бутонизации в варианте с удобрением проведена подкормка аммиачной селитрой из расчета 45 *кг* действующего начала на 1 *га*. Массовая бутонизация *Onobrychis arenaria* отмечена 15 июня, *Medicago media* и *Trifolium pratense* — 7 июля. Массовое цветение (соответственно, 27 июня и 29 июля) было очень растянуто. Средняя урожайность бобовых в фазу массового цветения в варианте с почвенным покрытием составила 230 *ц*, а с удобрением — 320 *ц* зеленой массы, в пересчете на 1 *га*.

Результаты по варианту с чистой золой практического значения не имеют. Из всех растений в нем развилась только *Medicago media*, которая образовала довольно большую надземную массу, обильно цвела и плодоносила. Остальные культуры или выпали (*Onobrychis arenaria*, *Dactylis glomerata*), или их растения достигли всего 19—20 *см* высоты и дали за три года жизни всего по 5—8 листьев, хотя единичные экземпляры колосились (*Roegneria fibrosa*, *Bromus inermis*).

В 1964 г. так же был заложен опыт по выращиванию древесных и кустарниковых растений. На золоотвале были высажены саженцы клена американского, вяза мелколистого (*Aser negundo*, *Ulmus pinnatoramosa*), яблони (*Malus silvestris*), осины, козьей ивы, березы бородавчатой, а в 1966 г. подсажены таволга (*Spiraea salicifolia*), сирень обыкновенная, садовая, ясень (*Fraxinus rhynchophylla* Hance), ольха серая.

Всего было высажено 50 саженцев и, кроме того, 317 черенков пяти видов ив, все они получены из Ботанического сада Уральского филиала АН СССР (г. Свердловск). Большинство высаженных саженцев (40) и черенков (158) хорошо прижилось и в течение трех лет дают ежегодный прирост. Так, на третий год жизни прирост осины составит до 63 *см*, клена — 40, березы — 82, некоторые из черенков ив — 72 *см*. Особенно хорошо прижились черенки (*Salix microstachya* и *S. purpurea* × *S. caspica*). Эти виды вполне можно рекомендовать для озеленения золоотвалов.

С целью придания стационару декоративного вида и испытания цветочных культур на золоотвале были сделаны клумбы из почвы с золой высотой до 30 *см*. На них высевались семена различных многолетников, показавшие вполне удовлетворительный рост. Хорошо зарекомендовали себя *Zinnia*, *Casmea*, *Coreopsis*, *Taqetes*: высота 40—100 *см*, цвели и плодоносили.

Выводы

1. Из испытанных в условиях рыхлого золоотвала Южно-Кузбасской ГРЭС вариантов посевов травянистых растений (чистая зола, зола + почвенное покрытие и зола + удобрение) положительные результаты были получены только на участках с покрытием почвой или с применением удобрения. Использование этих вариантов для задернения поверхности золоотвалов даст возможность в короткий срок прекратить развевание золы ветрами, т. е. устранить вредное действие «зольных бурь» на санитарное состояние пригородных зон.

2. Из многолетних травянистых растений для заращивания поверхности золоотвалов можно рекомендовать из злаков: костер безостый, овсяницу луговую и регнерию волокнистую, из бобовых — люцерну и клевер луговой. Из древесных и кустарниковых пород для выращивания можно использовать клен ясенелистный, березу бородавчатую, иву козью, осину и яблоню сибирскую. Из цветных культур — обычные сорта циннии, бархатцев, космеи. Таким образом, консервация поверхности золоотвалов с помощью травянистой и древесной растительности возможна. За три года на опытных участках получен устойчивый растительный покров, прочно закрепивший поверхность золоотвала.

АКАДЕМИЯ НАУК СССР
УРАЛЬСКИЙ ФИЛИАЛ

РАСТИТЕЛЬНОСТЬ И ПРОМЫШЛЕННЫЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ 1970

С. Я. БЕСПРОЗВАНА

Уральский государственный университет, Свердловск

БОБОВЫЕ КУЛЬТУРЫ НА ЗОЛООТВАЛЕ ЮЖНОУРАЛЬСКОЙ ГРЭС

Южноуральская ГРЭС расположена в степной засушливой части Челябинской области. Помимо малого количества осадков (300—400 *мм* в год) для нее характерны сильные ветры в течение теплого периода года (штилевых дней в мае 13%, июне 10%, июле 11% и августе 16%), скорость которых достигает 15 *м/сек* (май). В топках ГРЭС сжигается большое количество челябинского каменного угля с зольностью 30%. Зола складывается в отвалы в непосредственной близости от электростанции. Площадь золоотвала, на котором расположен исследовательский стационар 69 *га*, толщина слоя золы 10 *м*.

Зола представляет собой пылевидную массу темно-серого цвета с большим включением шлака и несгоревших частиц угля. Транспортировка золы на золоотвал производится методом гидрозолоудаления. В связи с этим из нее вымываются растворимые соединения, так как гидрозолоудаление ведется под напором горячей воды с добавлением щелочи, чтобы избежать преждевременной коррозии труб. Сразу же после высыхания верхнего слоя зола на золоотвале начинает пылить и переносится ветром на большие расстояния, загрязняя воздух и почвы. Она оседает на растениях и резко ухудшает санитарные условия жизни населения.

Основными неблагоприятными показателями зольного субстрата для растений являются его бесструктурность, слабая водообеспеченность, отсутствие органических соединений, низкое содержание элементов минерального питания, особенно азота (табл. 1).

Таблица 1

Основные химические константы золы золоотвала Южноуральской ГРЭС

Образец	Полуторные окислы	Окись кальция	Окись магния	Окись калия	P_2O_5, *мг*/100 *г*	Азот общий, %
	%					
Горизонт 0—10 *см*	27,40	5,80	2,28	0,045	0,150	0,2520
Горизонт 20—25 *см*	21,42	3,97	1,90	0,141	0,257	0,2850
Из-под посева люцерны синегибридной	19,80	5,35	2,20	0,091	0,220	0,0053

Этими отрицательными свойствами золы, как субстрата, объясняется крайне медленное заселение золоотвалов естественной растительностью, которое начинается только через несколько лет после окончания эксплу-

атации золоотвала. Особенно сильно страдают растения в первый год жизни, когда их корневая система не может как следует закрепиться в рыхлом субстрате под порывами сильного ветра. Это является основной причиной сильного изреживания всходов в первый год жизни. Кроме того, большой вред растениям приносит иссекающее действие частиц золы, переносимых ветром по поверхности золоотвала.

Для закрепления поверхности золоотвала и прекращения его пыления проводятся опытные работы по биологической консервации[1]. Наблюдая в течение ряда лет за развитием опытных растений, выращиваемых на золе каменного угля с органическим покрытием ее слоем 2—5 *см*, мы пришли к выводу, что растения, испытывая влияние специфических особенностей местообитания, значительно меняют свои биологические свойства. Учитывая, что в золе практически отсутствует азот, на золоотвале в первую очередь мы испытывали бобовые растения: синегибридную люцерну *(Medicago media)*, песчаный эспарцет *(Onobrychis arenaria)*, белый и желтый донники *(Melilotus albus, M. officinalis)*, однолетний и многолетний люпины *(Lupinus lutens, L. polyphyllus)*. Кратко изложим результаты наших наблюдений.

1. Анализ растений второго года жизни (табл. 2) показал, что несмотря на низкое содержание элементов питания в золе, растения содержат их в в достаточном количестве. Особенно сильным азотонакопителем проявили себя донники.

Таблица 2

Результаты анализов растений с золоотвала ЮУГРЭС, % на сухое вещество

Растение	Азот	Протеин	P_2O_5	K_2O
Эспарцет песчаный	1,7	10,6	0,2	0,91
Донник белый и желтый . .	2,5	15,6	0,2	1,23
Люцерна синегибридная . .	1,5	9,4	0,2	0,98

Бобовые растения способны при определенных условиях сделать усвояемыми труднорастворимые элементы. Валовой анализ золы говорит о довольно высоком содержании в ней элементов в различных соединениях.

2. Основным хозяйственно важным показателем роста и развития растений является накопление зеленой массы, в частности листьев. В условиях золоотвала отрицательное влияние всех факторов среды, окружающей растения, существенно сказывается на строении их надземной части.

Площадь листьев у люцерны синегибридной с золоотвала в фазе вегетации в 29 раз, а в фазе цветения в 16 раз меньше, чем у растений на почве в контроле (табл. 3). Малая ассимиляционная поверхность является одной из причин низких урожаев надземной массы люцерны в варианте зола + почва. В этом варианте площадь листьев увеличивается с момента отрастания до цветения в 4,9 раза, к фазе плодоношения нарастание площади идет еще быстрее (в 12,1 раза), в течение всего вегетационного периода она увеличивается в 59,3 раза. В контроле на почве общая облиственность значительно больше, чем на золоотвале, и нарастание площади листьев в период весеннего отрастания идет более интенсивно, в фазе же цветения оно замедляется примерно в 2 раза в сравнении с золоотвалом.

Как указывают Е. Я. Ильина и Д. Г. Русова (1965), площадь листьев люцерны в обычных почвенных условиях достигает максимума уже в период

[1] Работы проводились с 1964 г. под руководством В. В. Тарчевского (Уральский государственный университет им. А. М. Горького).

Таблица 3

Средняя площадь листьев люцерны синегибридной по фазам вегетации и вариантам опыта

Вариант и год опыта	Вегетация	Цветение	Увеличение, раз	Плодоношение, *см*²	Увеличение по сравнению	
	*см*²				цветением	вегетацией
Зола + почва, 3-й год жизни	45,20	222,00	4,9	2682,8	12,1	59,3
Почва (контроль), 3-й год жизни	1342,01	3628,54	2,6	—	—	—

цветения; далее площадь сокращается, что связано с отмиранием листьев. А. И. Сметанникова (1950) указывает, что люцерне свойственна потеря листьев ко времени цветения, в зависимости от сорта, возраста растений, агротехники и погодных условий. В наших опытах в варианте зола+почва увеличение площади листьев у люцерны продолжается в фазу плодоношения за счет усиления побегообразовательной деятельности и интенсивного ветвления во второй половине лета.

Таблица 4

Количество междоузлий у растений (в обоих вариантах)	Длина междоузлий, *см*	
	почва	зола+почва
8	4,8	2,7
8	4,4	2,8
12	4,1	1,8
12	4,3	2,8
16	3,5	1,7
21	3,5	2,2
Среднее . . . 12,8	4,1	2,3

3. Наблюдая за ростом в высоту у растений на зольном субстрате в течение ряда лет, мы отмечали значительное их отставание от контрольных растений на почве. Нас заинтересовал вопрос, за счет чего растения в варианте зола + почва в среднем в 2 раза ниже, чем растения на почве. Все измерения и подсчеты проводили на люцерне синегибридной третьего года жизни в фазу цветения. Растения срезали подряд, на всех побегах измеряли высоту, подсчитывали число междоузлий на побеге, величину последних. Все измерения и подсчеты проводили на побегах первого порядка. Из общего, большого ряда измерений были выбраны и затем отдельно сравнивались побеги приблизительно равной высоты из обоих вариантов.

Оказалось, что побеги приблизительно одной и той же высоты из варианта зола + почва имеют почти в 2 раза большее число узлов, чем побеги растений, выросших в контроле на почве. Так, у растений со средней высотой в опыте 53,3 *см* и контроле 55,4 *см*, число междоузлий оказалось, соответственно, 22,1 и 12,7.

Закладка узлов побегов на зольном субстрате идет интенсивнее, чем в контроле на почве. На побегах с одинаковым числом узлов в обоих вариантах длина междоузлий у растений на золоотвале оказалась в 2 раза меньшей, чем в контроле на почве (табл. 4). Таким образом, отставание роста в высоту связано с замедленным ростом тканей междоузлий. Очевидно, специфическое действие зольного субстрата отражается не на ходе развития основных процессов жизнедеятельности растений люцерны, а лишь на ростовых процессах.

Указанные особенности роста и развития растений, выращенных на золоотвалах, бесспорно говорят о том, что действующие в этих условиях фак-

торы сказываются неодинаково на различных этапах органогенеза, вызывая появление новых свойств, которые необходимо изучить.

ЛИТЕРАТУРА

Ильина Е. Я., Русова Д. Г. Сезонные и возрастные изменения листовой поверхности синегибридной люцерны.— Научн. докл. высшей школы, Биологические науки, 1965, № 4.

Сметанникова А. И. Рост и накопление массы у компонентов травосмеси в зависимости от их процентного соотношения.— Труды БИН СССР, сер. 4, Эксперимент. ботаника, 1950, вып. 7.

АКАДЕМИЯ НАУК СССР
УРАЛЬСКИЙ ФИЛИАЛ

РАСТИТЕЛЬНОСТЬ И ПРОМЫШЛЕННЫЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ 1970

Т. С. ЧИБРИК

Уральский государственный университет, Свердловск

ВЛИЯНИЕ ПОЛИВА ЗОЛЫ СТОЧНЫМИ ВОДАМИ НА ФОРМИРОВАНИЕ ПОБЕГОВ КОСТРА БЕЗОСТОГО И ПЫРЕЯ ПОЛЗУЧЕГО НА ЗОЛООТВАЛЕ НИЖНЕ-ТУРИНСКОЙ ГРЭС

На Урале большие площади занимают золоотвалы тепловых электростанций, располагающиеся вблизи населенных пунктов и служащие источником загрязнения воздуха и почвы. Одним из способов подготовки золоотвалов для последующего озеленения является орошение их сточными водами. Впервые такое орошение было применено на золоотвале Нижней-Туринской ГРЭС (Хамидулина, 1966). В вышеуказанной и ряде других работ (Тарчевский, 1964) дается характеристика субстрата золоотвала и сточных канализационных вод, приводится их химический состав. Намыв золоотвала Нижне-Туринской ГРЭС закончен в 1955 г. В настояще время наблюдается его естественное самозарастание, однако, растительный покров довольно беден. Полив сточными водами положительно влияет на процесс естественного зарастания данного золоотвала, улучшает видовой состав и обеспечивает лучший рост и развитие отдельных растений.

Цель настоящей работы — выяснить влияние полива сточными водами на формирование морфологической структуры отдельных видов луговых злаков, в частности, костра безостого и пырея ползучего. Эти злаки на золоотвале появляются одними из первых и, благодаря формированию корневищ, способны к быстрому заселению поверхности золоотвала; кроме того они весьма ценны в кормовом отношении. Основной морфологической структурной единицей луговых злаков является побег. От темпов формирования побегов в конечном счете зависит структура растения и его продуктивность, поэтому основное внимание в данной работе обращено на формирование побегов.

Методика и объекты исследования. Наблюдения за растениями костра и пырея проводились на золоотвале Нижне-Туринской ГРЭС. Растения взяты с участков естественного зарастания без полива и с поливом сточными водами. Их осторожно откапывали с сохранением всех корней и корневищ. При морфологическом анализе определяли число и тип надземных побегов, измеряли их высоту. Подсчитывали количество живых листьев, измеряли длину и ширину каждого из них и вычисляли ассимилирующую поверхность всего растения в целом. При анализе растений определяли количество подземных побегов (корневищ), измеряли длину и подсчитывали число узлов каждого из них. Повторность в каждом варианте пятикратная.

Результаты наблюдений. Положительное влияние полива сточными водами определяется тем, что создается оптимальная влаж-

ность грунта и вносится небольшое количество азота, а зольный субстрат чрезвычайно беден питательными веществами, особенно азотом. Положительное влияние оптимальной влажности почвы на формирование побегов костра безостого отмечено ранее (Лебедев, Боровская, 1961; Чибрик, Бабец, 1966). Подобного рода работ о пырее ползучем не встречено.

Создание условий оптимального увлажнения при поливе сточными водами оказывает существенное положительное влияние на формирование побегов костра и пырея и на таком специфическом субстрате, как каменноугольная зола упомянутого золоотвала. Полив сточными водами способствует ростовым процессам, вследствие чего значительно возрастает высота их типов побегов (табл. 1) как костра, так и пырея. Наибольшую высоту имеют генеративные побеги.

Таблица 1

Влияние полива сточными водами на структуру побегов костра и пырея

Показатель	Костер безостый		Пырей ползучий	
	зола	зола+почва	зола	зола+почва
Количество побегов, *шт*	34,0	53,5	50,5	78,5
В том числе:				
генеративных	7,0	22,0	17,5	23,0
вегетативных удлиненных	8,0	18,5	9,5	17,0
вегетативных укороченных	19,0	13,0	23,5	38,5
Высота побегов, *см*:				
генеративных	60,8	108,5	57,8	76,3
вегетативных удлиненных	43,6	79,7	31,5	63,1
вегетативных укороченных	16,4	28,0	11,0	38,4

Общее количество побегов обоих злаков возрастает более, чем в 1,5 раза, при этом существенно изменяется структура побегов. Возрастает у костра абсолютная величина и доля генеративных побегов, которые на золе без полива составляют 20, а с поливом — 41%. Полив сточными водами изменил структуру побегов пырея в меньшей степени, в этом случае доля генеративных побегов уменьшилась на 5% при увеличении их абсолютного числа. Оптимальное увлажнение золы оказало положительное влияние на формирование соцветий костра и пырея (табл. 2), возросла длина соцветия, число узлов и колосков в нем. Особенно значительно увеличилось число цветков (в соцветии костра на 82%, пырея на 48%). Все это создает предпосылку для повышения семенной продуктивности растений костра и пырея.

Таблица 2

Влияние полива золы сточными водами на формирование соцветий костра и пырея

Вид злака	Вариант	Длина, *см*	Число		
			узлов	колосков	цветков
Костер безостый	Зола	9,8	4,5	13,7	60,0
	Зола+полив	13,8	5,0	17,4	109,5
Пырей ползучий	Зола	6,2	11,9	11,9	35,9
	Зола+полив	10,2	13,3	13,3	53,1

Некоторые авторы отмечают очень тесную корреляцию ассимилирующей поверхности и продуктивности растений (Ничипорович, 1956).

Оптимальное увлажнение, способствуя ростовым процессам, значительно увеличивает среднюю площадь листовой пластинки и общую ассимилирующую поверхность растения. Аналогичная закономерность проявилась и при поливе золы сточными водами (табл. 3). При этом более, чем в три раза возрастает общая ассимилирующая поверхность костра и пырея, наблюдается увеличение средней площади листовой пластинки, возрастает обеспеченность побегов продуктами ассимиляции, так как увеличивается площадь листовых пластинок, приходящаяся на один надземный побег, у пырея в 1,7, а у костра в 2,4 раза, что способствует повышению продуктивности растений.

Таблица 3

Влияние полива сточными водами на формирование ассимилирующей поверхности костра и пырея

Вид злака	Вариант	Количество листьев растения	Площадь, *см*²		
			листьев растения	одного листа	листьев одного побега
Костер безостый	Зола	169,0	530,9	3,1	15,6
	Зола+полив	397,0	2072,0	5,2	38,3
Пырей ползучий	Зола	190,5	474,8	2,5	9,4
	Зола+полив	320,0	1295,0	4,0	16,5

Большое значение для быстрого заселения золоотвалов у костра и пырея имеет наличие корневищ. От количества, длины и числа узлов на корневищах зависит способность этих злаков к вегетативному возобновлению. Оптимальное увлажнение почвы способствует росту корневищ (Чибрик, Бабец, 1966).

Таблица 4

Влияние полива сточными водами на формирование корневищ костра и пырея

Вид злака	Вариант	Количество корневищ одного растения	Длина корневищ одного растения	Средняя длина одного корневища	Число узлов на корневищах одного растения
			см		
Костер безостый	Зола	23,5	347,6	14,7	61,0
	Зола+полив	96,5	1224,7	12,8	151,0
Пырей ползучий	Зола	72,5	1787,0	24,6	811,0
	Зола+полив	142,0	4586,5	32,3	1220,0

Аналогично влияет оптимальное увлажнение на таком специфическом субстрате, как зола. При поливе сточными водами значительно увеличилось число корневищ обоих злаков (табл. 4). При этом в 3,5 раза возросла длина корневищ костра и в 2,5 раза — пырея, в 1,5—2 раза повысилось число узлов, что косвенно позволяет судить о количестве почек на корневищах. Полив сточными водами способствует росту корневищ. В этих условиях корневища костра длиной свыше 20 *см* составляют 22,1%, без полива все корневища менее 20 *см*. Увеличение доли длинных корневищ наблюдается и у пырея.

Выводы

1. Оптимальное увлажнение золы сточными водами положительно сказывается на формировании надземных побегов костра и пырея: увеличивается их количество и высота, изменяется структура побегов, осо-

бенно у костра. Генеративные побеги при поливе образуют лучше сформированные соцветия.

2. В условиях полива формируется большая по величине ассимилирующая поверхность, увеличивается не только количество, но и площадь листовых пластинок.

3. Оптимальное увлажнение способствует образованию и росту корневищ, возрастает количество их и общая длина, увеличивается число узлов, а следовательно, и почек на корневищах, повышается доля длинных корневищ. Все это обеспечивает более интенсивное и быстрое зарастание золоотвала.

ЛИТЕРАТУРА

Лебедев П. В., Боровская Т. А. Влияние азота и влажности почвы на побегообразование и продуктивность костра безостого.— Бот. ж., 1961, **46**, № 9.

Ничипорович А. А. Фотосинтез и теория получения высоких урожаев.— Тимирязевские чтения, № 15. М., Изд-во АН СССР, 1956.

Тарчевский В. В. Биологические методы консервации золоотвалов тепловых электростанций Урала.— Растения и промышленная среда. Свердловск, 1964.

Хамидулина М. В. Рост и развитие многолетних злаковых и бобовых растений на золе с поливом сточными водами.— Растительность и промышленные загрязнения, вып. 5. Свердловск, 1966 (Урал. фил. АН СССР).

Чибрик Т. С., Бабец М. С. Особенности морфогенеза побегов костра безостого (*Bromus inermis* Leyss.) в зависимости от влажности почвы.— Зап. Свердл. отд. ВБО, 1966, вып. 4.

АКАДЕМИЯ НАУК СССР
УРАЛЬСКИЙ ФИЛИАЛ

РАСТИТЕЛЬНОСТЬ И ПРОМЫШЛЕННЫЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ 1970

Г А. ЗАЙЦЕВ
Центральная лаборатория охраны природы, Москва

МИКРОФЛОРА ОТВАЛОВ ОТКРЫТЫХ УГОЛЬНЫХ РАЗРАБОТОК

Начиная с 1965 г., на отвалах открытых угольных разработок и терриконах шахт Подмосковного бассейна в Тульской области проводятся исследования биологической активности грунтов и микрофлоры. В Центральной лаборатории охраны природы МСХ СССР ведутся работы по созданию растительного покрова на отвалах.

Как показали наблюдения в Подмосковном бассейне, одним из важнейших отрицательных факторов, ограничивающих возможности создания растительного покрова на отвалах, являются процессы окисления сульфидов железа в горных породах, попавших в отвалы и терриконы из надугольных горизонтов. В связи с этим при изучении биологической активности грунтов в первую очередь нами было обращено внимание на процессы окисления сульфидов и выявление роли тионовых бактерий в них.

В настоящее время накоплен большой материал, свидетельствующий о важной роли тионовых бактерий в окислении сульфидов и, в частности, сульфидов железа в угольных месторождениях. Как хемоавтотрофы они не только используют для своего развития энергию, выделяющуюся при окислении восстановленных соединений серы, но и осуществляют этот процесс в условиях сильно кислой среды, когда чисто химически окисление не проходит.

Темпль и Дельшамп (цит. по Кузнецову и др., 1962) считают, что на первом этапе происходит химическое окисление, при котором пирит или марказит превращаются в сульфат закиси железа, окисляющегося в кислой среде под действием *Thiobacillus ferrooxidans* до сернокислого окисного железа. По мере образования последнее реагирует с пиритом, при этом сульфат окиси железа восстанавливается, а пирит окисляется. Часть сульфата окиси железа гидролизуется до основного сульфата железа. Практически гидролиз может идти до гидроокиси железа. Степень гидролиза зависит от соотношения закисной и окисной форм железа, содержания сульфатов, кислотности и буферной способности воды. Образовавшаяся при окислении пирита элементарная сера чаще всего не вступает в реакцию с сульфатом окиси железа, а окисляется до серной кислоты под действием *Thiobacillus thiooxidans.*

Опыты многих исследователей показывают, что развитие тионовых микроорганизмов в значительной мере ускоряет процесс окисления пирита по сравнению с чисто химическим окислением. Ашмид (цит. по Кузнецову и др., 1962) установил, что при окислении дренажными водами высокосернистых углей в шахтах Шотландии на каждую тонну серной кислоты, об-

разуемой химически, четыре тонны образуются под действием бактерий, т. е. окисление усиливается в пять раз.

Илнер (Illner, 1965), ссылаясь на работы Мархлевитца, Швартц и Хаше, прямо указывает, что тионовые бактерии ускоряют процесс окисления пирита в смеси почвы с углисто-мергелистыми миоценовыми песками в отвалах.

Тионовые бактерии достаточно широко распространены в природе. Н. Н. Ляликова (Кузнецов и др., 1962) обнаружила *Th. ferrooxidans* в Подмосковном угольном бассейне, в месторождении бурого угля в Кабарде, в Кизеловском угольном бассейне и в Донбассе. Этот организм также широко распространен в колчеданных месторождениях Среднего Урала, в медно-никелевых месторождениях Кольского полуострова и редкометальных и медных месторождениях Казахстана.

Исследования проводились по двум направлениям: 1) изучение распространения тионовых микроорганизмов в грунтосмесях отвалов и терриконов и 2) изучение влияния тионовых бактерий на окисление сульфидизированных грунтов в коренном залегании и в отвалах.

На отдельных участках Кропотовского и Бегичевского месторождений бурого угля сульфиды железа, в основном пирита, в количествах до 1—2% и более обнаружены в грунтах бобриковского горизонта и некоторых отложениях тульского горизонта яснополянского яруса нижнего отдела каменноугольной системы, разрушаемых в процессе вскрывания угольного пласта. Мощность этих отложений в среднем составляет около 30% мощности вскрываемой толщи по обоим месторождениям. В отвалы по условиям применяемых систем вскрышных работ могут попасть грунты с сульфидами из верхней части бобриковского горизонта и всего залегающего выше тульского горизонта. Это — надугольные глины, серый кварцевый песок и уголь. Все они отнесены в третью группу токсичных для растений грунтов согласно классификации, разработанной агрохимиками Центральной лаборатории охраны природы.

Образование сульфидов железа могло происходить только в условиях резко выраженной восстановительной среды. Граница окислительной и восстановительной зон в Подмосковном бассейне проходит по верхней части бобриковского горизонта. Эта граница хорошо различима на профиле разрезной траншеи по цвету слагающих вскрываемую толщу горных пород. В зоне окисления грунты светлые, ожелезненные. В зоне восстановления горные породы окрашены в темно-серый цвет и содержат сульфиды.

При проведении горных работ в углеразрезах надугольные горизонты с сульфидизированными грунтами открываются для воздействия грунтовыми водами и воздухом на значительных площадях. Естественно предположить, что в обнажениях на борту разрезной траншеи может происходить окисление сульфидов. Однако результаты наших исследований не дают достаточных оснований утверждать это. Активная реакция сульфидизированных грунтов в коренном залегании близка к нейтральной, водорастворимых сульфатов очень мало (0,05—0,07%), железа и алюминия нет. Окислительно-восстановительные условия в горизонтах, обнаженных горными работами, близки к анаэробным (rH_2 10—12).

Нами не выделены тионовые микроорганизмы из образцов сульфидизированных грунтов в коренном залегании. По всей видимости, окисление этих грунтов протекает очень медленно или отсутствует вообще, и роль тионовых микроорганизмов незначительна даже на обнажениях надугольных горизонтов.

Распространение тионовых микроорганизмов в окисляющихся надугольных грунтах в отвалах и терриконах изучалось путем отбора образцов грунтов и высевов из них на две среды Летена для *Th. ferrooxidans* и

Вексмана с серой для *Th. thiooxidans* в пробирках. Из отдельных образцов сделаны посевы на среду Бейеринка для выявления *Th. thioparus*. Из каждого образца сделаны следующие определения: pH, окислительно-восстановительный потенциал в месте отбора образца, обменная кислотность по А. В. Соколову, водорастворимые сульфаты по стандартной шкале мутности от хлористого бария, сульфидная сера по методике, описанной Кнабе (Knabe, 1959). Все определения проделаны в поле.

Мощность вскрываемой толщи на Ушаковском и Кимовском углеразрезах, где проводились наши исследования, колеблется от 15 до 40 *м*. Поэтому в отвалы попадают перемешанные в самых разнообразных пропорциях грунты из разрушаемых в процессе вскрышных работ горизонтов. Применяемые в Подмосковном бассейне бестранспортные системы вскрышных работ приводят к тому, что на поверхность отвалов выносится значительное количество сульфидизированных грунтов. Изучение поверхностного слоя разровненных отвалов показало, что скопления таких грунтов в отдельных случаях составляют более половины площади отвалов, подготавливаемой для создания на ней растительного покрова.

Скопления сульфидизированных грунтов на поверхности отвалов проявляются в виде бурых, увлажненных даже в сухую погоду, отдельных пятен или скоплений пятен. Места скоплений таких грунтов представляют собой своеобразные зоны незавершенного окисления сульфидов. В буром увлажненном пятне на разровненном отвале Ушаковского углеразреза, отсыпанного примерно 3—4 года назад, в солевой вытяжке обнаружено до 50 *мг* железа, причем в окисной форме 80—100%, до 10 *мг/л* свободной серной кислоты. Реакция среды сохранялась очень кислой (pH 2,2—2,7) по всему профилю, изученному до глубины в 1 *м*. Водорастворимых сульфатов было 0,5—1,0%. Вместе с этим количество сульфидов продолжало оставаться на высоком уровне (0,25—0,5% и более). На отвалах, отсыпанных пять и десять лет назад, в скоплениях сульфидизированных грунтов наблюдалась подобная картина. Эти факты говорят, видимо, о том, что процесс окисления в отвалах растягивается на очень долгое время.

Во всех скоплениях окисляющихся сульфидизированных грунтов в поверхностном слое отвалов обнаружены бактерии *Th. ferrooxidans* и *Th. thiooxidans* в количестве 100 тыс.—1 млн. клеток на 1 *г* грунта. При этом заметных различий в колебании численности бактерий в зависимости от времени окисления грунтов не обнаружено.

Сходную картину представляют собой терриконы. Терриконы угольных шахт в отличие от отвалов сплошь состоят из надугольных грунтов.

Результаты исследований показывают, что процесс окисления сульфидов в терриконах также имеет незавершенный характер. В образцах, взятых с вершины террикона шахты 3-я Люторическая (отработана четыре года назад), pH составил 2,0, в солевой вытяжке было 264 *мг*/100 *г* железа, из них в окисной форме 85%. Из общего содержания серы до 3% окислилось до сульфатов 25%. В грунтах этого террикона продолжает сохраняться значительное количество сульфидов (до 1%). В этих грунтах обнаружены *Th. ferrooxidans* и *Th. thiooxidans* в количестве до 1 млн. клеток на 1 *г* грунта.

Изучение образцов, взятых с террикона шахты 12-я в г. Донском (начата в 1929 г. и отработана в 1952 г.), показало, что в смеси грунтов, которые подвергаются окислению в течение 15—37 лет, продолжает сохраняться сильнокислая среда (pH 2,3—2,4), водорастворимые сульфаты составляют около 10% общей серы. Содержание сульфидов уменьшилось примерно в десять раз по сравнению с грунтами в коренном залегании.

Однако соотношение численности двух исследованных видов микроорганизмов изменялось. В грунтах старого террикона не обнаружено *Th.*

thiooxidans, но численность *Th. ferrooxidans* продолжает сохраняться на высоком уровне (до 100 тыс. клеток). Это явление, очевидно, можно объяснить изменением в соотношении форм серы в процессе окисления сульфидов, возможно, уменьшением количества элементарной серы, за счет которой в основном развивается *Th. thiooxidans*.

Нами изучается биологическая сторона процесса окисления сульфидов железа в некоторых надугольных грунтах в течение первых недель после отсыпки их в отвалы в долгосрочном опыте, заложенном сотрудником Центральной лаборатории А. И. Савичем. Исследованы сульфидизированная темно-серая супесь и серая пластичная глина из верхней части бобриковского горизонта. Грунты были помещены в ящики по 100—120 *кг* в каждом и помещены на отвал Ушаковского углеразреза. Из ящиков отбирались образцы с двух глубин 0—2 *см* и 10—12 *см* в следующие сроки: через 5, 10, 20, 40 и 60 дней. Степень окисления устанавливалась по изменению pH, увеличению обменной кислотности, накоплению окисного железа, а также по изменению соотношений форм серы. Нами сделаны посевы из всех образцов на среды Летена, Ваксмана с серой и часть образцов на среду Бейеринка.

Оказалось, что результаты окисления становятся заметными на пятый день в песке и на двадцатый день в глинах. В супеси за два месяца кислотность увеличилась с 5 до 2,1 pH, перешло в раствор до 500 *мг* железа, причем в окисной форме до 30%. Окислилось до сульфатов от 40 до 80% серы. В глине окисление протекает заметно медленнее. В конце опыта перешло в раствор не более 6 *мг* алюминия, 10 *мг* железа. Сульфаты составили менее 10% общей серы.

Значительно энергичнее окисление протекает на поверхности (0—2 *см*), чем на глубине 10—12 *см*. Особенно заметно это различие в супеси, меньше в глине.

На пятый день наблюдений из всех образцов песка и глины выделены *Th. ferrooxidans* и *Th. thiooxidans* в количествах до 10 тыс. клеток. В дальнейшем количество *Th. ferrooxidans* нарастало пропорционально увеличению кислотности, достигнув максимума 1 млн. клеток на 20-й день в песке и на 60-й день в глине. Численность *Th. thiooxidans* была заметно ниже и сохранялась на протяжении всего опыта в песке до 100 тыс. клеток, а в глине 100—1000 клеток. *Th. thioparus* на протяжении всего опыта не выделялся.

Результаты этого опыта дают основание предполагать, что процесс окисления сульфидов в сульфидизированных грунтах с самого начала имеет биологический характер.

Для проверки этого предположения был проделан опыт по окислению сульфидизированной супеси в лабораторных условиях. Проведено три варианта сравнения в двух повторностях — стерильный грунт; стерильный грунт, зараженный смесью чистых культур *Th. ferrooxidans* и *Th. thiooxidans*, и нестерильный грунт. Грунты были помещены в колбы по 100 *г* в каждую, закрытые ватными пробками. Стерилизация грунта осуществлена в автоклаве при 140° С и давлении 2,5 *атм* в течение 1 *ч*. Для учета испарения в колбы со стерильным грунтом добавлялась дистиллированная простерилизованная вода с формалином (1 1000), в колбы с зараженным грунтом также добавлялась простерилизованная вода, в колбы с нестерильным грунтом — водопроводная.

Сравнение вариантов опыта показывает, что спустя 60 дней кислотность зараженного грунта снизилась с 4,5 (после стерилизации) до 2,2, в солевой вытяжке оказалось 275 *мг* алюминия и 40 *мг* железа, из них в окисной форме около 60%. В то же время в стерильном варианте pH сохранялась 3,5—3,7, в раствор перешло 35 *мг* железа, но окислилось из них только 4%. Нестерильный грунт более 20 дней окислялся очень медленно.

Однако в конце опыта кислотность оказалась 2,2 и окислилось 24% железа, перешедшего в раствор.

Как видно из приведенных данных, окисление сульфидов железа в надугольных грунтах отвалов и терриконов имеет ясно выраженный биологический характер. Тионовые бактерии значительно (почти в три раза) ускоряют окисление сульфидов, по сравнению с нестерильным контролем. Стерильный грунт практически не окислялся. Окисление зараженного грунта в лабораторном опыте протекало с такой же интенсивностью и имело сходный характер как и в полевом опыте, описанном выше.

Резюмируя данные опытов, процесс окисления сульфидов в грунтах отвалов и терриконах представляется нам в следующем виде. Энергичное разложение сульфидов в горных породах легкого механического состава, вынесенных на дневную поверхность, когда pH опускается до двух, происходит в первые двадцать или несколько менее дней. На этой стадии тионовые бактерии резко ускоряют окисление сульфидов по сравнению с чисто химическим окислением. По всей видимости, сначала вступают в реакцию легкоразлагающиеся формы сульфидов типа гидротроелита и мельниковита и, возможно, тонкодисперсного пирита. Затем в условиях сильно кислой среды окисление сульфидов происходит только за счет активности тионовых бактерий, причем решающую роль играет *Th. ferrooxidans*, а активность *Th. thiooxidans*, по всей видимости зависящая от динамики количества элементарной серы, постепенно снижается и сводится на нет в старых терриконах.

Интенсивность биологического окисления, надо полагать, невысока, если учесть, что часть сульфидов разложилась в первые двадцать дней, но достаточная для поддержания кислотности на очень высоком уровне в течение долгого времени, исчисляемого десятками лет. Можно предположить, что на этой стадии происходит окисление в основном трудноразлагаемых сульфидов — пирита и марказита, что во многом определяет затяжной характер процесса. Кроме того, пирит попадает в отвалы и терриконы часто в форме крупных плотных глыб, что также препятствует окислению.

С другой стороны, окислению благоприятствует высокая степень набухания пылеватых надугольных грунтов, которая препятствует вымыванию образующейся серной кислоты из грунтов. В результате этого сохраняется сильнокислая среда, в которой происходит окисление пирита в реакции с сернокислым окисным железом, образующимся под действием *Th. ferrooxidans*.

В сульфидизированных горных породах тяжелого механического состава — глинах и суглинках окисление сульфидов протекает значительно медленнее, чем в песках.

Несомненно, процессы окисления сульфидов в грунтах отвалов, где плотность скоплений надугольных грунтов сравнительно невысока, протекает скорее, чем в терриконах. Так, количество сульфидов в отвалах уменьшилось в 10 раз примерно за 10 лет, в терриконах для этого понадобилось более 30 лет.

Оценивая эти выводы с практической точки зрения, следует подчеркнуть, что развитие тионовых бактерий является главнейшим условием окисления сульфатов. За их счет происходит постоянное образование серной кислоты, и сильнокислая среда сохраняется практически бесконечно долгое время. Это обстоятельство необходимо учитывать при разработке мероприятий по созданию растительного покрова на отвалах, особенно при расчете нормы извести, потребной для создания нейтральной реакции в скоплениях сульфидизированных грунтов. Внесение извести, по нашему мнению, не снизит активности тионовых бактерий, об этом же свидетельствует Илнер (Illner, 1965), но в значительной мере будет способствовать

завершению процесса окисления сульфидов. Но для того чтобы этот процесс завершился, недостаточно нормы извести, рассчитанной на основании единовременных замеров обмена кислотности. Совершенно справедливо Илнер предлагает составлять полный кислотно-щелочной баланс, включающий, с одной стороны, сумму неорганических соединений серы и емкости поглощения, с другой — сумму одновалентных и двухвалентных оснований, и по разности вычислять потребное количество извести.

ЛИТЕРАТУРА

Кузнецов С. И., Иванов М. В., Ляликова Н. Н. Введение в геологическую микробиологию. М., Изд-во АН СССР, 1962.

Illner K. Der zeitige Stand der Verwendung anogranische Zusclagstoffe bei der Recultivierung von Tertiarkippen unter besondere Berucksichtigung der Braunkholenasche.— 2 Internationales Sympozium uber Fragen der Wiedernutzbarmachung von Kippen und Halden in Katowice, 1965.

Knabe W. Zur Wiederbarmachung im Braunkholenbergbau. Berlin, VEB Deutscher Verlag der Wissenschaften, 1959.

АКАДЕМИЯ НАУК СССР
УРАЛЬСКИЙ ФИЛИАЛ

РАСТИТЕЛЬНОСТЬ И ПРОМЫШЛЕННЫЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ 1970

Э. А. ШТИНА
Кировский сельскохозяйственный институт

РАЗВИТИЕ ВОДОРОСЛЕЙ НА ПРОМЫШЛЕННЫХ ОТВАЛАХ

Индустриализация выдвигает новые проблемы и перед биологами. Одной из таких проблем является биологическое освоение промышленных бросовых земель, включая различные промышленные отвалы, состоящие из отбросов производства. Процессы зарастания промышленных отвалов представляют двоякий интерес. Во-первых, изучение этих явлений необходимо для изыскания эффективных способов хозяйственного освоения бросовых участков. Во-вторых, на поверхности безжизненных отвалов можно наблюдать начальные этапы почвообразования и изучить роль различных организмов в этих процессах. Действительно, золоотвалы, шламы и другие минеральные субстраты, образующиеся как отходы промышленности, являются антропогенными аналогами минерального рухляка, возникающего при выветривании массивных кристаллических пород.

Известно, что водоросли являются пионерами растительности и первыми гумусообразователями на выветривающихся горных породах (Полынов, 1945; Таусон, 1948; и др.) и на других чисто минеральных пластах — на речных песках (Штина и др., 1966), на вулканическом пепле и застывшей лаве (Treub, 1888; Maini, 1962), на голых участках тундры и пустыни. По-видимому, такую же роль водоросли играют и на безжизненных субстратах антропогенного происхождения. Водоросли первыми поселяются на выгоревших участках (Fritsch a. Salisbury, 1915; Веретенников, 1963). В районе ядерного взрыва в Неваде первыми на отложившихся перемешанных породах были сине-зеленые водоросли (Shields a. Drouet, 1962).

Естественно предположить, что зарастание промышленных отвалов начинается поселением водорослей. Это тем более вероятно, что в воздухе постоянно присутствуют жизнеспособные почвенные водоросли (до 3000 клеток в 1 $м^3$ воздуха), поднимающиеся с пылью с окружающих полей (Brown et al., 1964).

В связи с работами кафедры ботаники Уральского университета по озеленению зольных отвалов мы провели изучение водорослей, поселяющихся на этих отвалах. Пробы для анализа были собраны В. В. Тарчевским. Исследованы образцы зольных отвалов тепловых электростанций, шламовые отвалы алюминиевых заводов, асбестовый и никельный отвалы, песчаные отвалы с мышьяком и цианистым калием и др.

Методика. Наличие водорослей в образцах определяли культурным методом; использовали два вида культур: водные на среде Данилова и чашечные со стеклами обрастания. В последнем случае субстрат, помещенный в чашки Петри, увлажняли стерильной водой и на поверхности его раскладывали стерильные покровные стекла. По мере появления макроскопически заметного роста проводили микроскопирование культур.

Результаты наблюдений. Водоросли обнаружены почти во всех пробах из поверхностных слоев золы, шлама и др. Состав водорослей и интенсивность их развития различны в зависимости от состава и возраста отвалов.

Зольные отвалы тепловых электростанций. Зола каменного угля содержит почти все необходимые для питания растений элементы, кроме азота; вместе с тем алюминий, железо и марганец содержатся часто в токсических дозах (Тарчевский, 1966а, 1966б). Отсутствие азота, избыток Al, Fe, Mn и особые физические свойства золы, а также высокий pH (7,6—7,9) в KCl обусловливают длительное отсутствие высших растений на золоотвалах. Однако водоросли, начинающие формирование фитоценоза, обнаруживаются даже на свежей чистой золе. Например, на золе Березниковской ТЭЦ, содержащей до 58% SiO_2, до 11% Fe_2O_3 и до 32% Al_2O_3 было найдено восемь видов водорослей. На первых этапах заселения золоотвалов, как показывают примеры пяти объектов, встречаются исключительно две экологические группы водорослей: 1) убиквисты — зеленые и желтовато-зеленые одноклеточные формы и 2) виды *Nostoc* — азотфиксирующей сине-зеленой водоросли. На более старых золоотвалах, особенно во влажные периоды, наблюдается микроскопически заметный налет водорослей (Тарчевский, 1966б), обычно сопровождаемый протонемой мхов.

При зарастании золоотвалов высшими растениями увеличивается разнообразие видов и экологических групп водорослей; сообщество водорослей приобретает характер настоящего эдафона. Так, под опытными посевами трав на золоотвале Березниковской ТЭЦ оказалось 24 вида водорослей, в том числе 7 сине-зеленых, 9 зеленых, 5 желто-зеленых и 3 диатомовых. В некоторых опытах при озеленении золоотвалов вносились удобрения (NPK) или почва слоем 2 *см*. Выяснилось, что эти меры усиливали развитие водорослей; однако участки с NPK и участки с внесенной почвой не имели существенных различий по составу и количеству водорослей, тогда как гетеротрофная микрофлора, по данным В. П. Фирсовой и Г. А. Кулай (1966), наименее интенсивно развивалась при внесении NPK. Ранее было отмечено (Штина, 1959) сильное стимулирующее действие минеральных солей на развитие почвенных водорослей.

Шламовые поля алюминиевых заводов. Свежий шлам имеет щелочную реакцию благодаря избытку каустика и богат полуторными окислами металлов: Fe_2O_3 и Al_2O_3 около 60%. Развитие водорослей на поверхности свежего шлама тоже начинается с поселения зеленых и желто-зеленых водорослей — убиквистов, иногда сопровождаемых мелкоклеточными видами *Phormidium*. Осенью водорослей больше, чем весной. На шламе с добавлением почвы интенсивно развивается *Microcoleus vaginatus*, образуя поверхностные пленки. Добавление минеральных удобрений увеличивает численность водорослей по сравнению с чистым шламом, хотя видовое разнообразие остается небольшим. Как и на золоотвалах, резкое увеличение разнообразия видов и формирование эдафона начинается с поселения высших растений, особенно многолетних трав.

На старом, заросшем растениями шламе, появляются разнообразные сине-зеленые виды *Phormidium* и *Nostoc commune*. По-видимому, шламы разных заводов в разной степени пригодны для жизни водорослей. Так, чистый шлам Богословского алюминиевого завода оказался совсем лишенным водорослей и лишь на тех участках, где старый шлам смешивался с золой, развивается довольно обильно *Chlorella vulgaris*.

Асбестовый отвал. Он состоит из крупных обломков породы, содержащих до 40% MgO и до 42% SiO_2. Все частицы интенсивно обрастают сине-зелеными водорослями — видами *Nostoc* и *Plectonema*. Наряду с ними обильны одноклеточные зеленые.

Песчаные отвалы горно-металлургического комбината. Эти отвалы со-

держат мышьяк и цианистый калий. По данным В. В. Тарчевского (1964), на таких отвалах ничего не растет. Однако во всех пробах пылевидного субстрата обнаружены водоросли. Разнообразие их невелико, но в водных культурах они разрастались очень интенсивно. В субстрате с мышьяком обнаружены: *Phormidium foveolarum*, *Chlamydomonas* sp., *Chlorella terricola*, *Botrydiopsis arriza*. В культурах, инокулированных субстратом с цианистым калием, очень быстро появились сине-зеленые пленки из *Phormidium foveolarum*; кроме того выявлены *Chlorella terricola*, *Borodinella polytetras* и *Botrydiopsis arriza*.

Никелевый отвал. Образцы этого субстрата оказались почти стерильными. Водоросли не обнаружены.

Таким образом, на всех изученных субстратах наблюдалась одна и та же последовательность в развитии ценозов водорослей. Ее можно представить следующими этапами:

1. Заселение субстрата группировкой, состоящей из одноклеточных зеленых (виды *Pleurococcus*, *Chlorella*, реже *Chlorococcum*) и желто-зеленых (виды *Pleurochloris* и *Botrydiopsis*). Эта стадия соответствует аэрофитону.

2. Появление азотфиксирующих водорослей — видов *Nostoc*; иногда, кроме того, одновременно включаются виды *Phormidium*. Этот этап соответствует эпилитофитону — группировке наскальных водорослей, играющей важную роль в накоплении органики и азота на горных породах.

3. Пополнение ценоза зелеными нитчатками. Этот ценоз, совпадающий с поселением высших растений — пионеров, может быть назван примитивным эдафоном.

4. Появление диатомовых водорослей, совпадающее с заселением субстрата многолетними травами; этот период означает формирование эдафона — ценоза почвенных водорослей.

Можно предполагать, что роль водорослей в заселении промышленных отвалов аналогична роли их в освоении других безжизненных субстратов. Во-первых, водоросли выступают как пионеры фотосинтеза и накапливают какое-то количество органического вещества, которое становится «затравкой» для развития гетеротрофной микрофлоры. Микроскопические наблюдения на стеклах обрастания показали, что интенсивное развитие бактерий совпадает с появлением видов *Chlorococcum*, которые обычно обнаруживаются вслед за *Pleurococcus* и *Chlorella*. Пока нет данных о скорости накопления органического вещества водорослями. Можно только сказать, что этот процесс происходит неравномерно, поскольку верхний «обжитой» слой золы и шлама легко поднимается ветром и уносится, и зарастание начинается вновь.

Во-вторых, происходит накопление азота за счет азотфиксации, осуществляемой видами *Nortoc*. Поразительно обязательное присутствие этих водорослей во всех ценозах, развившихся до этапа эпилитофитона. Азотфиксирующая активность проверена на примере *Nostoc punctiforme*, выделенного из золоотвала Березниковской ТЭЦ; за 60 дней он фиксировал 4,3 *мг* азота на 100 *мл* среды, не отличаясь в этом отношении от многих других штаммов этого вида. Гетеротрофные азотфиксаторы и олигонитрофилы в чистой золе отсутствуют или развиты очень слабо (Фирсова и Кулай, 1966); поэтому водорослям на промышленных отвалах принадлежит, должно быть, наиболее важная роль в накоплении азота, который лимитирует здесь рост высших растений.

В-третьих, водоросли способствуют скреплению зольных частиц. Это начинается, по-видимому, тоже на этапе эпилитофитона и осуществляется как слизистыми колониями, так и нитями *Phormidium*. Еще более усиливается эта функция водорослей на третьем этапе — примитивного эндафона, когда появляются и другие нитчатки — *Hormidium* и *Heterothrix*.

Таким образом, водоросли оказывают разнообразное влияние на минеральный субстрат, составляют пионерный ценоз и способствуют формированию естественных фитоценозов. Как показали опыты с удобрением, можно найти некоторые приемы ускорения деятельности водорослей. Естественно, что влияние водорослей на субстрат не прекращается, а наоборот, усиливается при поселении высших растений. По корням водоросли проникают в подповерхностные слои золы и способствуют развитию микрофлоры в этих слоях.

Водоросли по своей физиологии наиболее сходны с высшими зелеными растениями. Поэтому есть попытки использовать водоросли как индикаторы при определении качества почвы (Cullimore, 1966). Возможно, что водоросли могут быть фитоиндикаторами для специфических субстратов, указывая на степень их пригодности для роста высших растений. В одном из опытов мы инокулировали разные субстраты из промышленных отвалов разными видами водорослей. Оказалось, что наиболее выносливa *Chlorella terricola*, которая росла на всех испытанных субстратах. Наоборот, *Phormidium tenue* погиб по всех пробах. *Nostoc muscorum* и *Anabaena variabilis* показали избирательность по отношению к разным субстратам: интенсивно разрослись на асбестовом субстрате, хуже росли на каменноугольной золе и полностью погибли на шламах алюминиевых заводов. Целесообразно испытать эту группу водорослей в качестве возможных фитоиндикаторов.

Изучение водорослей на промышленных отвалах разных наименований может способствовать выработке наиболее эффективных мероприятий по их рекультивации в тот период, когда макрофиты еще отсутствуют.

ЛИТЕРАТУРА

Веретенников А. В. Водоросли — пионеры лесных гарей.— Природа, 1963, № 2.

Полынов Б. Б. Первые стадии почвообразования на массивнокристаллических породах.— Почвоведение, 1945, № 7.

Тарчевский В. В. Промышленные отвалы и их освоение.— Охрана природы на Урале, вып. 4. Свердловск, 1964 (Урал. фил. АН СССР).

Тарчевский В. В. Озеленение зольных отвалов тепловых электростанций Урала.— Труды МОИП, 1966 а, 18.

Тарчевский В. В. Взаимное влияние растений при зарастании золоотвалов.— Физиолого-биохимические основы взаимного влияния растений в фитоценозе. М., «Наука», 1966 б.

Таусон В. О. Великие дела маленьких существ. М.— Л., Изд-во АН СССР, 1948.

Фирсова В. П., Кулай Г. А. Физико-химические и микробиологические свойства золы отвалов тепловых электростанций Свердловской области.— Растительность и промышленные загрязнения, вып. 6. Свердловск, 1966 (Урал. фил. АН СССР).

Штина Э. А. Водоросли дерново-подзолистых почв Кировской области. —Труды Бот. ин-та им. В. Л. Комарова АН СССР, 1959, вып. 12.

Штина Э. А., Панкратов Е. М., Перминова Г. Н., Третьякова А. Н., Юнг Л. А. Участие сине-зеленых водорослей в накоплении азота в почве.— Тезисы докладов 9 Межд. конгресса по микробиологии, 1966.

Brown R., Malcolm., Larson D. A., Bold H. C. Airborne algae: their abundance and heterogenity.— Science, 1964, **143**, 3606.

Cullimore D. R. A qualitative method of assessing the available nitrogen, potassium and phosphorus in the soil.— J. Sci. Food a. Agricult., 1966, **17**, 7.

Fritsch F. E., Salisbury F. Further observations on the heath association on Hinhead common.— New phytologist, 1915, **14**.

Maini S. P. Recenti insediamenti crittogamici hei pressi delle fumarole Vesuviane.— Annali del Pontificio Istituto Superiore di Science e Lettere di "S. Chiara", 1962, № 12.

Shields L. M., Drouet F. Distribution of terrestrial algae within the Nevada Test Site.— Aber. j. Bot., 1962, **49**, 6 (1).

Treub M. Notice sur la nouvelle flora de Krakatau.— Ann. Jard. Bot. Buitenzorg, 1888, **7**.

АКАДЕМИЯ НАУК СССР
УРАЛЬСКИЙ ФИЛИАЛ

РАСТИТЕЛЬНОСТЬ И ПРОМЫШЛЕННЫЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ 1970

Е. Т. МАМАЕВА, П. С. ЛАВРОВА
Уральский научно-исследовательский институт АКХ, Свердловск

ИЗ ОПЫТА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОТХОДОВ ПРОМЫШЛЕННОСТИ В КАЧЕСТВЕ УДОБРЕНИЙ В ЗЕЛЕНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Удобрений, выпускаемых туковой промышленностью, пока еще не хватает для удовлетворения нужд сельского хозяйства. А потребность в них, и очень большая, есть как в лесном хозяйстве, так и в зеленом строительстве. В связи с этим изыскание местных источников удобрений и применение их при выращивании различных культур является важным народнохозяйственным делом. Источниками удобрений могут быть отходы всевозможных производств черной и цветной металлургии, угольной, химической промышленности и других отраслей народного хозяйства. Многие отходы промышленности уже испытывались при выращивании сельскохозяйственных культур как в СССР, так и за рубежом, и для них уже определены дозировки.

Наши исследования, которые проводятся с 1963 г., направлены на изыскание дешевых источников удобрений из отходов промышленности для нужд зеленого строительства. Биология декоративных растений и целевое назначение зеленых насаждений иные, чем у сельскохозяйственных растений, поэтому рекомендации из сельского хозяйства не могут быть механически перенесены в зеленое строительство. Необходимо проведение исследований с декоративными растениями.

Выявление положительного влияния некоторых отходов промышленности на рост и развитие декоративных растений проводилось нами в течение 2—4 лет. В опытах использовались известковые, фосфор-, азот- и калийсодержащие отходы промышленности, а также отходы, имеющие в своем химическом составе один-два или целый комплекс микроэлементов. Рассмотрим результаты исследований по некоторым из них.

В связи с тем, что Средний Урал находится в зоне подзолистых и дерново-подзолистых почв, обладающих кислой реакцией среды, отрицательно влияющей на развитие большинства растений, в опытах испытывалось большое количество известковых отходов промышленности. В качестве таковых были электроплавильные, доменные и мартеновские шлаки, цементная пыль с фильтров вращающихся печей, белитовый шлам, асбоотходы и др. Кроме названных, использовались в опытах фосфоритный отсев, отход производства молибдата аммония, хвосты и шлаки медеплавильных и других предприятий.

Исследования начинали прежде всего с изучения удобрительной ценности отходов. Она определялась на основании содержания в отходах того или иного полезного для питания растений элемента и степени доступности его для растения.

Было установлено, что известковое начало в металлургических шлаках и цементной пыли находится в форме силикатов и алюмосиликатов. Последние слабее растворяются в кислотах, чем карбонаты, поэтому нейтрализующая способность указанных отходов ниже, чем у известковой или доломитной муки. Так, если нейтрализующая способность известковой муки равна 100%, т. е. весь Са ее извлекается 2%-ной лимонной кислотой в раствор, то у электроплавильного шлака в 2%-ной лимонной кислоте растворимы только 88—90% Са от общего его содержания, у доменного гранулированного шлака — немногим больше 50%, у цементной пыли 93% и т. д. Данные, характеризующие нейтрализующую способность известковых отходов, дают возможность рассчитывать дозы их для внесения в почву, а также примерно предвидеть агрономический эффект. Результаты двухлетних наблюдений за развитием газонных трав показали положительное влияние на них различных известковых отходов, фосфоритного отсева и других материалов. Это влияние проявляется как в год их внесения в почву, так и впоследствии (табл. 1).

Таблица 1

Влияние отходов промышленности на развитие газонных трав (опыт 1964—1965 гг.)

№ варианта	Вариант опыта	Доза, *ц/га*	Интенсивность кущения (количество побегов на 1 растение)			
			1964 г.		1965 г.	
			шт.	% к контролю	шт.	% к контролю
I	Контроль	Фон*	2,7	100,0	3,9	100,0
II	Цементная пыль	5,0	2,5	92,6	5,4	135,4
III	То же	10,0	2,6	96,3	4,7	120,5
IV	Фосфоритный отсев	3,0	2,6	96,3	4,9	125,6
V	То же, $+N_{45}K_{45}$	$3,0+1,5NH_4NO_3+$ $+1,0KCl$	3,2	118,5	4,5	115,3
VI	Электрошлак	20,0	2,9	107,4	4,9	125,6
VII	То же	40,0	3,6	133,3	3,7	94,8
VIII	Мартеновский шлак (<0, 25 *мм*)	40,0	3,1	114,8	4,6	117,9

* Создан путем внесения в почву 30 *т/га* торфа.

Так, под влиянием цементной пыли, внесенной в почву в количестве 5 и 10 *ц/га*, возросла интенсивность кущения трав на 20—35%, по сравнению с контролем. Фосфоритный отсев (в дозе 3 *ц/га*), содержащий до 20—22% пятиокиси фосфора и являющийся также известкующим почву материалом, оказал такое же влияние на развитие газонных трав, как и электрошлак в дозе 2 *т/га*. Под воздействием обоих отходов растения лучше кустились, что очень важно для получения хорошего сомкнутого зеленого ковра газонов. По сравнению с контролем на удобренных вариантах интенсивность кущения трав на второй год жизни была на 26% выше. Произошли изменения и в почве: возросли pH и сумма поглощенных оснований, а гидролитическая кислотность снизилась (табл. 2).

Известковые отходы промышленности не только мелиорируют почву, но и являются дополнительным источником тех или иных питательных веществ для растений. В этих отходах, почти во всех, помимо окислов Са и Mg, определяющих их известковую природу, содержатся либо фосфор, либо калий и, как правило, есть и микроэлементы (один-два и бо-

Таблица 2

Изменение химических свойств почв под влиянием известковых отходов

Агрохимический показатель почв	Вариант опыта						
	I	II	III	IV	VI	VII	VIII
Реакция среды — pH KCl	4,7	5,1	5,4	5,0	5,35	5,65	5,9
Гидролитическая кислотность, *мг·экв*	4,55	4,55	3,67	4,7	4,2	3,67	2,0
Сумма поглощенных оснований, *мг·экв*	8,6	9,8	11,1	10,2	12,8	16,2	15,0
Степень насыщенности почвы основаниями, %	70,8	68,3	75,2	68,5	75,3	81,5	88,2

лее). В частности, спектральный анализ показал, что в цементной пыли есть Mn, Cu, Co, Zn, Ti и V, в металлургических шлаках часто присутствуют фосфор (от 0,2 до 10—12%), марганец (от сотых долей до 4—6% и более), титан (0,3—1%), в незначительных количествах ванадий, медь и другие ценные для питания микроэлементы. Этим собственно объясняется более высокая эффективность известковых отходов промышленности по сравнению с известью, которая была отмечена в другом опыте с газонными травами (табл. 3).

Таблица 3

Влияние отходов промышленности на развитие газонных трав

Вариант опыта	Доза, *ц/га*	Интенсивность кущения (количество побегов на 1 растение)				Сырой вес зеленой массы с 1 *м²* (1965 г.)	
		1965 г.		1966 г.			
		шт.	% к контролю	шт.	% к контролю	*кг*	% к контролю
Контроль (фон) + известь*	40,0	3,3	100,0	3,4	100,0	0,59	100,0
Хромоникелевый шлак	40,0	3,6	109,0	3,8	111,8	0,67	113,5
	80,0	3,6	109,0	3,5	102,9	0,97	164,4
Доменный гранулиров. шлак (1—0 *мм*)	40,0	3,8	115,1	4,6	135,3	0,92	155,9
	60,0	3,7	112,1	5,2	152,9	0,87	147,1
Белитовый шлам (1—0 *мм*)	40,0	3,9	118,1	4,3	127,6	0,89	150,8
	75,0	3,9	118,1	3,8	111,8	0,73	123,7

* Фон — в почву внесены 50 *т/га* торфа и минеральные удобрения ($N_{30}P_{80}K_{45}$). Агрономические показатели почвы перед внесением удобрений: pH (солевой) 4,2; H 5,6 *мг·экв*; S 8,9 *мг·экв*; V 61,3%, подвижные формы K_2O 20—24,0 *мг*, P_2O_5 3,75 *мг* и легкогидролизуемого азота 3,6 *мг* на 100 *г* почвы.

Интенсивность кущения и сырой вес зеленой массы трав на удобренных отходами участках был выше, чем в обработанном известью контроле.

Необходимо отметить, что хороший эффект был получен как на малых, так и на больших дозах отходов, взятых в эквивалентном отношении к извести. Растения лучше кустились как в год внесения удобрений, так и на второй год жизни. Причем на второй год стимулирующее влияние отходов проявилось сильнее, чем в первый.

Из приведенных результатов (см. табл. 1, 2) видно, что внесение отходов в дозе, почти равной полной гидролитической кислотности, не всегда целесообразно, так как возможно отрицательное влияние боль-

ших доз микроэлементов, поступающих в почву с отходом (сравним дозу 4,0 и 8,0 *т/га* хромоникелевого шлака и 4,0—7,5 *т/га* белитового шлама).

Положительно влияют отходы и на развитие однолетних цветочных культур. Известкование почвы при выращивании рассады астры сорта «Комета» отразилось на последующем развитии растений в открытом грунте. Растения с известкованных отходами вариантов, будучи высаженными в грунт, меньше поражались фузариумом, раньше и интенсивнее цвели. В середине августа цветущих цветков на этих растениях было в 1,5—1,8 раза больше, чем в контроле. Внесенные в открытый грунт отходы также положительно сказались на развитии однолетних цветочных растений (табл. 4).

Таблица 4

Влияние отходов промышленности на развитие однолетних цветов по годам

Вид удобрений	Доза, *ц/га*	Среднее количество побегов на 1 растение				Среднее количество цветков на 1 растение			
		Антирринум (1965)		Астра (1966)		Антирринум (1965)		Астра (1966)	
		шт.	% к контролю	шт.	% к контролю	шт.	% к контролю	шт.	% к контролю
Контроль — фон (торф)*	800,0	16,8	100,0	5,1	100,0	93,2	100,0	3,2	100,0
Фосфоритный отсев	4,0	17,6	104,8	6,5	128,5	97,4	104,5	6,0	187,5
То же,+KCl	4,0+1,5	19,5	116,1	6,2	122,3	88,7	95,2	5,6	175,0
Суперфосфат	4,0	14,1	83,9	5,8	113,7	72,1	77,3	3,9	121,9
То же,+KCl	4,0+1,5	13,9	82,7	5,3	103,9	85,4	90,6	5,5	171,8
Электрошлак	20,0	21,3	126,7	7,0	137,2	101,5	114,5	6,0	187,5
Отход производства молибдата аммония	1,0	22,2	132,1	7,0	137,2	103,7	111,3	7,0	218,7
Цементная пыль+ суперфосфат	6,0+4,0	21,4	127,3	7,1	139,2	98,9	106,1	8,1	284,3

* Почва имела pH_{KCl} 6,0, подвижных форм K_2O 140 *мг*, P_2O_5 40 *мг* на 100 *г* почвы.

В опыте с однолетками в открытом грунте проверялось влияние некоторых промышленных отходов на их развитие в год внесения и впоследствии. В первый год антирринум слабо прореагировал на многие удобрения, что говорит о его относительно слабой требовательности к условиям питания. Астра белая, сорта «страусовое перо», напротив, оказалась отзывчивой на почвенное питание. Будучи высаженной на опытный участок, на второй год после внесения удобрений она заметно прореагировала на них.

Под влиянием удобрений из отходов увеличилась общая вегетативная масса растений (количество побегов, высота растений и диаметр куста), а также значительно возросло количество цветков на растении (на 21,9—184,3% больше, чем в контроле).

При выращивании газонных трав и цветочных растений нами испытывались также отходы медеплавильной промышленности; хвосты обогащения медно-цинковых руд и шлаки медной плавки. На них растения также положительно реагируют, улучшается их декоративный вид (табл. 5). Медь и цинк шлаков и хвостов обогащения повысили интенсивность кущения трав как в первый, так и на второй год, причем больше, чем чистые соли.

Таблица 5

Развитие газонных трав под влиянием микроэлементов из отходов (опыт 1965 г.)

Удобрение	Доза, *кг/га* д. н.	Интенсивность кущения (количество побегов на 1 растение)				Вес сырой зеленой массы с 1 *м*²	
		1965 г.		1966 г.		1966 г.	
		шт.	% к контролю	шт.	% к контролю	*кг*	% к контролю
Контроль	Фон*	3,3	100,0	3,4	100,0	0,59	100,0
Гранулиров. шлак медной плавки (<0,14 *мм*)	Zn 3,0	3,5	106,1	4,7	138,2	0,53	91,5
То же	Zn 6,0	3,4	103,0	4,7	138,2	0,62	103,3
Негранулир. шлак медной плавки (<0,14 *мм*)	Zn 6,0	3,6	109,0	3,8	111,8	0,68	115,2
Хвосты обогащения медно-цинковых руд (исх. крупн.)	Cu 3,0	3,1	94,0	4,2	123,5	0,68	115,2
То же	Cu 6,0	3,5	106,1	3,8	111,8	0,65	111,6
$CuSO_4+ZnSO_4$	Cu 3,0 Zn 6,0	3,4	103,1	4,0	117,6	0,67	113,5
$CuSO_4$	Cu 3,0	3,8	115,1	3,8	111,8	0,52	88,1
$ZnSO_4$	Zn 3,0	3,5	106,1	4,3	127,6	0,52	88,1

* В почву перед закладкой опыта внесены: торф (50 *т/га*), известь (4 *т/га*) и минеральные удобрения из расчета $N_{30}P_{80}K_{15}$.

Выводы

1. Многие отходы промышленности, считающиеся ненужным балластом для производства, являются источником удобрений и могут найти широкое применение в сельском, лесном хозяйстве и зеленом строительстве при выращивании различных культур.

2. Использование отходов промышленности в качестве удобрений целесообразно как с агрономической, так и с экономической стороны. Под влиянием отходов растения развиваются не хуже, а часто лучше, чем под влиянием промышленных удобрений, и кроме того отпадают затраты средств на оплату стоимости удобрений и на перевоз их по железной дороге.

3. Дальнейшая переработка отходов на ценную продукцию для строительства и дорожного дела, а также использование их в качестве удобрений позволит в определенной степени решить вопрос об утилизации отвалов из отходов и сэкономит значительные средства.

АКАДЕМИЯ НАУК СССР
УРАЛЬСКИЙ ФИЛИАЛ

РАСТИТЕЛЬНОСТЬ И ПРОМЫШЛЕННЫЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ 1970

Ф. М. ШУБИН

Уральский государственный университет, Свердловск

О ВЗАИМООТНОШЕНИЯХ КОМПОНЕНТОВ ЗЛАКОВО-БОБОВОЙ ТРАВОСМЕСИ, ВЫРАЩИВАЕМОЙ НА КАМЕННОУГОЛЬНОЙ ЗОЛЕ

Актуальность проблемы взаимоотношения злакового и бобового компонента в травосмеси объясняется тем, что бобовые растения, как правило, обладают меньшей конкурентной способностью, но оказывают разностороннее положительное влияние на качество и урожай травосмеси.

При работах по покрытию растительностью бесструктурной и лишенной азота поверхности отвалов золы тепловых электростанций применение злаково-бобовых травосмесей приобретает первостепенное значение. Так как бобовые травы в меньшей степени переносят засыпание золой и развиваются медленнее, чем злаки, то в совместных посевах они вытесняются.

Для дальнейшего изучения продуктивности и взаимоотношений злакового и бобового компонента на каменноугольной золе в 1962 г. был заложен трехлетний опыт [1].

Использовались местные семена желтой дикорастущей люцерны (*Medicado falcata* L.) и рядовые семена злака регнерии волокнистой (*Roegneria fibrosa* (Schrenk) Nevsci). Глазурованные глиняные сосуды емкостью 7,5 *л* набивались золой с золоотвала Красногорской ТЭЦ по 5,65 *кг* на сосуд. Схема опыта: 1) почва (контроль), 2) зола, 3) зола с NPK, 4) зола с торфом. В контроле использовалась дерново-подзолистая суглинистая почва с pH солевой вытяжки 5,5 и содержанием гидролизуемого азота 0,015%. В варианте с NPK норму удобрений брали из расчета питательной смеси Гильригеля для песчаных культур. В четвертом варианте использовали переходный средней степени разложения слой торфа в 3 *см*, перемешанный с верхним слоем золы.

Посев проведен 21 мая по 10 семян на сосуд в 10-кратной повторности. После появления всходов в каждом сосуде оставлено по два растения. Растений всех вариантов поливали по мере подсыхания золы равным объемом воды. В ходе опыта проводились наблюдения за фазами развития растений и учитывались рост растений в высоту и побегообразование, продуктивность надземной массы (вес в сыром и воздушно-сухом состоянии, структура урожая по органам), продуктивность корней (количество, вес и объем корней, количество и вес клубеньков), семенная продуктивность. В фазы цветения и плодоношения для учета продуктивности надземной массы и корней брали пробы по четыре растения

[1] Исследования проводились с 1964 г. под руководством В. В. Тарчевского.

из каждого варианта опыта. Корни растений отмывали на ситах с диаметром отверстий 5 и 1 *мм*. Развитие и продуктивность растений в травосмеси сравнивались с растениями в одновидовых посевах.

В работе использован только материал о весе растений и образовании клубеньков, что позволило судить о некоторых сторонах взаимоотношений злакового и бобового компонента при совместном их произрастании. Продуктивность компонентов злаково-бобовой травосмеси, наряду с биологическими свойствами и условиями произрастания растений, в значительной мере зависит от их взаимного влияния друг на друга.

Таблица 1

Вес воздушно-сухой массы растений регнерии и люцерны по фазам развития и годам жизни

Вариант опыта	Год жизни	Фазы развития		Регнерия		Люцерна		Регнерия+люцерна	
				чистый посев	травосмесь	чистый посев	травосмесь	из чистых посевов	в травосмеси
Почва (контроль)	1	Плодоношение	П	3,59	3,81	0,66	0,11	4,25	3,92
			К	2,88	4,02	1,24	0,18	4,12	4,20
	2	Цветение	П	8,51	8,85	10,46	2,24	18,97	11,09
			К	4,61	4,94	5,68	1,35	10,29	6,29
	3	Цветение	П	6,27	8,33	8,80	10,05	15,07	18,37
			К	3,70	4,65	8,04	9,57	11,74	14,22
Зола	1	Плодоношение	П	0,29	0,11	0,23	0,01	0,52	0,12
			К	0,51	0,15	0,87	0,02	1,38	0,17
	2	Цветение	П	0,99	0,53	3,22	0,58	4,21	1,11
			К	1,12	0,85	2,31	0,49	3,43	1,34
	3	Цветение	П	1,43	1,27	4,96	5,60	6,39	6,87
			К	1,90	1,69	6,12	8,61	8,02	10,30
Зола с NPK	1	Плодоношение	П	2,91	3,36	0,71	0,15	3,62	3,51
			К	3,97	5,25	2,53	0,38	6,50	5,63
	2	Цветение	П	15,70	15,69	8,30	2,15	24,00	17,84
			К	10,32	11,01	6,89	1,80	17,21	12,81
	3	Цветение	П	10,29	12,17	6,20	6,25	16,49	18,42
			К	9,57	11,33	6,86	7,12	16,43	18,50
Зола с торфом	1	Плодоношение	П	0,84	0,74	0,41	0,02	1,25	0,76
			К	1,34	0,96	0,92	0,03	2,26	0,99
	2	Цветение	П	1,84	1,80	6,28	0,88	8,12	2,68
			К	1,74	0,83	3,16	0,58	4,90	2,41
	3	Цветение	П	1,63	2,01	6,81	5,71	8,44	7,72
			К	2,53	2,77	8,01	7,13	10,54	9,90

Примечание. П — побеги, К — корни.

Данные табл. 1 показывают, что вес надземной массы регнерии и люцерны в одновидовых посевах и в смеси значительно варьируют по фазам и годам жизни. Вскоре после появления всходов существенных различий между ростом растений в чистом посеве и в травосмеси не обнаружено. Начиная с фазы кущения первого года жизни, взаимоотношения регнерии и люцерны принимают характер ярко выраженной конкуренции. Добавление к золе питательных субстратов вносит существенные изменения во взаимоотношения растений в травосмеси. На чистой золе и золе с торфом, в условиях минимального количества питательных веществ, борьба носит отчетливо острый характер, и взаимное угнетение наблюдается вплоть до третьего года жизни. Наиболее ярко проявилось угнетение люцерны регнерией. Так, вес надземной массы люцерны в тра-

восмеси первого и второго годов жизни, в сравнении с одновидовыми посевами, по вариантам опыта снизился от 5 до 23 раз. Регнерия, обладая быстрым темпом развития, лучше использует влагу и питательные вещества, интенсивнее растет и затеняет люцерну.

Внесение в золу минеральных удобрений, хотя и повышает продуктивность люцерны, но не уменьшает возможности угнетения регнерией люцерны, так как NPK в большей степени влияют на увеличение веса регнерии. Добавление к золе торфа, в сравнении с вариантом на чистой золе, способствует накоплению надземной массы и корней регнерии и люцерны в одновидовых посевах и регнерии в травосмеси. Меньший вес люцерны в травосмеси на золе с торфом можно объяснить худшим, в сравнении с регнерией, использованием питательных веществ торфа.

На третьем году жизни взаимоотношения компонентов меняются и темпы накопления надземной массы и корней регнерии и люцерны в травосмеси возрастают. Люцерна к этому времени накапливает значительный вес и хорошо противостоит неблагоприятному влиянию регнерии. Последняя, используя биологический азот люцерны, также улучшает свой рост. У регнерии в вариантах с NPK и торфом у люцерны на чистой золе и золе с NPK вес надземной массы растений в травосмеси до 20% превышает вес растений одновидового посева.

Изменения показателей веса корней регнерии и люцерны по вариантам опыта и годам жизни в одновидовых посевах и в травосмеси примерно повторяют закономерности, характерные для надземной массы. Однако имеются и некоторые особенности. Так, люцерна в первый год жизни в травосмеси, по отношению к надземной массе, накапливает меньший вес корней, чем в чистых посевах, а в последующие годы — больший. Угнетение регнерией люцерны в первый год в травосмеси идет в большей степени за счет корневой системы.

В травосмеси минеральные удобрения в первый год жизни способствуют лучшему росту корней по отношению к надземной массе. В последующие годы нарастание веса корней проходило интенсивнее в вариантах с худшим обеспечением растений питательными веществами. Темпы роста корневой системы обоих компонентов по отношению к весу надземной массы в травосмеси выше, чем в одновидовых посевах. Следовательно, угнетение одного вида другим в травосмеси в большей степени проявляется в снижении продуктивности надземной массы.

При возделывании злаково-бобовой травосмеси в условиях безазотистой среды зольного субстрата образование клубеньков на корнях бобовых приобретает важное практическое значение. Хотя инокуляция семян перед посевом не проводилась, тем не менее во всех вариантах опыта на корнях люцерны образовались клубеньки. Начинается их образование на 35—40-й день в чистом посеве люцерны и позднее на 5—10 дней у растений в травосмеси. Наблюдалось существенное различие в количестве и весе клубеньков по вариантам опыта, годам жизни и у растений одновидовых посевов люцерны и в травосмеси (табл. 2). В вариантах «зола» и «зола с торфом», в сравнении с контролем, клубеньков на корнях люцерны образовалось в 4 раза меньше в одновидовых посевах и в 7—10 раз меньше в травосмеси. Внесение в золу торфа неблагоприятно отразилось на образовании клубеньков; количество клубеньков было значительным, но они имели наименьшую величину и беловатый цвет. В несколько раз увеличилось количество и вес клубеньков на корнях люцерны под влиянием минеральных удобрений в одновидовом посеве.

За все годы наблюдений в травосмесях отмечено неблагоприятное влияние регнерии на образование клубеньков на корнях люцерны. Осо-

Таблица 2

Количество и сырой вес клубеньков на корнях одного растения люцерны по фазам и годам жизни

Вариант опыта	Год жизни	Фаза развития	В чистом посеве		В травосмеси	
			количество, шт.	вес, г	количество, шт.	вес, г
Почва (контроль)	1	Плодоношение	16,8	1,21	2,8	0,21
	2	Цветение	27,2	2,93	12,6	1,36
	2	Плодоношение	94,7	6,09	14,2	1,49
	3	Цветение	38,3	1,21	30,5	0,29
	3	Плодоношение	95,6	2,11	51,5	0,50
Зола	1	Плодоношение	12,8	0,25	1,3	0,03
	2	Цветение	18,0	0,39	2,9	0,08
	2	Плодоношение	43,5	0,89	24,7	0,04
	3	Цветение	19,5	0,41	8,1	0,09
	3	Плодоношение	64,7	0,98	20,8	0,25
Зола с NPK	1	Плодоношение	16,1	0,33	1,4	0,04
	2	Цветение	24,5	0,67	3,80	0,09
	2	Плодоношение	137,2	4,01	20,3	0,50
	3	Цветение	43,7	0,66	5,00	0,05
	3	Плодоношение	128,4	1,74	11,9	0,10
Зола с торфом	1	Плодоношение	18,1	0,12	9,8	0,03
	2	Цветение	20,8	0,29	10,4	0,04
	2	Плодоношение	95,7	1,93	22,6	0,05
	3	Цветение	27,5	0,91	19,2	0,06
	3	Плодоношение	98,4	0,92	34,2	0,14

бенно сильно оно проявилось у растений в вариантах с NPK и на золе с торфом в первые два года жизни, т. е. в период наибольшего угнетения регнерией люцерны.

По нашему мнению, снижение продуктивности надземной массы и корней люцерны и слабое развитие на них клубеньков объясняются общими причинами, так как чем хуже развито растение, тем меньше на его корнях образуется клубеньков.

Таким образом взаимоотношения регнерии и люцерны в смешанном посеве не остаются постоянными. В первые два года они носят характер ярко выраженной конкуренции, причем регнерия, обладая быстрым темпом развития, подавляет люцерну. Угнетение люцерны объясняется перехватом питательных веществ и влаги быстро растущей регнерией. На чистой золе конкуренция проявляется сильнее, внесение в золу минеральных удобрений ослабляет ее. На третьем году жизни в травосмеси создаются более благоприятные условия. Люцерна к этому времени накапливает значительную массу и лучше противостоит неблагоприятному влиянию регнерии. Регнерия, используя биологический азот люцерны, растет более интенсивно. Общая продуктивность травосмеси возрастает. В совместном посеве регнерия угнетающе влияет на образование клубеньков на корнях люцерны.

АКАДЕМИЯ НАУК СССР
УРАЛЬСКИЙ ФИЛИАЛ

РАСТИТЕЛЬНОСТЬ И ПРОМЫШЛЕННЫЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ 1970

Ф. Д. ДРОБИЗ, А. А КАДОЧНИКОВА
Уральский государственный университет, Свердловск

СОДЕРЖАНИЕ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ (НИКЕЛЯ, КОБАЛЬТА И МЕДИ) В РАСТЕНИЯХ, ПРОИЗРАСТАЮЩИХ НА ШЛАМОВЫХ ПОЛЯХ АЛЮМИНИЕВОГО ПРОИЗВОДСТВА

При озеленении золоотвалов, шламовых полей и других типов бросовых земель важен не только подбор ассортимента видов растений, наиболее устойчивых в этих условиях, но и разработка агротехники их выращивания. В отвалах могут быть микроэлементы, в повышенных концентрациях способные оказывать вредное влияние на людей и животных, попадая в их организм вместе с растениями, выросшими на этих отвалах. Поэтому следует выяснить возможность накопления микроэлементов в различных органах растения и учитывать данное обстоятельство при использовании последних.

Представляет также интерес обнаружить среди растений, произрастающих на отвалах, накопителей микроэлементов, которые могли бы освобождать отвалы от избытка этих веществ. При этом в растениях могут обнаружиться и морфологические изменения, указывающие на избыток того или другого микроэлемента, что хорошо показано Д. П. Малюгой (1963) при изучении биогеохимических провинций в разных частях Советского Союза.

К микроэлементам относятся элементы периодической системы Менделеева, которые встречаются в живых организмах в очень малых количествах (10^{-3}—10^{-6}%), но при этом оказывают большое влияние на обменные процессы, входя в молекулу таких важных соединений, как ферменты, витамины, гормоны и др.

Для выяснения вопроса о накоплении микроэлементов в растительных организмах следует исследовать количественный состав интересующих нас веществ как в растениях, произрастающих на изучаемых отвалах, так и на участке, расположенном невдалеке, рассматривая его как контрольный. Кроме того, для получения полной картины обмена микроэлементов между растениями и почвой, следует выяснить количественный состав микроэлементов как в отвалах, так и в почве.

Мы проводили изучение содержания некоторых микроэлементов — никеля, кобальта и меди — в растениях, произрастающих на шламовых полях Уральского алюминиевого завода (УАЗ) и на близко расположенных контрольных участках. Исследование проведено на 11 культурах: житняке ширококолосном, костре безостом, бескильнице, люцерне синегибридной, пырее бескорневищном, регнерии омской, овсянице луговой и красной, тимофеевке луговой, еже сборной, бекмании. При этом во всех растениях отдельно определялось количество упомянутых микроэлементов в листьях, стеблях и корнях (см. таблицу). Вне всякого сомнения,

на шламовых полях, кроме изученных нами, встречаются и многие другие микроэлементы.

Микроэлементы определяли методом бумажной хроматографии (восходящий вариант), который позволяет установить с достаточной точностью на одной хроматограмме одновременно несколько веществ.

Содержание микроэлементов в культурах по органам, *мг* на 100 *г* абсолютного сухого веса

Культура	Орган	Контрольные (на почве)			Опытные (шлам+6 *см* почвы)		
		никель	кобальт	медь	никель	кобальт	медь
Житняк	Лист	0,770	0,077	0,096	0,348	0,222	0,823
	Стебель	0,088	0,067	0,440	0,280	0,020	0,220
	Корни	0,700	0,078	0,700	0,365	0,114	0,365
Костер безостый	Лист	0,066	0,022	0,660	0,475	0,085	0,520
	Стебель	0,050	0,020	0,480	0,034	—	0,260
	Корни	0,674	0,112	0,562	0,443	0,203	0,886
Люцерна синегибридная	Лист	0,675	0,030	0,675	0,550	0,033	0,520
	Стебель	0,086	0,022	0,430	0,615	0,050	0,370
	Корни	0,140	0,105	0,465	0,074	0,010	0,494
Пырей безкорневищный	Лист	0,623	0,117	0,292	0,488	0,080	0,366
	Стебель	0,253	0,101	0,608	0,255	0,018	0,500
	Корни	0,910	0,260	0,520	0,816	0,148	0,740
Бескильница	Лист	—	—	—	0,065	0,065	0,860
	Стебель	—	—	—	0,092	—	0,414
	Корни	—	—	—	0,091	0,027	1,100
Регнерия	Лист	—	—	—	0,682	0,184	0,922
	Стебель	—	—	—	1,163	0,058	0,350
	Корни	—	—	—	1,145	0,290	0,670
Овсяница луговая	Лист	—	—	—	0,600	0,257	0,486
	Стебель	—	—	—	0,470	0,049	0,444
	Корни	—	—	—	0,500	0,200	0,625
Овсяница красная	Лист	—	—	—	0,348	0,222	0,823
	Стебель	—	—	—	0,650	0,022	0,650
	Корни	—	—	—	0,790	0,198	1,086
Тимофеевка луговая	Лист	—	—	—	0,652	0,088	0,520
	Стебель	—	—	—	0,290	0,020	0,390
	Корни	—	—	—	0,966	0,148	0,593
Ежа сборная	Лист	—	—	—	0,930	0,186	0,930
	Стебель	—	—	—	0,864	0,085	0,644
	Корни	—	—	—	0,435	0,145	0,580
Бекмания	Лист	—	—	—	0,640	0,174	0,640
	Стебель	—	—	—	0,067	0,015	0,060
	Корни	—	—	—	0,340	0,170	1,017

Для разгонки смеси микроэлементов, полученных после минерализации опытного материала, после целого ряда испытаний был выбран растворитель, предложенный Купаксом (1960),— н-пропиловый спирт (65 частей), ацетон (2 части) и концентрированная соляная кислота (33 части). Этот растворитель четко отделял интересующие нас микроэлементы, и пятна на высушенных хроматограммах после окраски 0,1%-ным раствором рубеановой кислоты окрашивались в следующие цвета: никель в синий, кобальт в желто-красный (оранжевый) и медь в серо-зеленый. Для того чтобы эта окраска выступала более четко, хроматограммы следует подержать в парах аммиака.

Подготовка материала для хроматографирования сводилась к мокрому озолению органического материала, с использованием рекомендации Ринькиса (1963) об употреблении, кроме серной и азотной, и хлорной кислоты; затем осаждением удалялся кремний. Из фильтрата с помощью

0,5%-ного раствора рубеановой кислоты выделяли соединения микроэлементов с этой кислотой, так называемые рубеанаты никеля, кобальта и меди, как это рекомендует Д. П. Малюга (1950). Рубеанаты переводились на фильтр, который сжигался в муфельной печи вместе с осадком, затем продукт сжигания растворяли в 0,02 *мл* 10%-ной соляной кислоты и аликвотную часть наносили на бумажную полоску для хроматографирования.

Для количественной оценки пятна сравнивали с пятнами этих же микроэлементов на хроматограммах, полученных с заведомо известными количествами никеля, кобальта и меди. Уже 1 *мкг* изучаемых веществ давал пятно с четко выраженной окраской, причем с повышением концентрации микроэлемента интенсивность окраски на хроматограмме пропорционально увеличивалась. Таким образом, мы имели шкалу для сравнения, и в случае хранения ее в темном пакете окраска пятен не менялась в течение многих недель.

Все опыты проводили в двух, иногда трех повторностях, причем параллели в большей части опытов хорошо совпадали. Полученные результаты рассчитывали на 100 *г* абсолютно сухого веса каждого органа и на 100 *г* абсолютно сухого веса всего растения.

Удалось обнаружить, что изучаемые микроэлементы в наименьшем количестве встречаются в стеблях. Во всяком случае у 6 образцов из 15 (4-х контрольных и 11 подопытных) в этом органе в наименьшем количестве находятся все три микроэлемента, у 6 образцов — два и, кроме того, у трех образцов в стебле в наименьшем количестве встречается только один микроэлемент. В наименьшем количестве все три микроэлемента встречаются в стеблях костра безостого и люцерны синегибридной с контрольных участков и в стеблях житняка, овсяницы луговой, тимофеевки луговой и бекмании, выращенных на шламовом поле.

Наибольшее количество микроэлементов встречается чаще всего в корнях. У трех культур (пырей бескорневищный, регнерия волокнистая и тимофеевка луговая) здесь обнаруживается в наибольшем количестве все три микроэлемента и у семи культур в наибольшем количестве встречаются два микроэлемента. Таким образом, в 10 образцах из 15 в корнях имеется наибольшее количество микроэлементов.

Листья редко являются накопителями микроэлементов. Только у ежи сборной обнаружены в этом органе в наибольшем количестве все три микроэлемента, а у трех других культур — два микроэлемента.

В стебле наибольшее количество двух микроэлементов встречается только в одном случае, у люцерны синегибридной. У регнерии волокнистой вообще отмечается повышенное количество всех трех микроэлементов во всех органах, по сравнению с другими культурами.

При сравнении содержания микроэлементов у четырех контрольных культур (житняк ширококолосный, костер безостый, люцерна синегибридная и пырей бескорневищный) и у выращенных на шламовых полях УАЗа не удается обнаружить каких-либо закономерностей. Подчас в подопытных культурах тот же микроэлемент и в том же органе находится в большем или меньшем количестве, по сравнению с контролем.

Выводы

1. Предложена модификация хроматографического метода определения микроэлементов в растительном материале.

2. Микроэлементы в разных органах растения находятся в различных количествах в зависимости от субстрата, на котором оно произрастает, и специфики обмена веществ данного вида. Однако довольно четко выяс-

нилось, что у растений, выращенных на шламовых полях, наименьшее количество микроэлементов содержится в стеблях, а наибольшее — в корнях.

ЛИТЕРАТУРА

Купакс Э. П. Вопросы биохимии белково-витаминного питания. Рига, 1960.

Малюга Д. П. Методы определения микроэлементов. М., Изд-во АН СССР, 1950.

Малюга Д. П. Биогеохимический метод поисков рудных месторождений. М., Изд-во АН СССР, 1963.

Ринькис Г. Я. Методы ускоренного колориметрического определения микроэлементов в биологических объектах. Рига, 1963.

АКАДЕМИЯ НАУК СССР
УРАЛЬСКИЙ ФИЛИАЛ

РАСТИТЕЛЬНОСТЬ И ПРОМЫШЛЕННЫЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ 1970

З. М. БАЛАБАНОВА
Уральское отделение СибНИИРХ, Свердловск

ОТХОДЫ ПРОМЫШЛЕННОСТИ КАК ФАКТОРЫ ХИМИЧЕСКОЙ МЕЛИОРАЦИИ ЗАМОРНЫХ ОЗЕР

Реки, пруды, водохранилища Урала под влиянием промышленного загрязнения в значительной степени потеряли свое рыбохозяйственное значение (Балабанова, 1957). Озерный фонд остался практически чистым, но природные физико-химические свойства заморных озер неблагоприятны для обитания рыб (Балабанова, 1962).

При проведении мелиоративных мероприятий — поднятии уровня воды, создания проточности, уничтожении излишней водной растительности, механической аэрации в течение всего подледного периода, дренировании болотного водосбора, химизации воды — можно заморные озера преобразовать в незаморные и рационально использовать в рыбном хозяйстве дополнительные водные площади.

Метод химической мелиорации требует большого количества реагентов. Он осуществим при использовании находящихся в отвалах дешевых отходов промышленности, безвредных для гидробионтов. Для повышения рыбопродуктивности ряда озер проводятся опытные работы по внесению в озера различных минеральных и органических веществ (Баранов и Пшенина, 1963; Винберг и Ляхнович, 1965; Абросов и Забегалина, 1963); на озерах с кислой активной реакцией применяется известкование. Работы по направленному внесению в заморные озера реагентов, подавляющих окислительные процессы и способствующих уменьшению расхода кислорода, нам не известны. Но можно привести пример перехода озера из заморного в незаморное в результате сброса в него отходов производства. Исетское водохранилище в прошлом являло собой болотный, дистрофный, карасевый водоем, кислый, слабой минерализации, с повышенной концентрацией железа, свободной углекислоты, гумусовых веществ. Подо льдом создавались заморные условия. При длительном сбросе в Исетское водохранилище шлаков и золы богословских каменных углей его природный физико-химический облик резко изменился: оно превратилось к 1948 г. в незаморный, мезотрофный лещевый водоем (Балабанова, 1964).

УралСибНИИРХ задался целью выявить отходы промышленности, пригодные для химической мелиорации заморных озер. Нами были отобраны из промышленных известковых отходов (Мамаева, 1966) торфяная зола (ТЗ) Свердловской теплоэлектроцентрали и электроплавильный шлак (ЭШ) Верх-Исетского металлургического завода. Оба отхода лежат в отвалах, сыпучи, не требуют перед использованием предварительной обработки, имеют повышенно щелочную активную реакцию

(pH 12 и 10). ЭШ содержит до 58% окиси кальция и до 10% окиси магния; в нем много силикатов (23%), есть фтористый кальций (10%), окись железа (1%), окись алюминия (4%); сера, фосфор, марганец составляют десятые и сотые доли процента. В ТЗ меньше окиси кальция и магния, но больше серы, фосфора; присутствует углерод и барий. В обоих отходах обнаружены микроэлементы, важные для жизненных процессов, при наибольшем количестве меди и ванадия в ТЗ и хрома в ЭШ (табл. 1, согласно анализу центральной лаборатории УГУ от 10/VII 1965).

Таблица 1

Микроэлементы, обнаруженные в ТЗ и ЭШ, %

Вид отходов	Ni	Co	Cu	V	Mo	Cr	Be
ТЗ	>0,001	<0,003	>0,03	<0,03	0,0003	0,01	0,0001
ЭШ	Следы	—	Следы	0,003	—	0,06	<0,0001

Были поставлены в 1965 и 1966 гг. лабораторные опыты, чтобы выяснить влияние ТЗ и ЭШ на химизм воды и илов заморных озер, при температурах, характерных для теплого и холодного периодов, на свету и в темноте, в сосудах, не изолированных и изолированных от воздуха. Подопытные воды были пресные, полиионные, слабой и средней минерализации, мягкие, гидрокарбонатные, как содержащие кислород при прочих благополучных для жизни рыб показателях химизма, так и лишенные кислорода, летальные для ихтиофауны.

Первая серия опытов должна выяснить: 1) значение ТЗ и ЭШ как известкового материала, повышающего, сравнительно с $CaCO_3$, величины pH; 2) концентрации ТЗ и ЭШ, обусловливающие подщелачивание воды до определенного pH; 3) срок действия внесенных отходов.

Подопытная вода (без ила) имела индекс $C_{0,1}^{Ca\,1,7}$ с pH 7,00. Она же служила контролем. Внесенная в воду известь в дозах 100—600 *мг/л* повышала pH в каждой пробе во времени только до величины 7,19—7,38, вне зависимости от доз. Различные концентрации торфяной золы дали иные результаты: 100 *мг/л* повышало pH воды до 7,18; 200 *мг/л* — до 7,25, а доза ТЗ 600 *мг/л* — до 7,40. Те же концентрации ЭШ резко увеличивали pH воды, соответственно, до 7,57; 7,59 и 8,41. Трехмесячные наблюдения показали, что последействие зависит и от реагента и от его доз; например, на шестидесятый день ТЗ подщелачивал воду до pH 7,18—7,38; ЭШ — до pH 7,57—8,20; $CaCO_3$ — до 7,37—7,38.

Вторая серия опытов выясняла влияние ТЗ и ЭШ на целый ряд показателей химизма заморного озера, летально действующих на рыб: отсутствие кислорода, сероводород, большие концентрации свободной углекислоты, железа, солевого аммиака (табл. 2). Использована вода $C_{0,1}^{Ca\,1,7}$, лишенная кислорода и содержащая много сероводорода и свободной углекислоты, с кислым pH, с концентрацией железа порядка 3 *мг/л*, а солевого аммиака 6 *мг/л*. Такая вода характерна для заморного озера в подледный период. Опыт проводили в трех аквариумах с илом на дне.

Первый аквариум служил контролем. Во второй была добавлена ТЗ (доза 500 *мг/л*), а в третий внесен ЭШ из расчета 250 *мг/л*. Все три аквариума были изолированы от воздуха парафином. Анализ воды через 45 дней показал: вода в контроле сохранила свои заморные свойства (была ионнокислой, содержала по-прежнему много сероводорода, свободной углекислоты, железа, солевого аммиака).

Таблица 2

Воздействие ТЗ и ЭШ на химический состав воды заморного озера характерного для подледного периода, *мг/л*

Аквариум	Подопытная вода	Дата анализа 1965 г.	O_2	H_2S	CO_2 свободная	pH	ΣFe	$NH_4^{\bullet}$	CO_3''	SO_4''	SiO_2	P	$Ca^{\cdot\cdot}$
1	Контроль (вода+ил)	31/III	0	Много	112,9	6,55	2,99	6,0	0	2,9	1,9	0,070	43,8
		6/V	0	Много	57,2	6,81	3,20	6,0	0	2,2	4,8	0,072	43,4
2	Контроль + 500 *мг/л* ТЗ	6/V	0	Отсутствует	17,6	7,58	0,60	2,0	0	6,4	4,8	0,162	81,0
3	Контроль + 250 *мг/л* ЭШ	6/V	0	Отсутствует	0	8,99	0,60	4,0	40,8	3,9	6,8	0,082	47,4

Таблица 3

Влияние ТЗ и ЭШ на замедление темпа расхода растворенного кислорода и на концентрации ряда показателей заморности в воде сильно и менее заморного озера при высоких температурах

Вода и ил озера	Аквариум	Подопытная вода	Дата анализа за 1965 г.	O_2		pH	CO_2 свободная	CO_3''	ΣFe	$NH_4^{\bullet}$	H_2S
				мг/л	%		*мг/л*				
Здохня	1	Исходная+ил	11/IX	8,10	83,2	7,61	2,0	0	0,23	0,3	Нет
		То же, после парафинирования	21/IX	0,00	0,0	7,21	13,2	0	1,20	0,8	Есть
		Исходная+ил+2 *г/л* ТЗ	11/IX	7,60	78,0	8,40	0	6,0	0,20	0,4	Нет
	2	То же, после парафинирования	21/IX	0,12	1,23	8,19	0	0,0	0,36	0,8	Нет
		с 11/IX	1/X	0,00	0,0	8,80	0	8,4	0,17	0,4	Нет
Вашты	3	Исходная+ил	27/VIII	5,43	54,7	7,10	11,0	0	0,28	2,0	Нет
		То же, после парафинирования	11/IX	0,21	2,2	6,98	35,2	0	0,10	2,0	Нет
		с 27/VIII	21/IX	0,00	0,0	7,09	24,2	0	4,00	2,0	Есть
	4	Исходная+ил+2 *г/л* ТЗ	27/VIII	7,02	70,6	8,80	0	8,4	0,16	1,5	Нет
		То же, поле парафинирования	11/IX	0,19	1,9	8,19	0,04	0,0	0,32	2,0	Нет
		с 27/VIII·	21/X	0,07	0,7	8,40	0	6,0	0,36	2,0	Нет
			1/X	0,20	2,1	8,79	0	10,8	0,48	2,0	Нет
			11/X	0,00	0,0	8,43	0	2,4	2,00	3,00	Нет

Таблица 4

Влияние ТЗ и ЭШ при низких температурах на замедление расхода кислорода и концентрации ряда ингредиентов (средние за 8 определений)

Вода и ил озера	Дата 1966 г.	№ бутыли	Вода в бутылях	O_2		pH	CO_2 свободная	CO_3''	ΣFe	NH_4^+
				мг/л	%		*мг/л*			
Сильно замор-ного	19/II	—	Исходная	8,40	82,0	7,03	9,2	0	0,060	0,40
	1/III—13/VII	1	Контроль (исходная+ил) . . .	1,59	12,2	6,45	57,2	0	0,450	0,90
		2	Исходная+ил+600 *мг/л* ТЗ .	2,43	19,4	7,27	34,4	0	0,320	0,90
		3	Исходная+ил+300 *мг/л* ЭШ .	2,05	15,2	9,10	0	26,6	0,340	4,80
Незаморного	19/II	—	Исходная	8,90	86,8	7,38	17,6	0	0,080	0,10
		4	Контроль (исходная+ил) . . .	1,54	9,5	7,15	57,8	0	0,083	0,44
	1/III—13/VII	5	Исходная+ил+600 *мг/л* ТЗ . .	6,27	48,5	7,44	39,3	0	0,100	0,52
		6	Исходная+ил+300 *мг/л* ЭШ .	2,61	20,3	8,58	0	4,3	0,206	0,22

В аквариум с ЭШ и ТЗ сероводорода уже не было, вода стала ионнощелочной; содержание свободной углекислоты снизилось в несколько раз, или же она исчезала; концентрация железа стала менее 1 *мг/л*, а солевой аммиак упал до допустимой для рыб нормы. Конечно, в изолированной среде как в контроле, так и во втором и третьем аквариумах кислород не появился. Дополнительные варианты опытов второй серии дали те же результаты; а небольшие отличия зависели от различий в свойствах подопытной воды.

Третья серия опытов имела цель выяснить уменьшение расхода кислорода в воде озер с илом, изолированной от воздуха, под влиянием различных доз ТЗ и ЭШ, при различных температурах.

Первый вариант (табл. 3) ставился в четырех аквариумах, на свету, при высоких температурах (16—20°), длился с 27/VIII по 11/X 1965 г. Использована пресная вода с илом сильно заморного (Здохня) и менее заморного (Вашты) озер, содержащая в значительных количествах кислород, ионнонейтральная, с небольшой концентрацией свободной углекислоты, с содержанием железа менее 0,5 *мг/л* и допустимой нормой солевого аммония. Первый и третий аквариум служили контролем, во второй и четвертый добавляли торфяную золу из расчета 2 *г/л*.

В контроле с водой сильно заморного озера, несмотря на большее содержание растворенного кислорода и меньшую концентрацию ингредиентов заморности, кислород исчез на десятый день, при одновременном увеличении железа, свободной углекислоты, солевого аммиака. В контроле с водой менее заморного озера кислорода не стало на 25-й день. В аквариумах, в которые вносилась торфяная зола, кислород, сравнительно с контролем, расходовался гораздо медленнее, сохранялся почти в два раза дольше; при этом воды здесь были ионнощелочными, свободная углекислота отсутствовала при наличии монокарбонатов; железа было менее 0,5 *мг/л*. В контроле к концу опыта концентрации железа превысили в несколько раз предельно допустимую норму для рыб.

Второй вариант ставился в холодильнике при низких температурах (средняя +5°) с 19/II по 13/VII 1966 г. Использована вода с илом, характерная для заморного озера перед ледоставом, разлитая по шести двухлитровым бутылям с притертыми пробками. Она содержала большое количество растворенного кислорода (порядка 8,50 *мг/л*), была ионнонейтральной с сотыми долями *мг/л* железа и десятыми *мг/л* солевого аммиака. Первая и четвертая бутыль служили контролем, в другие прибавлено ТЗ и ЭШ. Приводим средние из восьми определений за время опыта по ряду ингредиентов (табл. 4). В контроле кислород был порядка 1,5 *мг/л*, pH снизился, резко увеличилась свободная углекислота, стало больше аммонийного азота.

Прибавление к воде заморного озера ТЗ или ЭШ сохранило в ней кислород в количествах >2 *мг/л* при повышении pH, уменьшении концентрации железа, свободной углекислоты или ее исчезновении с появлением монокарбонатов. В бутылях с водой незаморного озера внесение ТЗ и ЭШ привело к сохранению кислорода в еще больших количествах (до 6,27 *мг/л*), к повышению pH, к уменьшению по сравнению с контролем свободной углекислоты, железа и солевого аммиака.

В подопытных водах с илом исследовалось изменение физико-химических свойств озерных видов под влиянием ТЗ и ЭШ. В илах увеличивались: удельный вес, содержание золы, $CaSO_4$, Fe_2O_3, Al_2O_3, нерастворимый остаток при уменьшении глинистого остова, коллоидного комплекса, органического вещества. Из ила исчезал сероводород. В иловом растворе появлялись монокарбонаты, pH из кислого становился щелочным. Параллельное увеличение в илах меди, ванадия, хрома, бериллия может быть отнесено также за счет отходов.

Итак, ТЗ и ЭШ повышают активную реакцию воды и илов, обусловливают исчезновение в них сероводорода; снижают в воде концентрации свободной углекислоты, железа, солевого аммиака до величин, безвредных для рыб. Кислород в воде заморного озера, изолированно от воздуха, под воздействием ТЗ и ЭШ расходуется в гораздо меньших количествах, чем в контроле, так как эти отходы подавляют окислительные процессы. Интенсивность и продолжительность действия отходов зависит от их доз и свойств подопытной воды. ЭШ более активен, вызывая тот же химический эффект концентрациями меньшими, чем ТЗ; последействие ЭШ более длительно.

Вносить отходы (при этом ЭШ в меньших дозах, чем ТЗ) в озеро надо перед ледоставом, когда в заморном озере много кислорода и реагенты перемешиваются во всей водной массе предледоставными ветрами большой силы.

ЛИТЕРАТУРА

Абросов В. Н. и Забегалина Н. А. Изменение гидрохимического режима озера Окуневец под влиянием известкования и удобрения.— Изв. ГосНИОРХ, 1963, 55.

Балабанова З. М. За чистоту водоемов Урала.— Природа, 1957, № 9.

Балабанова З. М. Предотвращение заморов в уральских озерах.— Охрана природы на Урале, т. 3. Свердловск, 1962 (Урал. фил. АН СССР).

Балабанова З. М. Уральские водохранилища.— Труды УралНИОРХ, 1964, 6.

Баранов И. В. и Пшенина Т. И. Влияние извести и азотно-фосфорных удобрений на гидрохимический режим и первичную продукцию оз. Жемчужного.— Изв. ГосНИОРХ, 1963, 55.

Винберг Г. Г. и Ляхнович Б. П. Удобрение прудов. М., Пищепромиздат, 1965.

Мамаева Е. Т. Рекомендации по использованию в качестве удобрений в зеленом строительстве отходов металлургической и угольной промышленности и электростанций Урала. Свердловск, 1966 (Урал. науч.-иссл. ин-та АКХ).

АКАДЕМИЯ НАУК СССР
УРАЛЬСКИЙ ФИЛИАЛ

РАСТИТЕЛЬНОСТЬ И ПРОМЫШЛЕННЫЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ 1970

Г. Г. ЩЕРБАКОВ

Группа по охране природы при Совете Министров Киргизской ССР, Фрунзе

ОБ АГРОБИОЛОГИЧЕСКОМ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ОТХОДОВ САХАРНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ КИРГИЗИИ В СВЯЗИ С ОХРАНОЙ ВОДОЕМОВ ОТ ЗАГРЯЗНЕНИЯ

Основной технической культурой на севере Киргизии (Чуйская долина) является сахарная свекла. Специализация сельского хозяйства Чуйской долины определила развитие и расширение сахарной промышленности Киргизии. В настоящее время в Чуйской долине работает шесть сахарных заводов (Токмакский, Кантский, Ново-Троицкий, Беловодский, Кара-Балтинский и Каиндинский), намечается строительство еще одного.

Процесс сахароварения связан с потреблением огромных количеств воды, образованием и сбросом примерно такого же количества загрязненных сточных вод. Достаточно сказать, что сахарный завод средней мощности (20—30 тыс. *ц* сахара в сутки) потребляет 10—12 $м^3$ воды на 1 *т* переработанной свеклы.

Все сахарные заводы Киргизии сбрасывают около 5 млн. $м^3$ сточных вод, нуждающихся в очистке. В основном это сильно загрязненные воды, состоящие из технологических стоков (фильтпрессные, диффузионные), жомовых вод, частично транспортерно-моечных и хозяйственно-фекальных сточных вод. Упомянутые стоки сахарных заводов по условному делению (Чекурда, 1951) относятся к III категории и являются наиболее загрязненными. Сточные воды I категории — практически чистые (барометрические) и II категории — загрязненные механическими примесями (транспортерно-моечные) используются заводами в цикле оборотного водоснабжения. Так как сточные воды II категории, содержащие незначительное количество органических примесей, после многократного повторного использования склонны к загниванию, то они периодически сбрасываются в водоток III категории.

Сточные воды III категории содержат очень большой плотный остаток (20036,0 *мг/л*) и много взвешенных веществ (616—8268 *мг/л*). При этом более 50% плотного остатка составляют органические вещества, сбраживание и гниение которых обусловливает большую восстановительную способность стоков. Окисляемость сточных вод достигает 1488,9 O_2 *мг/л*, а биохимическая потребность в кислороде (БПК) — 1570 O_2 *мг/л* (Перелыгин, 1954).

Сброс неочищенных сточных вод сахарных заводов в водоемы наносит значительный, иногда непоправимый ущерб. Вредное влияние стоков прежде всего связано с интенсивным потреблением растворенного в воде кислорода. Взвешенные вещества, попадая в водоем, оседают на дно и образуют стойкий очаг вторичного загрязнения. Кроме того, со сточными водами в водоемы попадает значительное количество сильного

протоплазматического яда — сапонина. Резкий недостаток кислорода, наряду с действием сапонина, вызывает массовую гибель рыбы, а загнивание воды водоема делает его абсолютно непригодным для использования.

Наличие в сточных водах большого количества органических веществ, минеральных солей, их высокая бактериологическая обсемененность предопределяют их потенциальную ценность для агробиологического использования. По данным М. С. Курбатова (1955), со сточными водами сахарных заводов Киргизии в р. Чу ежегодно сбрасывается до 150 тыс. *кг* азота, 10 тыс. *кг* P_2O_5, 100—150 тыс. *кг* калия. По мнению этого автора, этими веществами можно удобрить около 2700 *га* земли.

Вопрос об использовании отходов сахарной промышленности в сельском хозяйстве в качестве удобрений не нов. Однако практика использования отходов сахарных заводов для орошения сельскохозяйственных культур значительно отстает от имеющихся рекомендаций. Это, на наш взгляд, обусловлено рядом обстоятельств.

1. Использование сточных вод сахарных заводов и особенно фильтпрессной грязи в сельскохозяйственном производстве связано с конкретными условиями, которые определяются наличием свободных земельных площадей, характером почв, экономической целесообразностью и т. п., а также необходимостью проведения тщательных агробиологических исследований.

2. Сахарные заводы работают в осенне-весенний период. Поэтому сточные воды могут использоваться только для влагозарядковых поливов. В условиях же поливного земледелия это связано с необходимостью хорошего обеспечения земельных площадей оросительной водой в вегетационный период, так как использование сточных вод и фильтпрессной грязи требует более частых поливов в летнее время.

3. Существует мнение о том, что сточные воды сахарных заводов возможно, а в ряде случаев и целесообразно очищать методом искусственной биологической очистки.

Первые сведения о применении сточных вод и дефекационной грязи в Киргизии для удобрения полей получены из практики. В 1951 г. на Беловодском сахарном заводе пущены в эксплуатацию поля фильтрации. Так как в летний период они пустуют, рабочие разбирали их под огороды. Хорошо развиваются подсолнечник, кукуруза, бахчевые культуры, тыква, лук, сахарная и кормовая свекла, особенно на тех картах, которые подвергались ежегодному затоплению сточными водами, и на участках, имеющих значительный слой фильтпрессной грязи (30—50 *см*). На ряде таких участков получали урожаи картофеля с 1 *га* (до 32 *т*) больше, чем в колхозах на поливных землях (10—15 *т*). Полевые опыты В. М. Перелыгина (1955) по выращиванию картофеля и кукурузы на участках, получавших полив сточными водами в течение двух лет, дали весьма положительные результаты, особенно по приросту зерна и силосной массы у кукурузы (в 1,5—2 раза против контроля).

Исследования почвы полей фильтрации Беловодского завода, проведенные В. М. Перелыгиным и почвенным отделом Академии наук Киргизской ССР (А. И. Явкина, Т. Ф. Шеремет, Н. К. Баженов), показали, что слабосолонцеватые сероземы полей фильтрации, получив в течение двух-трех лет от 70 до 105 тыс. $м^3$ на 1 *га* сточной воды, по сравнению с контролем обладают меньшей щелочностью, содержат меньше хлоридов, в большей степени обогащены общим азотом, гумусом, органическими и некоторыми минеральными веществами. Все это привело исследователей к выводам о благоприятном влиянии сточных вод сахарных заводов на плодородие почвы.

На четырех заводах республики из шести в процессе очистки сточные воды освобождаются от грубой механической взвеси в земляных отстойниках. При ежегодной очистке отстойников (перед сезоном сахароварения) на сахарных заводах республики накопилось сотни тысяч тонн фильтпрессной или дефекационной грязи, содержащей в себе много органических веществ и большой спектр минеральных солей. По данным Института химии Академии наук Киргизской ССР (цит. по М. С. Курбатову, 1955) фильтпрессная грязь содержит до 10—15% органических веществ, до 2% фосфорной кислоты и окиси магния, не менее 0,5% валового азота, 2—3% SO_2, 2—3% окиси магния, 40—46% окиси кальция, следы марганца, бора, меди, стронция и другие необходимые для растений микроэлементы. Кроме того, фильтпрессная грязь характеризуется повышенной микробиологической активностью.

По всем этим признакам дефекационная грязь является не только косвенным известковым, но и универсальным прямым удобрением (Курбатов, 1955). Было высказано предположение, что имеющихся запасов дефекационной грязи достаточно для химизации 10—20 тыс. *га* земли, даже при высоких дозах внесения грязи.

Это вызывало живой интерес многих научных учреждений Киргизии сельскохозяйственного профиля. Испытывалось в полевых опытах в различных условиях влияние чистого дефеката, в сочетании с навозом и минеральными удобрениями, наряду с применением органических и минеральных удобрений без дефеката, на урожайность ряда сельскохозяйственных культур (озимая и яровая пшеница, сахарная свекла, кукуруза, картофель и др.). Получены вполне положительные результаты, свидетельствующие, что на северном обыкновенном сероземе фильтпрессная дефекационная грязь сахарных заводов является хорошим местным удобрением под многие культуры. По эффективности она не может конкурировать с навозом или минеральными удобрениями (полная доза), но низкая себестоимость, связанная только с транспортировкой грязи от заводов на поля, позволяет рассматривать ее как очень перспективный и значительный резерв устойчивого повышения урожайности. На сероземно-луговых солонцеватых почвах Чуйской долины дефекационная грязь, в том числе в прокаленной форме, улучшает агробиологические свойства почвы, повышая ее плодородие. По мнению сотрудников Киргизского института земледелия, это объясняется действием активного кальция, содержащегося в дефекационной грязи.

Интересные исследования лаборатории мелиорации почв Института почвоведения Министерства сельского хозяйства Киргизской ССР показали перспективность использования фильтпрессной грязи не в чистом виде или в простой смеси с навозом, а в форме компостов, вносимых в почву через 1,5—3 месяца после приготовления под посевы. Положительное действие компостов получено на сероземно-луговых солонцеватых почвах и выщелоченных сероземах в посевах ржи и люцерны.

Учитывая все эти факты о положительном влиянии отходов сахарной промышленности на урожайность сельскохозяйственных культур и в целях охраны водоемов республики, Совет Министров Киргизской ССР в 1965 г. принял постановление «Об использовании сточных вод и дефекационной грязи сахарных заводов для орошения и удобрения сельскохозяйственных полей». В соответствии с этим постановлением Госпланом и Министерством мелиорации и водного хозяйства республики предусматривается проектирование и строительство в течение 1966—1970 гг. земледельческих полей орошения при всех сахарных заводах, в первую очередь на Кара-Балтинском и Ново-Троицком заводах. Институт земледелия обязан заложить широкие производственные опыты на площади

не менее 200 *га* для всесторонней проверки эффективности дефекационной грязи и способов ее применения в производственных условиях. Министерство сельского хозяйства уже проводит организационные мероприятия по использованию дефекационной грязи на полях колхозов, расположенных вокруг сахарных заводов.

Капитальные затраты на устройство и эксплуатацию земледельческих полей орошения, по данным проектных институтов, полностью окупаются в течение 15—20 лет за счет одного повышения урожайности сельскохозяйственных культур. Наконец, устройство земледельческих полей орошения для агробиологического использования сточных вод избавляет сахарные заводы от необходимости строительства дорогостоящих и малоэффективных сооружений по искусственной очистке стоков, которые к тому же требуют значительных ежегодных и постоянных затрат на содержание и эксплуатацию.

Выводы

1. Отходы сахарной промышленности (сточные воды и фильтпрессная грязь) наиболее целесообразно обезвреживать путем использования их для орошения и удобрения сельскохозяйственных полей.

2. Агробиологическое использование отходов сахарных заводов, помимо повышения урожайности сельскохозяйственных культур и плодородия почв, оказывает большой санитарно-гигиенический эффект в деле охраны водоемов от загрязнения. Улучшаются условия использования водоемов для водоснабжения, культурно-оздоровительных целей и рыбоводства.

ЛИТЕРАТУРА

Курбатов М. С. Солонцеватые почвы Чуйской долины и их улучшение. Фрунзе, Госкиргизиздат, 1955.

Перелыгин В. М. О возможности переработки сточных вод и фильтпрессной грязи сахарных заводов агробиологическим способом.— Тезисы докл. научной сессии, посвященной пятнадцатилетию Киргизского медицинского ин-та. Фрунзе, Госкиргизиздат, 1954.

Перелыгин В. М. Санитарная характеристика сахарных заводов Киргизии. Автореф. канд. дисс. Фрунзе, 1955.

Чекурда А. Ф. Мероприятия по очистке сточных вод и санитарной охране источников водоснабжения сахарных заводов. М., Госхимиздат, 1951.

АКАДЕМИЯ НАУК СССР
УРАЛЬСКИЙ ФИЛИАЛ

РАСТИТЕЛЬНОСТЬ И ПРОМЫШЛЕННЫЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ 1970

П. М. МЕДВЕДЕВ

Полярно-альпийский ботанический сад, Кировск

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЗАКРЕПЛЕННЫХ ХВОСТОВЫХ ОТЛОЖЕНИЙ АНОФ-1 КОМБИНАТА «АПАТИТ»

При закреплении хвостовых отложений на них создается растительный покров, который можно использовать как кормовую базу для животноводства.

Трехлетние (1964—1966 гг.) испытания многолетних кормовых трав на нефелиновом отвале показали, что большинство их вполне пригодно для создания искусственного высокоурожайного лугового травостоя. Лучшими из верховых злаков оказались костер безостый, лисохвост луговой, тимофеевка луговая, волоснец сибирский, бекмания обыкновенная и пырей сизый, а из низовых злаков — овсяница красная, мятлик луговой, полевица белая. Наивысшую продуктивность они давали в чаше хвостохранилища. Костер безостый и волоснец сибирский на некоторых участках крутого юго-восточного склона дамбы росли даже лучше, чем в чаше, но крутые склоны, как и сама дамба, требуют особенно хорошего закрепления и потому травостой на них не должен скашиваться.

Травостой костра безостого на склоне достигал высоты до 180 *см* генеративных побегов и до 130 *см* вегетативных и дал в 1966 г. на 1 $м^2$ 2100 *г* сырой массы (сухой 780 *г*). В чаше высота костра достигает 100 *см* и больше вегетативных, а генеративных побегов было очень мало. Высоты 100 *см* и выше достигали лисохвост луговой (до 120—150 *см*), пырей сизый (до 130 *см*), бекмания обыкновенная (до 110 *см*), тимофеевка (до 105 *см*), волоснец сибирский (до 125 *см* и на склоне до 145 *см*), пырей ползучий (до 130 *см*). Высота низовых злаков овсяницы красной, мятлика лугового и полевицы белой достигает 70 *см*, а овсяницы красной до 100 *см*.

Конечно, вес и рост растений были обусловлены не только местоположением, но и удобрением, сроками посева и нормами высева семян (см. таблицу). Наилучший срок сева — ранневесенний (во второй половине мая). Необходимо внесение удобрений в количестве $N_{60}P_{60}K_{30}$ и почвы или торфа 2 *см*.

Данные об урожайности трав при внесении разного количества удобрений довольно противоречивы. Однако они свидетельствуют о значительном повышении сырой массы травы при внесении удобрений. При этом оказалось бесполезным внесение азота в дозе, превышающей 60 *кг* на 1 *га*. Урожайность зависит и от нормы высева семян. Так, костер безостый в 1965 г. при расходе семян 10 *г* на 1 $м^2$ дал сырой массы 2270 *г*; при высеве 5; 2,5 и 1,25 *г*, соответственно,— 1520, 1600 и 1420 *г* на дан-

ную площадь. Однако в 1966 г. наилучшие результаты показал посев с расходом семян 2,5 *г* на 1 *м*².

Большинство видов злаков показали биологический урожай в пределах 1,5—2,5 *кг* зеленой массы с 1 *м*², что дает в среднем 0,5 *кг* сена с 1 *м*², или 5 *т* в переводе на 1 *га*. При подзимнем посеве даже в первый год жизни можно получать 1—2 *кг* с 1 *м*² сырой (зеленой) массы лисохвоста, волоснеца сибирского, тимофеевки и пырея сизого. Конечно, регулируя удобрения и сроки их внесения, можно значительно повысить урожайность. Так, увеличение дозы фосфорного удобрения под пырей сизый значительно увеличивает его устойчивость, перезимовку и урожай массы. Большинство видов трав посева 1964 г. дали хороший урожай в 1965—1966 гг. В 1966 г. выпала овсяница луговая (посева 1964 и 1965 гг.). Райграс пастбищный в 1965 г., на второй год жизни, когда он выколосился, дал самый большой укос сырой массы по сравнению со всеми другими травами (см. таблицу). Он всех сильнее кустился и дал наибольшее число побегов на куст, причем хорошо рос и на дамбе, на сухом местообитании с передуваемым песком. После выколашивания в 1965 г. он не перенес суровой зимы 1965—1966 гг.

Из посева 1964 г. наиболее засухоустойчивым и конкурентоспособным оказался костер безостый. Он не завядал до конца вегетационного периода. Лисохвост луговой тоже удерживал свои позиции, но в 1965 г. (хотя лето было довольно дождливым) завял, как и овсяница луговая, тимофеевка луговая и бекмания. Летом 1966 г., еще более дождливым, этого не наблюдалось. В эти два дождливые сезона, когда хозяйства были в большом затруднении при вывозке богатого урожая трав с болотных участков, наглядно было видно преимущество хвостохранилища для уборки урожая и его вывозки — здесь не застаивались и отсутствовали вода и грязь.

Посевы 1965 г. в 1966 г. представляли совершенно другую картину. Костер и лисохвост в значительной части выпали и были ниже ростом; овсяница

Урожайность многолетних трав (сырой вес) посева 1964 г. в чаше хвостохранилища*, *г/м*²

Удобрение при посеве	Дата посева	Костер безостый		Лисохвост луговой		Тимофеевка луговая		Бекмания обыкновенная		Райграс пастбищный		Мятлик луговой	
		1965	1966	1965	1966	1965	1966	1965	1966	1965	1966	1965	1966
Контроль (без удобрения)	21/V	490	800	1540	1045	1940	2230	350	1540	1170	—	—	720
$N_{80}P_{80}K_{30}$	21/V	1350	1495	1870	1390	—	1980	510	1170	2750	—	—	1030
$N_{200}P_{80}K_{30}$	20/V	2250	1575	1970	1450	2600	1170	930	1680	3000	—	—	760
$N_{60}P_{80}K_{30}$	17/VI	1490	1380	1190	1520	1540	1200	—	1120	2120	—	—	—
$N_{60}P_{80}K_{30}$+2 *см* торфа	28/V—4/VI	880	1800	1370	1630	2850	—	620	800	3170	—	—	—
$N_{60}P_{80}K_{30}$+торф кусками	5—8/VI	950	1535	2230	1155	1550	1560	—	415	1720	—	—	—
$N_{60}P_{80}K_{30}$+2 *см* почвы	8—9/VI	1070	2395	1600	2390	—	—	—	—	1970	—	—	—
$N_{60}P_{80}K_{30}$+почва													

* Укосы в августе 1965 г. и 20—25/VIII 1966 г.

луговая и райграс остались в виде одиночных экземпляров. Лучше всех перезимовала и дала в чаше хранилища большую массу овсяница красная. Причина такого резкого различия заключалась в позднем посеве (в июле) 1965—1966 гг. и недостаточном удобрении.

Из всех испытанных кормовых злаковых трав наиболее пригоден костер безостый. Он дает хороший урожай травы, долговечен, засухо- и морозоустойчив, имеет мало генеративных и много вегетативных побегов и хорошую облиственность и сохраняется зеленым до поздней осени. Костром необходимо при наличии семян засеять всю площадь хвостохранилища. Реальным выходом из этого положения явится выращивание семян в более южных областях, поскольку костер разного происхождения хорошо растет в Мурманской области.

Рост трав на хвостовых отложениях ограничивает отсутствие здесь азота. Только при обильной азотной подкормке ежегодно можно будет получать высокие урожаи трав. Поэтому возникает необходимость внедрения в травостой бобовых многолетних трав. Предварительные опыты их высева убедили нас в полной возможности создать злаково-бобовый травостой и этим решить две задачи — увеличить количество азота в песке и белка в кормах. Из высеянных весной 1964 г. вместе со злаками клевера красного (местные семена) и люцерны (сорт Камалинская 1323— семена из Сибири) прижились оба вида. Однако люцерна, посеянная с костром, заглушалась им, а клевер хорошо рос только на делянках со слоем почвы или торфа в 2 *см*. Видимо, наиболее перспективными бобовыми травами для внедрения в злаковый густой травостой будут местные многолетние горошки — заборный и мышиный, а также чина луговая. Семена горошка заборного в условиях Мурманской области ежегодно вызревают, мышиного же вызревают хуже, а у чины луговой завязывается очень мало семян.

Посев этих бобовых показал, что они очень плохо растут на песках только с минеральным удобрением и вполне удовлетворительно (судя по первому году жизни) на участках, удобренных еще и торфом. На этих участках на корнях мышиного горошка, вики посевной, копеечника альпийского, люпина многолетнего имеются клубеньки. Сеять горошки заборный и мышиный необходимо под зиму, что и практикуется нами. Конечно, возможен и весенний посев при условии частичного повреждения твердой оболочки обработкой крепкой серной кислотой и другими способами.

Из всего изложенного можно сделать вывод о том, что хвостовые отложения апатита нефелиновых фабрик — нефелиновые пески — представляют на Крайнем Севере ценнейший фонд земель для создания на них хорошей кормовой базы с луговым травостоем. Ценность этих отложений возрастает еще и от того, что на освоение их для сельского хозяйства не надо вкладывать крупных затрат, которых требуют участки из-под болот, лесов и т. д. Так, по данным Мурманского областного управления сельского хозяйства, освоение 1 *га* минеральной почвы стоит 400—600 руб., а 1 *га* болотной почвы — 2—2,5 тыс. руб. Следовательно, засев многолетними травами массивов хвостовых отложений дает большую экономию средств.

ПРОФЕССОР Б. П. КОЛЕСНИКОВ

(60 лет со дня рождения)

В мае 1969 г. исполнилось 60 лет со дня рождения крупного геоботаника и лесовода, видного деятеля в области охраны природы Бориса Павловича Колесникова.

На протяжении многих лет Б. П. Колесников ведет плодотворную научную работу по рациональному использованию и охране природных богатств нашей страны и прежде всего Урала. С 1958 г. он возглавляет Комиссию по охране природы Уральского филиала АН СССР.

Б. П. Колесников родился в г. Петербурге в семье военного фельдшера. В 1931 г. он окончил Дальневосточный лесотехнический институт и начал деятельность по изучению растительных ресурсов нашей страны. Главное внимание Б. П. Колесников уделил исследованию лесных богатств Дальнего Востока и Урала. Им глубоко и всесторонне изучены кедровые леса Дальнего Востока. Б. П. Колесников подготовил и в 1951 г. защитил докторскую диссертацию. Много сил отдал он также исследованию важнейших древесных пород Дальнего Востока — видов лиственниц, сосны обыкновенной, чозении и др. Особое значение имеет разработанная им и успешно внедряемая в лесохозяйственную практику генетическая классификация типов леса. Большой размах в период работы Б. П. Колесникова на Дальнем Востоке приобрели его геоботанические исследования. На их основе Б. П. Колесников опубликовал геоботаническую карту Приморского края и схему ботанико-географического и лесорастительного районирования Дальнего Востока.

С 1956 г. начался уральский период деятельности Б. П. Колесникова. Здесь он продолжает разработку проблем лесной типологии на примере лесов Урала и организует цикл других исследований, направленных на всестороннее изучение растительных ресурсов этого региона.

Одновременно он начинает свою деятельность в Комиссии по охране природы Уральского филиала АН СССР. Б. П. Колесников организует работу по учету и описанию памятников природы Урала. По его инициативе руководящие областные организации Свердловской и Челябинской областей приняли постановления об охране этих объектов.

Б. П. Колесников много сделал для развития теоретических основ новой научной дисциплины, связанной с разработкой вопросов рационального и всестороннего использования природных ресурсов и их сохранения для будущих поколений. Особо следует отметить работу «Природоохранительное районирование Урала» (Труды МОИП, 1966, т. 18), в которой впервые поставлена и решена проблема районирования крупного физико-географического региона с позиций охраны и безистощительного использования естественных богатств.

Немало сил отдал Б. П. Колесников постановке новой проблемы защиты природы от промышленных загрязнений. При его активном участии исследования в данном направлении, а также разработка мероприятий по использованию растительности для борьбы с вредным влиянием промышленных загрязнений, стали развиваться в Институте экологии растений и животных Уральского филиала АН СССР, в Уральском государственном университете и других учреждениях.

Б. П. Колесников неоднократно представлял природоохранительную науку на всесоюзных и международных конференциях.

В течение многих лет он участвует в борьбе общественности Урала за охрану природы родного края, будучи членом президиума Свердловской областной организации Всероссийского общества охраны природы. Б. П. Колесников известен в самых широких кругах работников науки, культуры и производства Урала и всей страны как активный деятель и пропагандист идей охраны природы.

С. А. Мамаев

СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ Б. П. КОЛЕСНИКОВА ПО ВОПРОСАМ ОХРАНЫ ПРИРОДЫ И КРАЕВЕДЕНИЯ

Заповедник охотской флоры и фауны (верховья рек Амгуни, Горина, Урми, Кура). — Заповедники Дальневосточного края. Зап. Примор. фил. Гос. геогр. о-ва, 1936, 6(23), стр. 66—76.

Состояние и задачи охраны природы на Урале. — Первое Уральское совещание по охране природы. (Тезисы докладов). Свердловск, 1958 (Урал. фил. АН СССР), стр. 17—19.

Первое научное совещание по охране природы Урала. — Изв. АН СССР, сер. биол., 1959, № 3, стр. 470—472.

Охрана природы и ближайшие задачи Комиссии Уральского отделения Географического общества СССР. — Доклады V Всеуральского совещания по вопросам географии и охраны природы Урала. Пермь, 1959, стр. 1—8.

Состояние и важные задачи охраны природы Урала. — Охрана природы на Урале, I. Свердловск, 1960 (Урал. фил. АН СССР), стр. 5—15.

О некоторых вопросах охраны природы на Среднем и Южном Урале. — Охрана природы и озеленение населенных пунктов. (Материалы VI Всесоюзного совещания по вопросам географии и охраны природы). Уфа, Башкир. гос. ун-т, 1961. (Совместно с В. И. Прокаевым).

Материалы к инвентаризации природных объектов Урала, нуждающихся в охране (сообщ. второе). — Охрана природы на Урале, II. Пермь, 1961 (Урал. фил. АН СССР), стр. 123—129.

Задачи охраны природы и рационального использования природных ресурсов Прикамья. — Охрана природы на Урале, III. Пермь, 1961 (Урал. фил. АН СССР), стр. 5—16. (Совместно с В. С. Гвоздевым, А. К. Шарцем и В. В. Тарчевским).

Охрана природы и природных ресурсов в Польше.— Охрана природы на Урале, III. Свердловск, 1962 (Урал. фил. АН СССР), стр. 99—117.

Изучение и освоение бросовых земель в Верхне-Силезском промышленном районе Польши (реферат). — Там же, стр. 173—181. (Совместно с В. С. Николаевским).

Охрана природы на Урале. — Труды IV совещания по охране природы СО АН СССР. Новосибирск, 1963, стр. 114—118. (Совместно с В. И. Прокаевым).

Лес — достояние народа (брошюра). Свердловск, Сверд. кн. изд-во, 1963, 88 стр. (Совместно с И. Вафеи).

Об учете памятников неживой природы Урала (письмо краеведам).— В помощь краеведу. Свердловск, Средне-Урал. кн. изд-во, 1964, стр. 76—77.

Охрана природы на Урале. — VI Всесоюзное совещание по охране природы. Минск, 1965, стр. 114—118.
О создании фотоальбома достопримечательностей Свердловской области. — Тезисы докладов к семинару городских и районных Советов краеведения. Свердловск, 1965 (Урал. гос. ун-т), стр. 5—6.
Припоселковые кедровники Свердловской области. — В помощь краеведу. Свердловск, Средне-Урал. кн. изд-во, 1966, стр. 68—76. (Совместно с М. Ф. Петровым).
Природоохранительное районирование Урала. — Проблемы физической географии Урала. Труды Моск. о-ва испытателей природы, 1966, т. 18, стр. 270—280 (с картой).
Средне-Уральский природный парк. — Памятники природы. Охрана природы на Урале, VI. Свердловск, 1967 (Урал. фил. АН СССР), стр. 20—36. (Совместно с В. И. Прокаевым).
Среднинский бор. — Там же, стр. 99—106. (Совместно с Г. Е. Коминым).
Основные проблемы охраны и рационального использования горных ландшафтов Урала. — Тезисы докладов Всесоюзной конференции по охране горных ландшафтов СССР. Ереван, 1968 (АН Арм. ССР), стр. 107—110.
Охрана природы — всенародное дело. — Охрана природы — всенародное дело. (Всесоюз. о-во охраны природы). Свердловск, Средне-Урал. кн. изд-во, 1968, стр. 7—29.

СОДЕРЖАНИЕ

Стр.

От редакции 3

В. В. Тарчевский. О выделении новой отрасли ботанических знаний — промышленной ботаники 5

М. Фогль, С. Бертитц, Г. Польстер (ГДР). Физиологические и биохимические исследования повреждений хвойных сернистым газом 10

Э. Эверт (ГДР). Некоторые работы отделения Института химии растений по исследованию повреждений от задымления 16

Я. Грешта (ПНР). Влияние промышленной загрязненности воздуха на сосновые и еловые древостои 20

А. П. Щербаков, И. Ф. Князева и Т. И. Полиевская. Жизнедеятельность древесных насаждений в условиях загрязненного воздуха в лесопарковом поясе г. Москвы 26

В. Г. Антипов. Влияние сернистого ангидрида на генеративные органы древесных растений 31

Ю. З. Кулагин. Газоустойчивость древесных растений и накопление серы в их листьях 36

Ф. Н. Баширова. Влияние повышенных доз микроэлементов на анатомо-морфологическое строение яблони сибирской 42

С. А. Мамаев. Влияние раствора хлористого натрия на прорастание семян сосны 48

Л. В. Моторина, Г. А. Зайцев, А. И. Савич, В. Н. Чеклина. Опыт сельскохозяйственной и лесной рекультивации на отвалах открытых разработок в Подмосковном бассейне 55

Я. Грешта (ПНР). Укрепление склонов бросовых земель, образованных в результате промышленной эксплуатации недр земли, при помощи растительности 63

К. Вернер (ГДР). Проблемы сельскохозяйственной рекультивации буроугольных отвалов 72

Е. Прокопиев (НРБ). Лесорастительные особенности и возможности облесения терриконов в промышленном районе г. Перник 76

В. В. Тарчевский. Классификация промышленных отвалов 84

А. Д. Гогатишвили. Современное состояние и перспективы рекультивации земель открытых разработок полезных ископаемых в Грузии 90

В. А. Овчинников. Комплексность исследований по рекультивации земель, нарушаемых карьерами 96

Ю. И. Денисов. Технико-экономические возможности рекультивации нарушенных территорий в Челябинском угольном бассейне 100

А. А. Любимова, П. М. Медведев. Опыт закрепления растительностью пылящих хвостовых отвалов АНОФ-1 комбината «Апатит» 104

М. Л. Рева, В. И. Бакланов. Некоторые результаты фитомелиорации терриконов Донбасса 112

Л. В. Моторина. Естественное зарастание отвалов открытых разработок . 118

И. И. Шилова. Естественное зарастание шламового отвала Уральского алюминиевого завода 123

Г. М. Пикалова. Изменение биологических свойств растений при выращивании их на каменноугольной золе 128

М. В. Хамидулина. Консервация поверхности золоотвала Южно-Кузбасской ГРЭС 132

С. Я. Беспрозвана. Бобовые культуры на золоотвале Южноуральской ГРЭС 136
Т. С. Чибрик. Влияние полива золы сточными водами на формирование побегов костра безостого и пырея ползучего на золоотвале Нижне-Туринской ГРЭС 140
Г. А. Зайцев. Микрофлора отвалов открытых угольных разработок 144
Э. А. Штина. Развитие водорослей на промышленных отвалах 150
Е.Т. Мамаева, П. С. Лаврова. Из опыта использования отходов промышленности в качестве удобрений в зеленом строительстве 154
Ф. М. Шубин. О взаимоотношениях компонентов злаково-бобовой травосмеси, выращиваемой на каменноугольной золе 159
Ф. Д. Дробиз, А. А. Кадочникова. Содержание микроэлементов (никеля, кобальта и меди) в растениях, произрастающих на шламовых полях алюминиевого производства 163
З. М. Балабанова. Отходы промышленности как факторы химической мелиорации заморных озер 167
Г. Г. Щербаков. Об агробиологическом использовании отходов сахарной промышленности Киргизии в связи с охраной водоемов от загрязнения . 172
П. М. Медведев. Перспективы использования закрепленных хвостовых отложений АНОФ-1 комбината «Апатит» 176

ЮБИЛЕИ И ДАТЫ

С. А. Мамаев. Профессор Б. П. Колесников 179

РАСТИТЕЛЬНОСТЬ И ПРОМЫШЛЕННЫЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ

ОХРАНА ПРИРОДЫ НА УРАЛЕ
VII

РИСО УФАН СССР
Свердловск, К-49
Первомайская, 91

Редакторы изд-ва *Л. П. Ардасенова, Т. И. Слесарева*

Техн. редактор *М. И. Вавуленко.* Корректор *М. И. Зубринская*

РИСО УФАН СССР № 443—12(69). НС 16268. Подписано в печать 2/VII 1970 г.

Формат 70×108/16. Печ. л. 11,5. Уч.-изд. л. 14,6. Тираж 1200. Заказ 11. Цена 1 р. 10 к.

Типография изд-ва «Уральский рабочий», г. Свердловск, проспект Ленина, 49.