

УДК 581.522.4(571.17)

ЗАКОНОМЕРНОСТИ ВОССТАНОВЛЕНИЯ РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА НА ОТВАЛАХ КУЗБАССА

А. Н. Куприянов, Ю. А. Манаков

Кузбасский ботанический сад Федерального исследовательского центра угля и углехимии СО РАН 650065, Кемерово, просп. Ленинградский, 10

E-mail: kupr-42@yandex.ru, kem401@gmail.com

Поступила в редакцию 26.01.2016 г.

Изучали вопросы восстановления растительного покрова на отвалах угольных предприятий Кузбасса. Исследования показали, что отвалы обладают широким спектром экологических условий и потенциально пригодны для поселения растений. К отрицательным экологическим факторам на отвалах следует отнести недостаток продуктивной влаги, провальную водопроницаемость, контрастный температурный режим на разных элементах рельефа, низкое потенциальное плодородие эмбриоземов, к положительным – высокую влажность в понижениях, большое содержание мелкозема в нижней части склонов отвалов, избыточное накопление снега в зимний период на отдельных участках отвалов. На нарушенных землях выявлено 8 техногенных экотопов, характеризующихся различными микрорельефом, уровнем влажности, количеством мелких фракций техногенного элювия, определяющими благоприятные, умеренно благоприятные и неблагоприятные условия для зарастания нарушенных земель. Выделены 3 стадии сингенеза: пионерная, простого и сложного растительного сообщества. Стадии зонального фитоценоза на отвалах не обнаружено. В группу диагностических признаков входят проективное покрытие, характер размещения растений, число видов, участие зональных видов. Выделенные критерии имеют универсальный характер и могут быть применимы к большинству отвалов. Скорость сингенетических сукцессий зависит не от календарного возраста отвалов, а от экологических условий, которые складываются на отдельных его участках.

Ключевые слова: *отвалы угольных предприятий, сингенез, зарастание, экологические факторы, Кузбасс.*

DOI: 10.15372/SJFS20160205

ВВЕДЕНИЕ

Добыча угля приводит к катастрофическим изменениям экосистем и сопровождается разрушением литологической основы, уничтожением почвенного покрова, растительного и животного мира. Образовавшийся техногенный рельеф отличается крайней динамичностью эндо- и экзогенных процессов. В историческом плане он крайне неустойчив, требуется длительный исторический период, чтобы он превратился в антропогенно измененный ландшафт. Гипергенная трансформация горных пород, эоловые и водные эрозийные процессы его постоянно изменяют (Федотов, 1985).

Поверхность техногенного рельефа слагается из денудационных и аккумулятивных форм.

По «возрасту» образования они разделяются на молодые, зрелые и старые, и в зависимости от их сочетания формируется современная поверхность техногенного рельефа (Трофимов, 1965, 1970; Куприянов и др., 2010).

Отвалы, отсыпанные при бестранспортной вскрыше угольных пластов, имеют вид гряды конусовидных навалов горных пород. Высота этих отвалов зависит от типа используемых экскаваторов. При работе машин ЭШ-90/20 она составляет 30–40 м. При веерной отсыпке образуется относительно сглаженный рельеф, без пиков и с меньшим перепадом высот (рис. 1).

Бестранспортная вскрыша применяется на первых этапах освоения месторождения, в последующем преобладает транспортная вывозка вскрышных пород в отвалы (рис. 2).

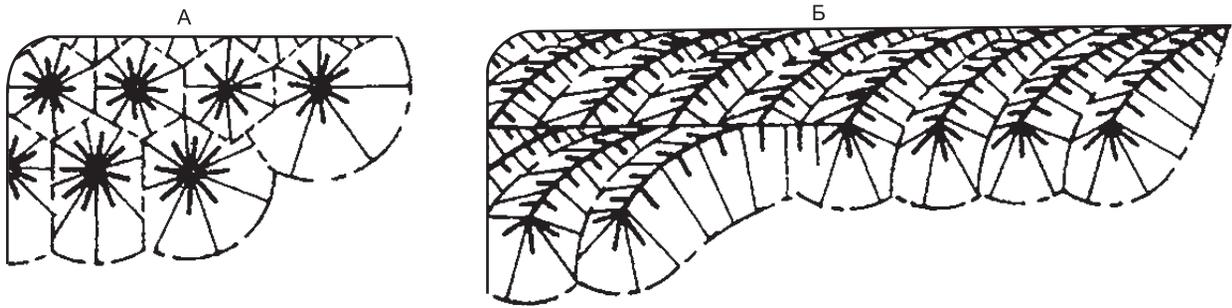


Рис 1. Виды поверхности отвалов, сформированных по бестранспортной и транспортной технологии. А – конусовидных навалов; Б – серповидных гребней (Методические указания..., 1991).

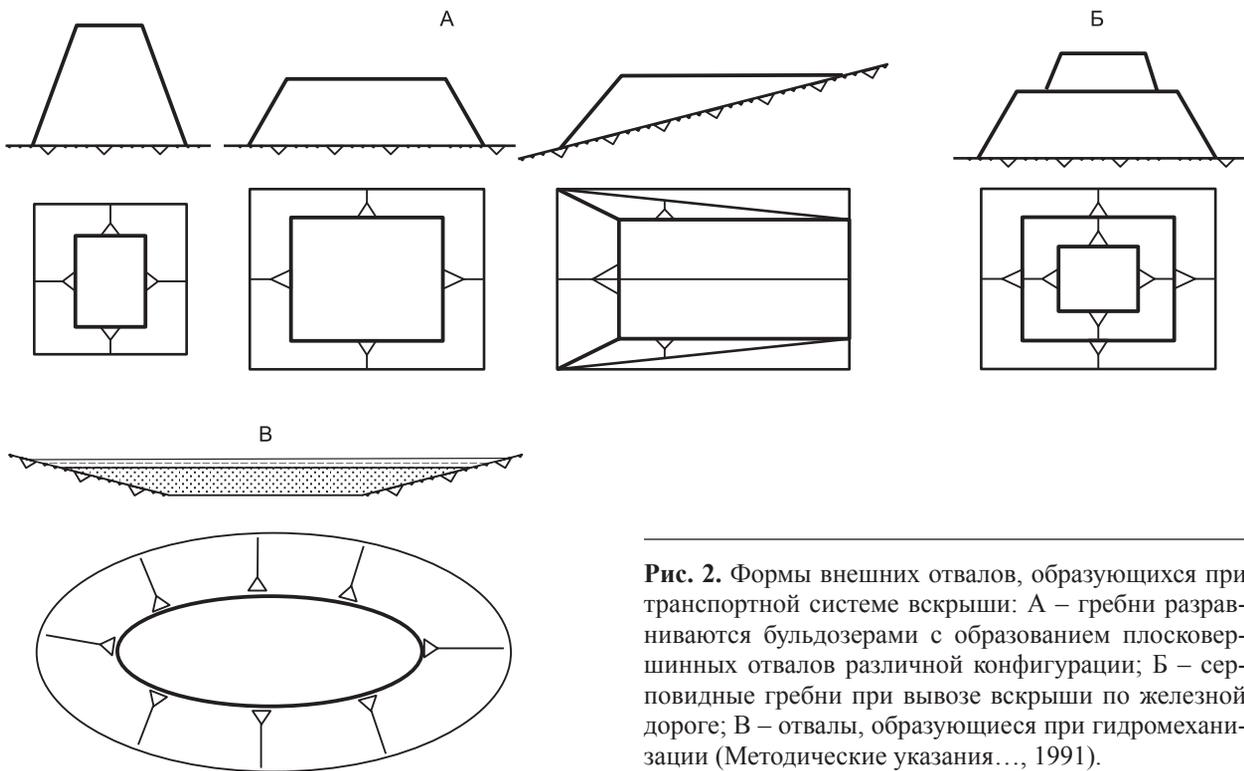


Рис. 2. Формы внешних отвалов, образующихся при транспортной системе вскрыши: А – гребни разравниваются бульдозерами с образованием плосковершинных отвалов различной конфигурации; Б – серповидные гребни при вывозе вскрыши по железной дороге; В – отвалы, образующиеся при гидромеханизации (Методические указания..., 1991).

В зависимости от формы отвалов формируются различные экологические условия, влияющие на видовой состав поселяющихся растений (рис. 3).

Для формирования первоначального растительного покрова решающее значение имеет близость техногенно возникшей территории от массивов естественной растительности, которые являются источником семян и оказывают существенное влияние на видовой состав, численность и распределение всходов (Куприянов, 1989; Чибрик, 1992; Манаков и др., 2011).

Разнообразие стратегий формирования растительного покрова в дальнейшем зависит от очень большого числа экологических факторов, которые влияют на характер пионерных группировок и скорость прохождения этой стадии

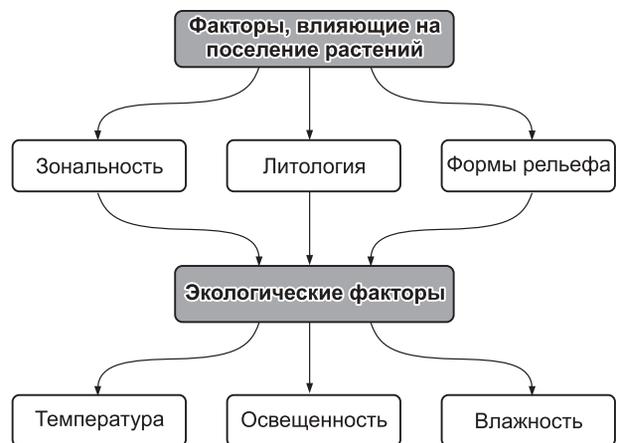


Рис. 3. Факторы, влияющие на поселение растений на отвалах.

сингенеза. Селективность обусловлена возможностью заноса семязачатков с окружающих фитоценозов и жестко детерминирована биологическими особенностями вида и экологическими условиями, складывающимися на отвалах. Поэтому очень часто экотопы с благоприятными экологическими условиями в первые годы активно зарастают только одним или немногими видами, семена которых попали быстрее остальных (Куприянов, Морсакова, 2008; Куприянов, Манаков, 2008; Манаков, Куприянов, 2010).

После заноса семязачатков на вновь образованную территорию начинает работать комплекс эдафических факторов, который определяет дальнейший характер развития растительности техногенных местообитаний. Литологический состав пород определяет физические свойства грунтов, водопроницаемость техногенного элювия и техноземов, их влажность. Наибольшая скорость зарастания наблюдается на хорошо увлажненных участках в понижениях рельефа, например у подножий отвалов в аккумулятивной зоне катены, где структура растительных сообществ как по количеству видов, так и по объему фитомассы формируется наиболее быстро (Куприянов и др., 2010).

Важнейшую роль в зарастании отвалов имеют формы рельефа, наиболее существенную – микро- и нанорельеф, обеспечивающие прорастание семязачатков и их сохранение (Куприянов и др., 1988).

Чрезвычайно актуальными для оценки состояния нарушенных земель являются ранжирование экотопов по благоприятности экологических условий и оценка состояния растительного покрова, который на них формируется.

Цель исследований – изучение закономерностей восстановления растительного покрова отвалов угольных предприятий в зависимости от напряжения экологических факторов.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследовали молодые и средневозрастные отвалы 15 угольных разрезов, расположенных в лесостепной зоне Кузбасса: северной, южной лесостепи и горно-таежной подзоне. Одним из основных критериев состояния нарушенных земель выбраны парциальные флоры, как естественные для экологически своеобразных подразделений ландшафта (Юрцев, 1987, 1994; Юрцев, Камелин, 1991). По степени благоприятствования экологических условий экотопы подразделены на 4 варианта, внутри которых

выделены участки неблагоприятных, умеренно благоприятных и благоприятных экологических условий (см. таблицу).

Стадии сингенетических сукцессий определены А. П. Шенниковым (1964) и конкретизированы Ю. А. Манаковым (2010) (рис. 4).

В пионерной группировке отсутствуют существенные взаимоотношения между растениями. На следующей стадии группово-зарослевого сообщества появляются более определенные взаимоотношения между растениями, но характер распространения сообществ фрагментарный. При диффузном сообществе взаимоотношения между растениями приобретают смешанный характер и мозаика распределения отдельных видов соответствует уровню конкуренции между элементами сообщества.

Описание растительности проводили стандартными методами, принятыми в геоботанике (Методы..., 2002). Всего выполнено 345 описаний. Эти данные обработаны с помощью программы IBIS, разработанной А. А. Зверевым (1998а, б).

На пионерной стадии условия экотопов не оказывают существенного влияния на количество видов в растительных группировках, которое на пионерной стадии сукцессии во всех вариантах варьирует от 1 до 27, а в среднем составляет 14–15. Влияние экологических условий отвалов на количество видов в группировках растений проявляется в большей степени на последующих сукцессионных стадиях (рис. 5).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В зоне северной лесостепи и горно-таежной подзоне число видов в благоприятных условиях местообитаний достоверно выше, чем в неблагоприятных и умеренно благоприятных, и достигает максимальных значений (от 10 до 30 видов – в горно-таежной и от 20 до 60 – в северной лесостепи). Дендрограмма сходства показывает, что наиболее тесно связываются стадии сукцессии в лесостепной зоне (северная и южная лесостепь), несколько обособлена горно-таежная подзона. Показатели стадий более близки между собой, чем подзоны. Наиболее отдалены признаки третьей стадии простого фитоценоза от двух первых (рис. 6).

Таким образом, зональные черты особенно отчетливо проявляются на начальных стадиях заселения отвалов растениями. Однако флористические списки южной и северной лесостепи к стадии сложной группировки значительных

Характеристика экологических условий основных местообитаний

Оценка экологических условий	Рельеф и степень выветрелости грунтов	Экологические условия
<i>Склоновые поверхности песчаниковых отвалов</i>		
Неблагоприятные	Мезорельеф холмистый и крутой. Микрорельеф ровный. Экспозиция южная и западная. Позиция на склоне: сверху, посередине. Выветрелость субстрата не имеет значения	Провальная влагоемкость, высокая каменистость, высокие летние температуры на поверхности, незначительное количество снега в зимний период (69 описаний, 110 видов высших растений)
Умеренно благоприятные	Мезорельеф наклонный. Микрорельеф ровный или слегка бугристый. Позиция и экспозиция: на теневых склонах сверху, на солнечных – внизу. Выветрелость субстрата умеренная и хорошая	Влажность субстрата в корнеобитаемом слое низкая. Температура поверхности не экстремальная (61 описание, 115 видов высших растений)
Благоприятные	Мезо- и микрорельеф не имеют значения. Позиция и экспозиция: аккумулятивная зона теневых экспозиций. Выветрелость субстрата: хорошо, сильно и полностью выветрелый	Мезорельеф незаметный или отлогий. Микрорельеф в различной степени бугристый. Экспозиция северная и восточная. Влажность субстрата в корнеобитаемом слое оптимальная. Температура поверхности: летом оптимальная, зимой не экстремальная, на подветренных сторонах отвала накопление снега достаточное (47 описаний, 129 видов высших растений)
<i>Несклоновые поверхности песчаниковых отвалов</i>		
Неблагоприятные	Микрорельеф ровный и с микробугорками. Выветрелость субстрата слабая или отсутствует	Влажность субстрата в корнеобитаемом слое низкая. Температура поверхности: летом – не экстремальная; зимой – экстремально низкая (из-за переноса снега с поверхности отвала на подветренные склоны) или не экстремальная (из-за задержания снега на поверхности) (22 описания, 122 вида высших растений)
Умеренно благоприятные	Микрорельеф различной степени бугристости. Выветрелость субстрата: хорошо, сильно и полностью выветрелый	Влажность субстрата в корнеобитаемом слое оптимальная. Температура поверхности летом оптимальная, зимой не экстремальная (25 описаний, 111 видов высших растений)
Благоприятные	Микрорельеф различной степени бугристости. Субстрат от умеренно до полностью выветрелого	Влажность субстрата в корнеобитаемом слое низкая. Температура поверхности не экстремальная. Содержание мелкозема по отношению к другим фракциям свыше 50 % (55 описаний, 162 вида высших растений)
<i>Отвалы лессовидных суглинков</i>		
Благоприятные	Мезорельеф отлогий, наклонный и холмистый. Микрорельеф различный. Субстрат – лессовидные суглинки	Влажность субстрата в корнеобитаемом слое оптимальная. Температура поверхности не экстремальная (52 описания, 121 вид высших растений)
<i>Береговая зона гидроотвалов</i>		
Умеренно благоприятные	Субстрат – пульпа тонкого механического состава	Влажность субстрата в корнеобитаемом слое высокая, как правило, без дренажа. Температура поверхности оптимальная (61 описание, 158 видов высших растений)

отличий не имеют. Зональные особенности зарастания отвалов в горно-таежном поясе проявляются с пионерной стадии и сохраняются до конца сукцессии.

Формирование растительного покрова на нарушенных промышленных землях в процессе самозарастания является результатом сложного взаимодействия зонально-климатических и конкретных экологических условий, таких как

свойства субстратов, микрорельеф и др., при решающей роли окружающей естественной растительности, являющейся источником заноса диаспор.

Скорость сингенеза не зависит от количества лет, прошедших после окончания горных работ. В оптимальных экологических условиях (увлажнение, накопление мелкозема) пионерная стадия может занять 2–3 года, а в экстремальных (кру-

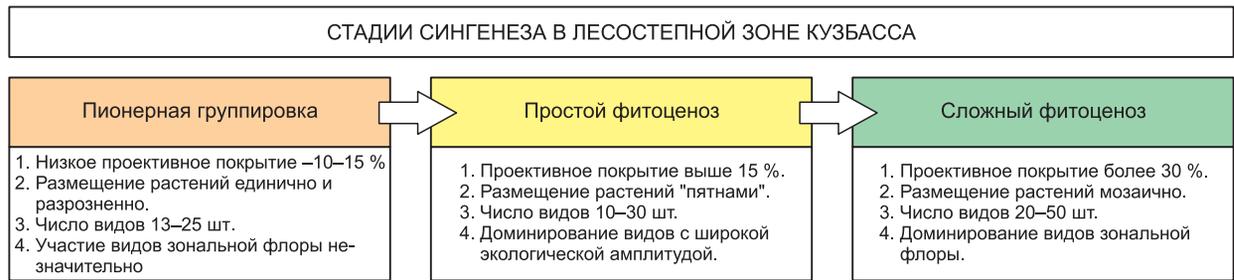


Рис. 4. Характеристика стадий сингенеза в лесостепной зоне Кузбасса (Манаков, 2010).

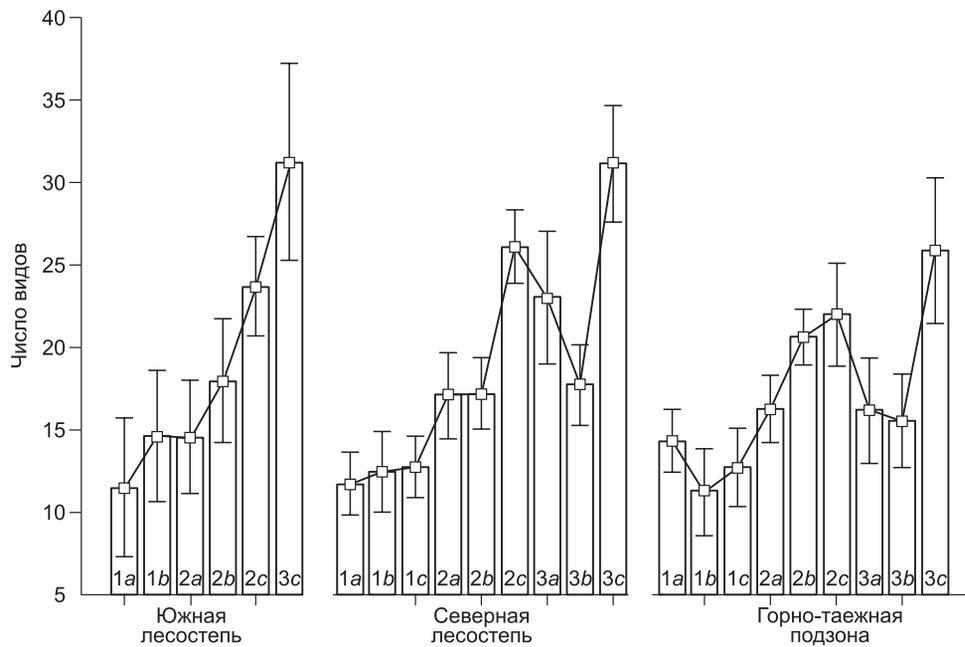


Рис. 5. Влияние степени благоприятности экологических факторов на поселение растений в разных природно-климатических условиях (шт./25 м²). 1, 2, 3 – стадии растительной сукцессии. Местообитания: *a* – неблагоприятные; *b* – умеренно благоприятные; *c* – благоприятные.

тые склоны, осыпи, неблагоприятный режим увлажнения) может продолжаться 15–20 лет. Скорость сингенеза зависит от напряженности экологических факторов, которые определяют продолжительность отдельных стадий. В процессе восстановления растительного покрова на техногенных ландшафтах формируются зональные и интразональные типы растительности.

Флоры больших территорий находятся в определенном равновесии по количеству видов, которое имеет большие доверительные интервалы в обе стороны. Нарушенные территории подвергнуты большим изменениям, в которых элизия (поселение новых видов) превалирует над эцезисом (выбыванием видов). В северной лесостепи (отвалы Кедровского угольного разреза) в составе пионерной группировки доминирует *Chenopodium aristatum* L., находящийся значительно севернее основного ареала. В со-

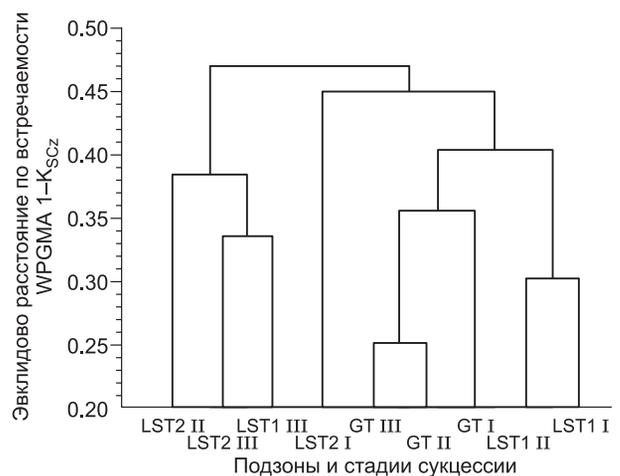


Рис. 6. Дендрограмма сходства флористических списков по стадиям сукцессии и природно-климатическим зонам. Подзоны: LST1 – северная лесостепь; LST2 – южная лесостепь; GT – горно-таежная подзона. I, II, III – стадии растительной сукцессии.

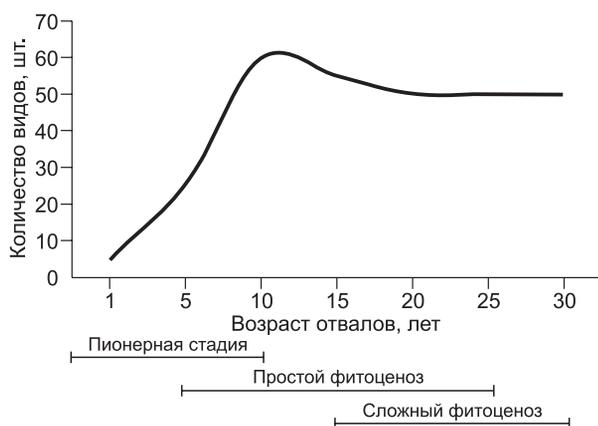


Рис. 7. Количество видов на разных стадиях сингенеза во времени (лесостепь).

стае простого фитоценоза этот вид вытесняется растениями, которые характерны для рудерального комплекса интразональной растительности (*Chenopodium album* L., *Ch. hybridum* L., *Ch. urbanicum* L.). В первые пять лет в южной лесостепи на стадии пионерной группировки встречаются растения, не свойственные данной подзоне: *Achillea setacea* Waldst. et Kit., *Sclerantus annus* L., *Oberna behen* (L.) Ikonn., на стадии простого фитоценоза они не встречаются. В горно-таежной подзоне в стадии простого фитоценоза элиминируются многие виды, присутствующие в сообществах на стадии пионерной группировки: *Atriplex patula* L., *Amaranthus retroflexus* L., *Arenaria uralensis* Pall. ex Spreng.

Формирование отвалов и поселение на них растений на первых этапах сингенеза носит эцционный характер. В процессе реализации сукцессий видовое богатство вначале возрастает, а в конце сукцессии начинает уменьшаться (рис. 7).

В зависимости от возраста изменяется пропорция между разными стадиями сукцессии: в течение 30 лет доля экотопов, занятых пионерными группировками, планомерно снижается, а со сложными фитоценозами – возрастает. Но даже через 30 лет в экотопах с неблагоприятными условиями 5–6 % занято пионерными сообществами (рис. 8).

Большинство исследователей флоры отвалов (Моторина, 1970; Рева, Бакланов, 1974; Щербатенко, Шушуева, 1974; Чибрик, 1979; Куприянов, 1989) отмечают бедность флористического состава, связанную с недостатком элементов минерального питания и неблагоприятными экологическими факторами.

На первых стадиях сингенеза появляются растения, которые не свойственны зональной флоре, в основном сорные и заносные. Нередко отвалы становятся «черными дырами», через которые проникают инвазионные виды, много лет представляющие техногенные фитоценозы и проявляющие склонность к экспансии на другие территории. Ярким примером является нахождение на отвалах Кузбасса нового для Сибири вида рогачка французская *Erucastrum gallicum* (Эбель и др., 2008).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В зависимости от напряженности экологических факторов в основных местообитаниях растений выделены участки с благоприятными, умеренно благоприятными и неблагоприятными условиями. В благоприятных экологических условиях местообитаний количество поселяющихся видов значительно выше, чем в неблаго-

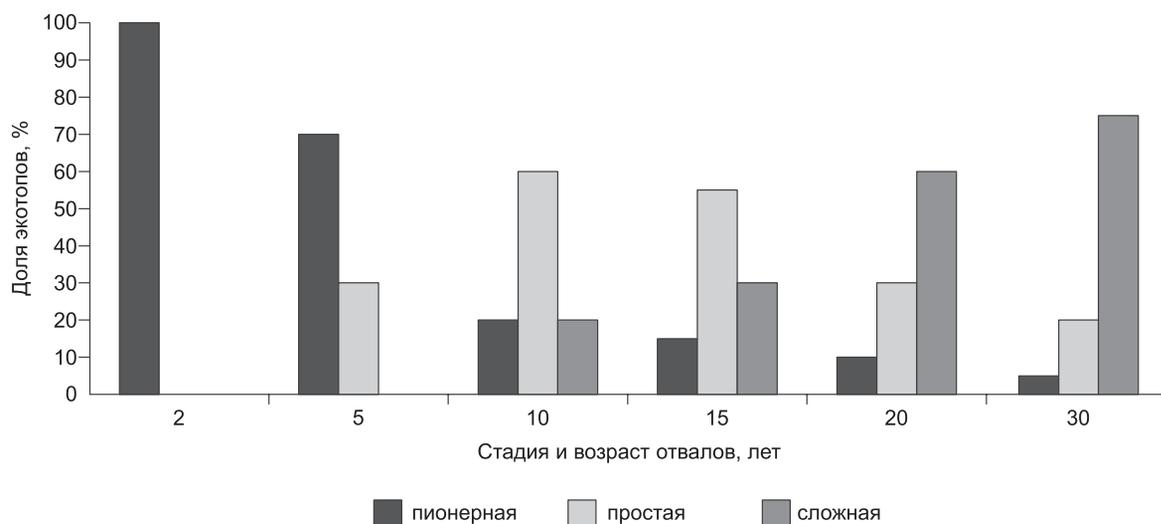


Рис. 8. Изменение долей растительных сообществ, находящихся на различных стадиях сукцессии на отвалах.

приятных. На одновозрастных отвалах растительные сообщества могут находиться на разных стадиях сингенеза.

На первых этапах сингенеза в условиях отсутствия конкуренции появляются виды, не характерные для конкретной подзоны, которые на следующих стадиях сингенеза замещаются видами зональных и интразональных сообществ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Зверев А. А.* Современное состояние развития информативной ботанической системы IBIS // Чтения памяти Ю. А. Львова: мат-лы II межрегион. экол. конф. Томск: Изд-во Томск. гос. ун-та, 1998а. С. 44–45.
- Зверев А. А.* Сравнительный анализ флор с помощью компьютерной системы IBIS // Изучение биологического разнообразия методами сравнительной флористики: мат-лы IV рабочего совещ. по сравнительной флористике. Березинский биосферный заповедник. СПб.: НИИХ СПбГУ, 1998б. С. 284–288.
- Куприянов А. Н.* Биологическая рекультивация отвалов в субаридной зоне. Алма-Ата, 1989. 104 с.
- Куприянов А. Н., Жаров С. И., Арсенов Г. П.* Способ рекультивации отвалов. А. с. на изобретение: 4266409/30-15(071440) от 28.03.88 0.4/0.1.
- Куприянов А. Н., Манаков Ю. А.* Динамика зарастания отвала вскрыши бывшего Федоровского угольного месторождения за 30 лет // Рекультивация нарушенных земель в Сибири. Кемерово, 2008. Вып. 3. С. 45–55.
- Куприянов, А. Н., Манаков Ю. А., Баранник Л. П.* Восстановление экосистем на отвалах горнодобывающей промышленности. Новосибирск: Акад. изд-во «ГЕО», 2010. 165 с.
- Куприянов А. Н., Морсакова Ю. В.* Начальные этапы формирования растительного покрова на техногенных экотопах Кузбасса // Сиб. экол. журн. 2008. № 2. С. 255–261.
- Манаков Ю. А.* Зональные особенности группировок растений на отвалах Кузбасса // Мат-лы IV Междунар. науч. конф. Томск: Изд-во Томск. гос. ун-та, 2010. С. 109–112.
- Манаков Ю. А., Куприянов А. Н.* Характеристика парциальных флор и широты экологической амплитуды растений, поселяющихся на отвалах Кузбасса // Флора и растительность антропогенно нарушенных территорий. Кемерово, 2010. Вып. 6. С. 25–28.
- Манаков Ю. А., Стрельникова Т. О., Куприянов А. Н.* Формирование растительного покрова в техногенных ландшафтах Кузбасса. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2011. 180 с.
- Методические указания по проектированию рекультивации нарушенных земель на действующих и проектируемых предприятиях угольной промышленности. Пермь, 1991. 290 с.
- Методы изучения лесных сообществ. СПб., 2002. 240 с.
- Моторина Л. В.* Естественное зарастание отвалов открытых разработок // Растительность и промышленные загрязнения. Свердловск, 1970. С. 118–123.
- Рева М. Л., Бакланов В. И.* Динамика естественного зарастания террикоников Донбасса // Растения и промышленная среда. Свердловск, 1974. С. 109–115.
- Трофимов С. С.* Экология почв и почвенные ресурсы Кемеровской области. Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1965. 299 с.
- Трофимов С. С., Овчинников В. И.* Антропогенный рельеф Кузбасса // Рекультивация в Сибири и на Урале. Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1970. С. 5–24.
- Федотов В. И.* Техногенные ландшафты – теория, региональные структуры, практика. Воронеж: Изд-во Воронежск. гос. ун-та, 1985. 186 с.
- Чибрик Т. С.* Формирование растительных сообществ в процессе самозарастания на отвалах угольных месторождений Урала // Растительность и промышленная среда. Свердловск, 1979. С. 9–24.
- Чибрик Т. С.* Флора и растительность техногенных ландшафтов Урала // Растительность и промышленная среда. Свердловск, 1992. С. 59.
- Шенников А. П.* Введение в геоботанику. Л.: Изд-во Ленингр. гос. ун-та, 1964. 447 с.
- Щербатенко В. И., Шушueva М. Г.* Характерные черты сингенеза растительности на гидроотвалах Грамотейнского разреза в Кузбассе // Проблемы рекультивации земель в СССР. Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1974. С. 172–180.
- Эбель А. Л., Яковлева Г. И., Манаков Ю. А.* *Erucastrum gallicum* (Brassicaceae) – новый для Сибири адвентивный вид // Системат. заметки по мат-лам гербария им. П. Н. Крылова Томск. гос. ун-та. 2008. № 99. С. 11–14.
- Юрцев Б. А.* Флора как базовое понятие флористики: содержание понятия, подходы к изучению // Теоретические и методические проблемы сравнительной флористики. Л.: Наука. Ленингр. отд-ние, 1987. С. 13–28.
- Юрцев Б. А.* О некоторых дискуссионных вопросах сравнительной флористики // Актуальные проблемы сравнительного изучения флор. СПб., 1994. С. 15–33.
- Юрцев Б. А., Камелин Р. В.* Основные понятия и термины флористики. Пермь: Изд-во Пермск. гос. ун-та, 1991. 80 с.

REGULARITIES OF RESTORATION OF PLANT COVER ON THE DUMPS OF THE KUZNETSK BASIN

A. N. Kupriyanov, A. Yu. Manakov

*Kuzbas Botanical Garden, Institute of Human Ecology, Federal Research Center for Coal and Coal Chemistry, Russian Academy of Sciences, Siberian Branch
Prospekt Leningradskiy, 10, Kemerovo, 650065 Russian Federation*

E-mail: kupr-42@yandex.ru, kem401@gmail.com

The article considers the issues of the restoration vegetation on the dumps of the coal enterprises of the Kuznetsk Basin. Studies have shown that the dumps have a wide range of environmental conditions and are potentially suitable for establishment of plants. To negative environmental factors at the mine dumps include the lack of productive moisture, failed penetration, contrasting temperature regime on the different elements of the relief, and low potential fertility of the embryonic soils. Positive – high humidity in the depressions, the high content of fine-grained deposits in the lower part of the elephant dumps, excessive accumulation of snow in the winter on separate dumping sites. On disturbed lands identified eight technogenic ecotopes, characterized by various microrelief, moisture level, amount of fine fractions of technogenic eluvium determining favorable, moderately favorable and unfavorable conditions for vegetation of disturbed land. Selected three stages of syngeneses: pioneer stage, simple plant communities and complex plant communities. The stage of zonal phytocenosis on the dumps was not detected. The basis of diagnostic signs consists of the projective cover, the nature of the host plants, the number of species part of the zonal species. The selected criteria are universal and can be applicable to most dumps. Speed of syngenetic succession does not depend on calendar age of the dumps, and environmental conditions, which are formed on separate sites.

Keywords: *dumps of coal mines, syngeneses, overgrowing, ecological factors, Kuznetsk Basin.*

How to cite: *Kupriyanov A. N., Manakov A. Yu. Regularities of restoration of plant cover on the dumps of the Kuznetsk Basin // Sibirskij Lesnoj Zurnal (Siberian Journal of Forest Science). 2016. N. 2: 51–58 (in Russian with English abstract).*