

УДК 630*181.351

DOI 10.36305/2019-1-150-13-22

ДИНАМИКА СУКЦЕССИОННЫХ ПРОЦЕССОВ НА СУЛЬФИДСОДЕРЖАЩИХ ШАХТНЫХ ОТВАЛАХ В РЕЗУЛЬТАТЕ ИХ ОПТИМИЗАЦИИ

Юрий Владимирович Плугатарь, Владислав Вячеславович Корженевский,
Николай Евдокимович Опанасенко, Максим Леонидович Новицкий

Никитский ботанический сад – Национальный научный центр РАН
298648, Республика Крым, г. Ялта, пгт Никита, Никитский спуск, 52
E-mail: maxim.novickiy@bk.ru

При оптимизации рельефа на вершине трапециевидного сульфидсодержащего шахтного отвала в результате абио- и биотических факторов сформировалась молодая почва (эмбриозём). Параллельно с формированием эмбриозёмов идёт развитие первичных сукцессионных процессов. В результате чего изучен видовой состав растительности, систематическая, географическая и биоморфологическая структура флоры породного отвала, а также тип и глубина залегания корневой системы травянистых растений. Установлена стадийность и интенсивность процессов самозарастания в понижениях отвалов в соответствии с развивающимися процессами выветривания и почвообразования. Изучены свойства и показатели молодой почвы в понижениях и сульфидной горной породы (контроль) через 25 лет после завершения отсыпки породного отвала. В результате оптимизации на вершине отвала значительно ускоряются процессы формирования эмбриозёмов в понижениях.

Ключевые слова: сульфидная горная порода; автогенные сукцессии; эмбриозёмы; молодая почва; положение сообществ на градиентах факторов среды; синусии

Введение

Отвалы с серосодержащими породами – сложный объект для рекультивации и дальнейшего биологического освоения. По эколого-биологической и агрохимической классификации горных пород учёными углистые сланцы отнесены к 5-му классу и оценены ими, как непригодные для биологической рекультивации без коренного улучшения. При перемещении пород каменноугольного периода на дневную поверхность они подвергаются физическому выветриванию, окислению, растворению, гидролизу, гидратации, с освобождением большого количества химической энергии, приводящим к горению и пылению отвалов (Травлеев, 1987; Опанасенко, Корженевский, Халимендик, Оболонский, Кононенко, 2000; Новицкий, Плугатарь, 2019).

На вынесенных на поверхность отвалах вскрышных пород угольных месторождений под влиянием природных факторов начинается первичная сукцессия, в результате формируются молодые почвы - эмбриозёмы, которые заметно отличаются по свойствам от зональных почв сопредельных территорий.

Цель данной работы – выявить особенности автогенной сукцессии и первичного почвообразования на сульфидсодержащих шахтных отвалах для их оптимизации.

Объекты и методы исследования

Исследования проводили, с 2000 г. по 2012 г, на стационарных опытно-производственных участках на вершинах отвалов закрывающейся шахты «Першотравнева» ($S = 0,8$ га) г. Першотравенск и шахты «Западно-Донбасская» ($S = 0,7$ га). Павлоградского района Днепропетровской области. Бугристо-западинный мезорельеф (нанорельеф) на вершинах отвалов образован последовательной отсыпкой куч шахтной породы автомашинами («КРАЗами») 27-28 лет назад (1982-1983). В

исследования включены молодые почвы межбугорных понижений, заросших травами, с высаженными на них деревьями и кустарниками (в возрасте 15-16 лет). Контролем служила сульфидная горная порода с вершин или склонов бугров не заросшая растениями.

На рекультивированных рельефоформирующим способом вершинах отвалов шахт «Першотравнева» и «Западно-Донбасская» было заложено 32 разреза. Анализировался слой 0-60 см. На вершинах шахтных отвалов площадь межбугорных понижений составила от 3,5 до 10 м² с проективным покрытием 30-95%. Разрезы закладывали таким образом, чтобы охватить все обособленные участки.

Сопряженность особей видов растений с условиями местообитаний оценивается с помощью экологических шкал Л.Г. Раменского, Х. Элленберга. В основу способа оценки положена элементарная концепция динамической аутоэкологии, включающая следующие положения: 1) каждый вид растений имеет свою, только ему присущую экологическую нишу; 2) существует вероятностное соответствие между видами и градиентами факторов среды; 3) наличие особей вида дает информацию об экологии местообитания.

Используя оригинальную программу «Pover» для оценки ёмкости местообитаний и базу данных «Экодата», содержащую унифицированную информацию о размещении видов растений вдоль градиентов нами установлены минимальные и максимальные значения градаций, а также их оптимумы для каждого из упомянутых синузий на градиентах факторов (Корженевский, Плугатарь, 2016).

Результаты и обсуждение

На вершине терриконов в 2000 г. через 10-12 лет после прекращения отсыпки породы было проведено геоботаническое обследование и выявлены три синузии растительных группировок, представленных 38 видами высших сосудистых растений, которые распределены по 14 семействам (Опанасенко, Корженевский, Халимендик, Оболонский, Кононенко, 2000). Первая из них – синузия *Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud. в пониженной блюдцеобразной части отвала, где активно аккумулируются осадки и продукты смыва, синузия *Calamagrostis epigejos* (L.) Roth – участки межбугровых понижений с намытым элювием и синузия *Coronilla juncea* L.. Проективное покрытие в этих группировках составляло: синузия вязеля – 70 %, синузия вейника – 55%, синузия тростника – 90 %. Общее число видов в них варьировало от 18 до 25. По данным распределения сообществ вдоль градиента фактора среды построены графики плотности упаковки, показанные на рисунке 1 (рис. 1).

Используя оригинальную программу «Pover» для оценки ёмкости местообитаний и базу данных «Экодата», содержащую унифицированную информацию о размещении видов растений вдоль градиентов нами установлены минимальные и максимальные значения градаций, а также их оптимумы для каждого из выше упомянутых сообществ на градиентах факторов (рис.1). Реализованный фрагмент градиента и точку оптимума на нем определяли для ведущих факторов-условий и факторов ресурсов: 1 освещённость-затенение, 2 терморегим, 3 аридность-гумидность (омброрегим), 4 криорегим, 5 континентальность, 6 увлажнение, 7 переменность увлажнения, 8 кислотность субстрата, 9 солевой режим (анионный состав), 10 содержание карбонатов, 11 содержание азота, 12 гранулометрический (механический) состав субстрата. Положение точки оптимума на градиентах факторов и её смещение в сторону краевых (минимального и максимального) значений градаций фактора указывает на плотность упаковки ниш видов фитоценозов, при этом степень упаковки видов на коротких градиентах заметно выше, чем на длинных. Размер вектора - длина реализованного градиента (количество занятых градаций) изученных факторов-условий

и факторов-ресурсов указывает наличный ресурс в пределах всего градиента. Отметим также, что на некоторых градиентах точка оптимума близка к модальному значению, что свидетельствует о благоприятности условий и стабильном адаптированном составе сообществ. В тех случаях, когда точка оптимума смещена в сторону крайних значений градиций на векторе, следует ожидать сукцессионные перестройки, особенно если это будет касаться факторов – условий. Таким образом, как мы можем видеть, что лимитирующим фактором для растительных сообществ являются эдафические условия.

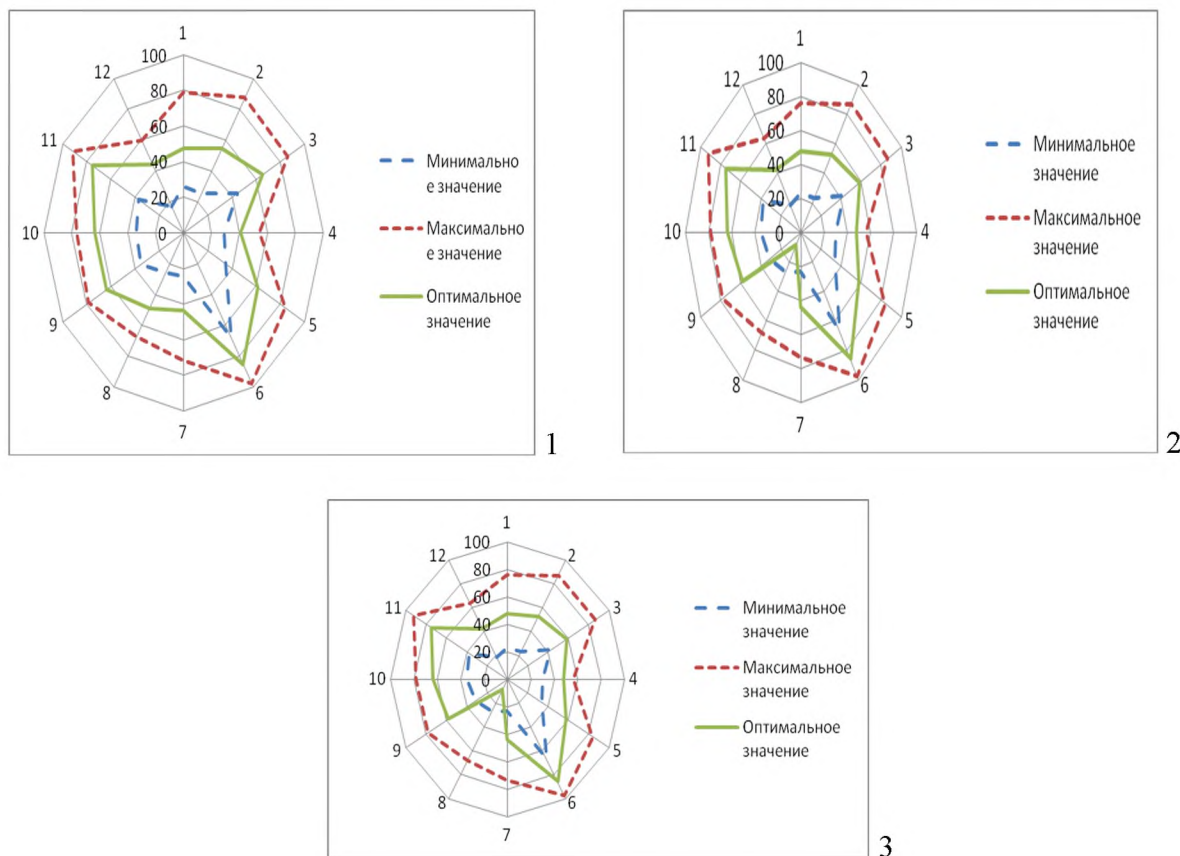


Рис. 1 Положение сообществ (синусий 1 – вейника, 2 – вязеля, 3 - тростника) на градиентах факторов среды

Fig. 1 The position of the communities (sinusium 1 - reed, 2 - knitting, 3 - reed) on the gradients of environmental factors

Виды растений, произрастающие в этот период на отвале, относятся к следующим семействам: Asteraceae (31,6%), Poaceae (18,5%), Fabaceae (10,6%), Polygonaceae (7,9%). Остальные семейства представлены 1-2 видами (рис. 2).

При анализе растительных сообществ следует обращать внимание на те средства освоения среды, которые имеются у растений исходного видового состава. Одним из важных показателей является структура корневых систем. Корневая система указанных растений в большинстве случаев не осваивает верхние горизонты субстрата, а отдает предпочтение средним и глубоким слоям, что указывает на иссушаемость верхних слоев. По типам корневых систем абсолютно преобладают виды со стержневой системой – 26 видов, а среди них со стержневой системой глубокого залегания (>50 см) – 19 видов, среднего залегания (10-15 см) – 7 видов. Кистекорневой системой характеризовались 12 растений, причем: кистекорневой глубокой (4-10 см) – 5 видов, средней (2-5 см) – 3 вида и короткой (1-3 см) – 4 вида.

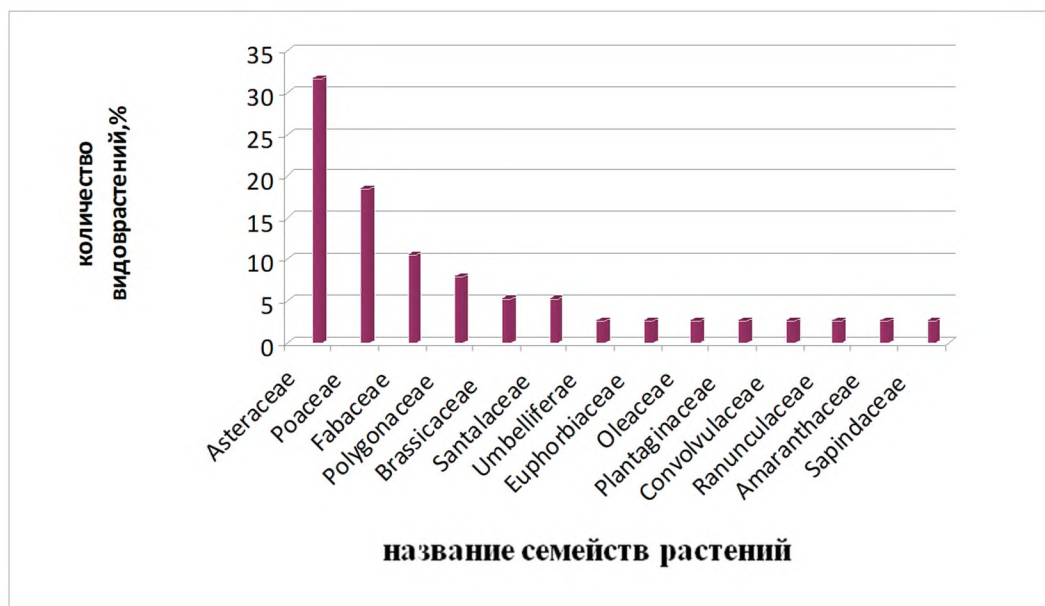


Рис. 2 Систематическая структура флоры поверхности сульфидных горных отвалов (10-12 лет)
Fig. 2 Systematic structure of the surface flora of sulfide mining dumps (10-12 years old)

Изучение свойств и показателей молодой почвы в указанный период показало, что мелкозём заросших разнотравьем западин характеризовался вполне удовлетворительной плотностью сложения ($<1,5 \text{ г/см}^3$), водопроницаемостью (90- 100 мм воды за первый час наблюдений), влагоёмкостью (до 18 %) и оструктуренностью.

Гранулометрический состав мелкозема молодых почв межбугорных понижений и контроле преимущественно средне- и тяжелосуглинистый. Довольно однородное по этому показателю сложение почвенного профиля понижений и гонной породы на вершине бугров свидетельствует, что гранулометрический состав почв в данный период почвообразования предопределён породой.

Кислотность почв определяется, главным образом, подвижным алюминием, что подтверждается тесной корреляцией этих показателей. Содержание алюминия не более 45 мг/100 г почвы не оказывает токсического воздействия на изученные растения. Количество свободного трехвалентного железа в 2 раза больше в горных породах (92 мг/100 г), чем в почвах, и его содержание не зависит от степени кислотности, а опосредствовано связано с количеством общей серы, а точнее – с железосодержащими минералами (FeS_2 , FeS и др.). В почвах понижений создаются более благоприятные условия для миграции Fe^{3+} вниз по профилю, чем в горной породе. Содержание до 46 мг/100 г свободного железа в слое 0-40 см молодых почв не оказывает токсичного воздействия на изученные древесные и травянистые растения.

По мере развития почвообразовательного процесса почвы понижений осваиваются растительностью и обогащаются гумусом, запасы которого в почвах в 11 раз выше, чем в горных породах возвышений. Запасы гумуса (в среднем 11.6 т/га), хотя и в значительно меньшей степени, пополняется за счет сноса органического вещества с возвышений, а также ископаемого углерода угля, что подтверждается тесной корреляцией экстрагируемого из горной породы углерода и его валовыми запасами в породе.

Процессы гумусонакопления наиболее развиты в понижениях с гидроморфными почвами под тростником (гумуса 29 т/га), а также в автоморфных почвах с разнотравьем и бобово-злаковой смесью (17-20 т/га).

Групповой состав гумуса и другие показатели состава и свойств почв указывают на специфичность процессов почвообразования молодых почв понижений, формирующихся на сульфидсодержащих горных породах: они протекают как по дерновому, так и по подзолистому и солонцовому типу и еще не приобрели всех признаков зональных черноземов.

В молодых почвах понижений за 10-12-летний период накапливается 0.8-0.9 т/га гумуса в год, а интенсивность формирования гумусового горизонта равняется 1.7 см в год при гумусированности профиля 0.4%.

Молодые техногенные почвы характеризуются очень низким содержанием доступных для растений азота и фосфора, и низким – калия, что указывает на необходимость внесения азотно-фосфорных удобрений в качестве подкормки в начальный период их освоения по 60 кг действующего вещества на 1 га.

Детальные почвенные исследования показали, что через 10-12 лет после завершения отсыпки по мере развития процессов выветривания и почвообразования сформировались молодые почвы, которые по своим свойствам и показателям пригодны для развития автогенной сукцессии.

В ходе флористического обследования территории сульфидсодержащих шахтных отвалов Западного Донбасса через 23-25 лет после завершения отсыпки зарегистрировано 70 видов высших сосудистых растений, которые распределены по 23 семействам (рис. 3).

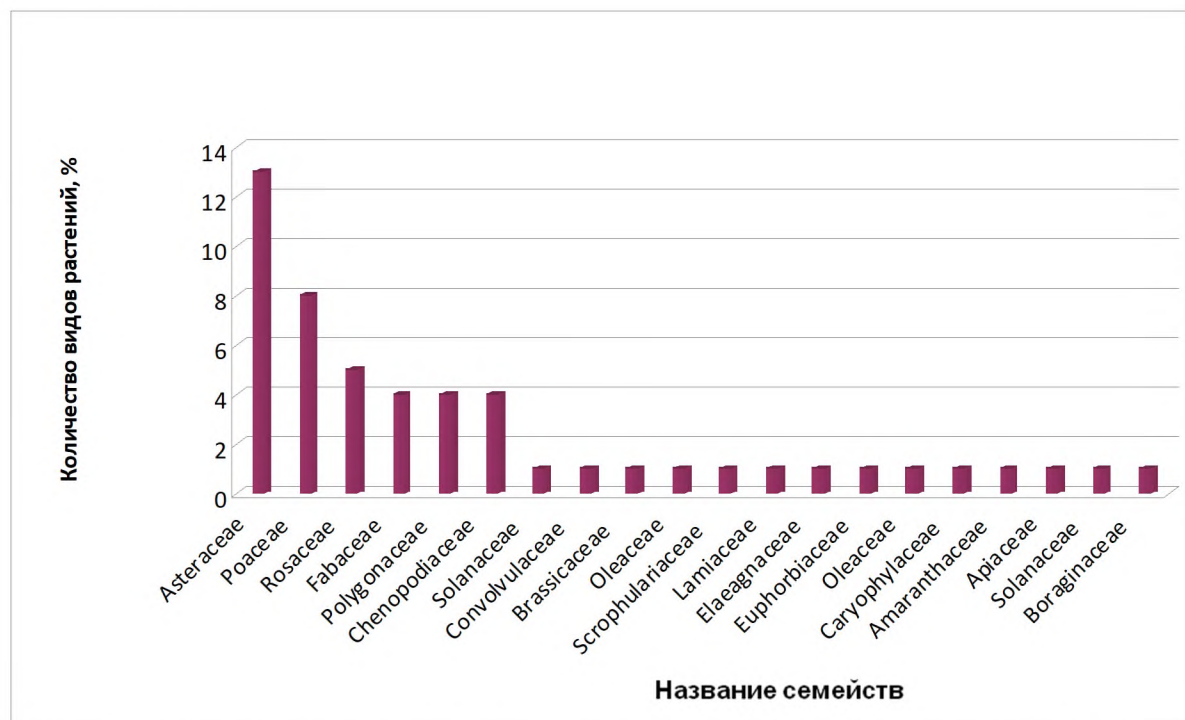


Рис. 3 Систематическая структура флоры поверхности сульфидных горных отвалов (22-25 лет)
Fig. 3 Systematic structure of the surface flora of sulfide mining dumps (22-25 years old)

Анализ систематической структуры нативной части видового состава отвала вскрывает в целом зональный тип организации данной флоры, свойственной Присамарью. Крупнейшим семейством здесь выступает семейство Asteraceae - 13%, за ним следуют: Poaceae - 8%, Rosaceae - 5%, Fabaceae - 4%, Polygonaceae - 4%, Chenopodiaceae - 2%. Остальные семейства представлены 1-2 видами. Высокое положение трех последних семейств связано со значительным участием в структуре сообществ видов, связанных с антропогенной деятельностью. На поверхность отвала,

кроме традиционной горной породы, часто ссыпали бытовой мусор и отходы. Поэтому нередко встречались виды растений, выращиваемые на садово-огородных участках (томаты, подсолнечник).

Анализ систематической структуры нативной части видового состава отвала показывает в целом зональный тип организации данной флоры, свойственной Присамарью.

Анализ ареалогического спектра флоры шахтных отвалов показывает ее обособленность по отношению к региональной флоре Присамарья (табл. 1).

Наиболее крупной группой здесь являются виды голарктического типа ареалов (более 50 %), основу которой составляет антропофильный элемент – рудеральные и сеgetальные растения. Его геоэлементы распространены по всей Голарктике и Палеарктике. Второй крупной группой следует назвать виды переходного (средиземноморско-европейского) типа ареалов (более 20 %), а вот третью ступень занимают адвентивные – пришлые виды, среди которых достаточно много аллергенов (*Cyclachaena xanthiifolia* (Nutt.) Fresen., и *Ambrosia acanthicarpa* Hook.).

Географическая структура изученного фрагмента растительности шахтных отвалов свидетельствует о том, что флороценогенез находится в начальной стадии сукцессионного процесса (табл. 1).

Таблица 1.

Географическая структура флоры поверхности отвала горной породы шахтных отвалов

Table 1.

Geographical structure of the flora of the surface of the rock dump of mine dumps

Тип ареала, ареалогическая группа / Type of area, areographic group	Число видов / Number of species	Процент участия / Percentage of participation
Древнесредиземноморский: Собственно средиземноморская	1	1,43
Переходный – Средиземноморско-европейский: Европейско-средиземноморская	4	5,72
Европейско-средиземноморско-переднеазиатская	11	15,73
Евразийский степной: Понтико-казахстанская	3	4,29
Переходный – Средиземноморско-евразийский степной: Средиземноморско-евразийская степная	4	5,72
Переднеазиатская и евразийская степная	2	2,86
Средиземноморско-переднеазиатская и евразийская степная	1	1,43
Голарктический: Голарктическая	10	14,3
Палеарктическая	10	14,3
Западнопалеарктическая	11	15,73
Южнопалеарктическая	2	2,86
Европейская	2	2,86
Адвентивный	9	12,87

Анализ корневой системы у растений, произрастающих в этот период на сульфидном отвале показал, что преобладающим типом корневой системы является интенсивный – стержнекорневой. Им обладают 81% видов растений. Из них глубоководных – 56 %, среднекорневых 26%. На виды с экстенсивным типом корневой системы в общей сложности приходится всего 19%. Количественные соотношения типов корневых систем растений, сложившиеся в процессе сукцессионного развития сообществ, свидетельствуют о напряженном гидротермическом режиме в

поверхностном слое 0-20 см. Поэтому корни предпочтительнее развиваются в слое 20-60 см техногенного субстрата. Сравнивая корневую систему растений за два периода наблюдений можно сделать вывод, что за второй период (22-25 лет после завершения отсыпки отвала) увеличилось число растений с экстенсивной корневой системой менее чем на 20 % и более чем на 11 % растений с мочковатой корневой системой.

Анализ физических, химических свойств показал, что по отношению к контролю (склоны и вершины бугров), произошло разуплотнение молодой почвы ($1,2 \text{ г/см}^3$) и уменьшение содержания скелетных частиц (до 28%). Молодые почвы классифицируются как среднескелетные, и имеют достаточное количество мелкозема.

Гранулометрический состав мелкозема молодых почв межбугорных понижений и контроле неоднороден (от легкоглинистого до среднесуглинистого). Молодые почвы по сравнению с контролем отличались большей илистостью и содержанием мелкой пыли, лучшей сбалансированностью песчаных, крупно- и среднепылеватых фракций в слое 0-40 см.

Нами установлено, что порода содержит низкие значения pH водной и солевой вытяжки. При низком значении pH солевой вытяжки равно 4 и ниже, в породе накапливался подвижный алюминий в токсичных концентрациях. В понижениях концентрация подвижного Al^{3+} была в 5 раз ниже чем в молодой почве и уменьшалась с глубиной. Алюминий наряду с поглощенным водородом обуславливает высокую обменную кислотность в породе, в молодых почвах понижений она была ниже.

Гидролитическая кислотность в сульфидной горной породе в несколько раз выше, чем в молодой почве. В молодой почве этот показатель уменьшается значительно с глубиной, что свидетельствует о замедлении процессов окисления.

Концентрация подвижных форм железа (Fe^{3+}) в горной породе выше, чем в эмбриоземах, это связано с резкими различиями водного режима западин и возвышенностей.

Основным, интегральным показателем глубины и характера почвообразовательного процесса является содержание экстрагируемого углерода, так как количество общего углерода не дает истинного представления о содержании собственно гумусовых веществ в почвах на углевмещающих отвалах, поскольку шахтные породы содержат 2-7% углерода угля.

По содержанию экстрагируемого углерода молодые почвы понижений относились к слабогумусированным (0,20% в слое 0-60 см). Однако этот показатель в молодой почве был в 5 раз выше, чем в породе, следовательно, явился результатом почвообразовательного процесса.

Однако и содержание гумуса, определенное по экстрагируемому углероду и выраженное в процентах, не отражает истинную гумусированность почв и пород в силу различных запасов мелкозема, вызванных различной скелетностью. Поэтому мы рассчитали запасы гумуса в мелкоземе молодых почв в тоннах на гектар. Оказалось, что если судить по запасам гумуса, то в межбугорных понижениях под растениями его в несколько раз больше (17 т на га., в слое 0-60 см), чем на контроле в том же слое.

За 25-летний период после отсыпки породы на вершину отвалов в пределах участка, в заросших травами понижениях за счет дополнительного привнесения мелкозема и влаги улучшились физические, химические свойства и агрохимические показатели мелкозема молодой почвы понижений. В молодой почве произошло значительное разуплотнение мелкозема, уменьшилась скелетность, соответственно увеличилось количество мелкозема. Уменьшился кислотный комплекс, увеличилось содержание гумусовых веществ и значительно выросли его запасы по сравнению с предыдущими годами исследований. Всё это позволило интенсивно развиваться прогрессивной сукцессии на сульфидсодержащих отвалах.

Проведённые сопряженные геоботанические и почвенно—геологические исследования позволили выявить характер протекания прогрессивной сукцессии на отвалах горной породы и выделить ряд стадий и этапов.

Первая – пионерная стадия - подразделяется на несколько этапов и на первом из них происходит выветривание обломков породы и активное окисление сернистых соединений, повышение кислотности субстратов под влиянием атмосферных агентов, тионовых и серобактерий.

На втором этапе происходит выщелачивание (миграция) и перераспределение химических соединений, который активизируется дополнительным стоком выпадающих атмосферных осадков. Снижается концентрация воднорастворимых солей и уменьшается кислотность субстрата. К концу этапа порода становится слабо фитотоксичной, но очень мало содержит органического вещества и основных элементов питания, что приемлемо только для самых нетребовательных растений. На хронотренде пионерная стадия может иметь продолжительность от 8-10 до 15-20 лет, что зависит от породы, рельефа, водосборной площади понижения. В конце стадии происходит естественное зарастание субстрата отдельными видами растений.

Вторая стадия – стадия дифференциации экологических ниш – состоит из 3 этапов. На первом – этапе “несбалансированного состава” – происходит более активное заселение предпочв видами естественных биотопов. Это заселение носит большей частью случайный характер, связанный с наличием регенерационных ниш (понижений между буграми), где произошли изменения минерализации и довольно значительные геохимические преобразования породы в предпочвы, позволяющие внедрившимся растениям разместиться на отрезках градиентов факторов среды, соответствующим граничным показателям (значениям) физиологической толерантности особей видов. В это время формируются маловидовые сообщества, включая рудеральные растения.

На втором этапе – “упорядоченного состава” – с активно поступающим на поверхность молодых почв “семенным дождем” доставляются диаспоры большого числа видов растений, среди которых преобладают пациенты и эксплеренты. Их экологические ниши сужены плодородием почв, их химизмом, увлажнением в летние периоды и другими показателями, и только по факторам освещения и температуры являются полнообъемными.

Таблица 2

Ход естественных процессов зарастания сульфидных отвалов

Table 2

The course of natural processes of overgrowing of sulfide dumps

Стадия / Stage	Этап / Step	Состояние элементов экосистемы / State of ecosystem elements	
		экологический / ecotope	биотоп / biotope
Пионерная	Дезинтеграции геохимической минерализации	Среда агрессивная, доступен для пионерных видов	Тионовые бактерии, первые высшие растения
Дифференциации экологических ниш	Несбалансированного состава	Градиенты факторов среды сужены	Маловидовые сообщества
	Упорядоченного состава	Градиенты комфортны	Рудеральные сообщества
	Исключение конкуренцией	Градиенты факторов оптимальны	Формирование зонального сообщества
Климаксовая	1-4 этапы	Доступен всем видам	Зональные сообщества

Пациенты адаптированы к жестким условиям среды и довольно легко переносят те или иные неблагоприятные воздействия, а эксплеренты перехватывают те немногие

участки отвалов, где в силу особенностей микро- и мезорельефа сложились более или менее комфортные условия экотопа. На этом участке хронотренда доминируют рудерального облика фитоценозы, состав биоморф которого приведен в начале главы.

В последующий этап – “исключение конкуренцией” – численно продолжает увеличиваться флористический состав, активно идет дифференциация таксонов. Выпадают из сообщества виды, доминировавшие на начальных этапах, и, наоборот, внедряются новые, которые активно захватывают территорию и принимают лидерство на себя. Общее проективное покрытие растительностью учетных площадок на этом этапе достигает 30-60%.

Заключительная стадия сукцессионного развития сообществ при зарастании отвалов шахтной породы продолжается неограниченно долго и ведет к формированию климаксовых сообществ зонального типа. Ход естественных процессов зарастания отвалов может быть выражен в виде обобщающей таблицы 2.

Заключение

В понижениях за счёт оптимизации сульфидной горной породы интенсивно протекают процессы выветривания, окисления, выщелачивания, рассолонцевания и почвообразования, что приводит к формированию в западинах уже за 10-12 лет молодых почв и развитию пионерных фитоценозов.

Изучение видового состава растительных сообществ, систематическая, географическая и биоморфологическая структура флоры сульфидсодержащего породного отвала, а также тип и глубина залегания корневой системы травянистых растений. Установлена стадийность и интенсивность процессов самозарастания в понижениях отвалов в соответствии с развивающимися процессами выветривания и почвообразования.

Литература / References

Андроханов В.А., Курачев В.Н. Принципы оценки почвенно-экологического состояния техногенных ландшафтов // Сибирский экологический журнал – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2009. С. 165-169.

[*Androkhanov V.A., Kurachev V.N.* Principles of assessment of soil-ecological state of technogenic landscapes. Siberian ecological journal. Novosibirsk: publishing house of SD RAN, 2009. P. 165-169]

Андроханов В.А., Курачев В.Н. Почвенно-экологическое состояние техногенных ландшафтов: динамика и оценка / отв. ред. А.И. Сысо; Рос. акад. наук, Сиб. отд-ние, Ин-т почвоведения и агрохимии. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2010. 224 с.

[*Androkhanov V.A., Kurachev V.N.* Soil and ecological state of technogenic landscapes: dynamics and assessment / A.I. Syso (Eds.) Rus. Acad. science, Sib. Department, Institute of soil science and Agrochemistry. Novosibirsk: publishing house SD RAN 2010. – 224 p].

Корженевский В.В., Плугатарь Ю.В. Леса из *Pinus sylvestris* var. *hamata* Steven на градиентах факторов среды в Горном Крыму // Международный Научный Институт «Educatio». - 2016. - № 5 (23). С.7-11.

[*Korzhenevsky V.V., Plugatar Yu.V.* Forests of *Pinus sylvestris* var. *hamata* Steven on gradients of environmental factors in the Mountainous Crimea. International Scientific Institute "Educatio". 2016. 5 (23): 7-11].

Новицкий М.Л., Плугатарь Ю.В. Водно-физические свойства эмбриозёмов в понижениях и сульфидной горной породы на отвалах шахт Западного Донбасса // Бюллетень Государственного Никитского ботанического сада. 2019. С. 9–15.

[Novitsky M.L., Plugatar Yu.V. Water-physical properties of the embryonic soils in depressions and sulfide rocks on the dumps of mines in Western Donbass. Bulletin of the State Nikitsky Botanical garden. 2019. P. 9-15].

Опанасенко Н.Е., Корженевский В.В., Халимендик Ю.М., Оболонский А.Е., Кононенко Н.А. Теория и практика рекультивации и озеленения породных отвалов в Западном Донбассе // Уголь Украины. 2000. №7. С. 29-32.

[*Opanasenko N.E., Korzhenevsky V.V., Khalimendik Yu.M., Obolonsky A.E., Kononenko N.A.* Theory and practice of recultivation and landscaping of waste dumps in the Western Donbass. Coal of Ukraine. 2000. 7: 29-32]

6. *Травлев А.П.* Состояние и перспективы исследований биогеоценозов на землях, нарушенных промышленностью // Охрана и рациональное использование защитных лесов степной зоны: Межвуз. сб. науч. труд. ДГУ. Днепропетровск, 1987. С. 4-11.

[*Travleev A.P.* State and prospects of research biogeocenoses on land damaged by industry. Protection and sustainable management of protective forests of the steppe zone: Inter. coll. of sci. works. DSU. Dnepropetrovsk, 1987. P. 4-11].

Статья поступила в редакцию 06.09.2019

Plugatar Yu.V., Korzhenevsky V.V., Opanasenko N.E., Novitsky M.L. Dynamics of succession processes on sulphide-containing mine dumps as a result of their optimization // Plant Biology and Horticulture: theory, innovation. 2019. № 1(150). P. 13-22.

When optimizing the relief at the top of the trapezoidal sulfide-containing mine dump, young soil (embryozem) was formed as a result of abio- and biotic factors. In parallel with the formation of embryozems, primary succession processes are developing. As a result, the species composition of vegetation, the staging and intensity of progressive succession were studied depending on the mesorelief of dumps in accordance with the weathering and soil formation processes developing over time. The properties and indicators of young soil in depressions and sulfide rock (control) 25 years after the completion of the dumping of the rock pile were studied. As a result of optimization at the top of the dump, the processes of formation of embryozems in the depressions are significantly accelerated.

Key words: *sulfide rock; autogenous successions; embryozems; young soil; position of communities on gradients of environmental factors; synusia*