

УДК 581.55 : 581.552 : 581.557.24 : 502

## ФОРМИРОВАНИЕ РАСТИТЕЛЬНОСТИ НА ОТВАЛАХ БАЖЕНОВСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ ХРИЗОТИЛ-АСБЕСТА

© 2017 Н.В. Лукина, М.А. Глазырина, Е.И. Филимонова, Т.С. Чибрик, Х.И. Шаповалова

Уральский федеральный университет, г. Екатеринбург

Статья поступила в редакцию 15.05.2017

Показана динамика флористического богатства, систематического фиторазнообразия, биоэкологической структуры (экоморфы, биоморфы и др.) растительных сообществ, формирующихся в процессе самозарастания на разновозрастных отвалах Баженовского месторождения хризотил-асбеста (г. Асбест, Свердловская обл., таежная зона, подзона южной тайги). Приведены результаты изучения арбускулярной микоризы на исследованных отвалах.

Ключевые слова: *фитоценоз, флористическое богатство, систематическая структура, биоморфы, экоморфы, арбускулярная микориза, отвал асбеста, Урал*

Промышленные отвалы – это антропогенные образования, представляющие собой искусственные насыпи из перекотленного материала, преимущественно вскрышных пород, образовавшихся при добыче полезных ископаемых или же из отходов предприятий перерабатывающей промышленности и других производств. Вред, наносимый промышленными отвалами: сокращение площади земельных угодий, уничтожение почвенных покровов и естественной растительности; нарушение уровня грунтовых вод, загрязнение водоемов; загрязнение воздушных бассейнов, усиление эрозионных процессов как на самих отвалах, так и на прилегающих к ним площадях. Устранение вредного влияния промышленных отвалов и целесообразное их использование являются важной проблемой, для решения которой проводят рекультивацию отвалов. Но это дорогой, трудоемкий и не всегда возможный процесс, особенно для каменистых отвалов. В связи с этим огромный интерес представляет изучение восстановления растительного покрова на отвалах естественным путем, т.е. в процессе их самозарастания.

**Цель работы:** изучение скорости восстановления флоры и растительности в процессе самозарастания, а также формирования функциональных связей на примере микоризообразования на разновозрастных отвалах Баженовского месторождения хризотил-асбеста.

*Лукина Наталия Валентиновна, кандидат биологических наук, доцент, старший научный сотрудник лаборатории антропогенной динамики экосистем. E-mail: Natalia.Lukina@urfu.ru.*

*Глазырина Маргарита Александровна, кандидат биологических наук, доцент, старший научный сотрудник лаборатории антропогенной динамики экосистем. E-mail: Margarita.Glazyrina@urfu.ru.*

*Филимонова Елена Ивановна, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории антропогенной динамики экосистем. E-mail: Elena.Filimonova@urfu.ru.*

*Чибрик Тамара Семеновна, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник, заведующая лабораторией антропогенной динамики экосистем. E-mail: Tamara.Chibrik@urfu.ru.*

*Шаповалова Христина Игоревна, аспирантка*

**Объекты и методы исследований.** Одной из отраслей горнодобывающей промышленности является добыча и переработка асбеста. В последние годы внимание мировой общественности было привлечено к вреду, наносимому асбестовыми волокнами здоровью людей и окружающей среде. На Урале находится одно из крупнейших месторождений асбеста в мире – Баженовское месторождение хризотил-асбеста (г. Асбест, таежная зона, подзона южной тайги), располагающееся в 60 км к северо-востоку от г. Екатеринбурга. Месторождение разрабатывается открытым способом с 1889 г. Длина карьера к настоящему времени составляет 11 км, ширина более 2,5 км, глубина – до 350 м, высота уступов – 15 м. Общая площадь, занятая горными работами – 90 км<sup>2</sup>.

При добыче и обогащении руды асбеста на горно-обогащительных предприятиях образуется два вида отходов: вскрышные породы (отходы добычи) и отходы обогащительных фабрик после извлечения асбеста, которые складываются в отвалы. Серпентин, составляющий основную часть отвалов, мягкий минерал, с сильно развитой трещиноватостью и слабым водопоглощением (от 0 до 0,3%). Хризотилловый асбест (хризотил), называемый также «белый асбест» и «горный лен», является волокнистой разновидностью серпентина, он способен расщепляться на тончайшие длинные волокна толщиной до 0,5 мкм, обладает высокой прочностью на разрыв по оси волокнистости и низкой теплопроводностью [1].

Химический состав вскрышных пород: MgO – 42,0%, SiO<sub>2</sub> – 40,9%, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – 3,0%, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – 1,25%. Породы незасоленные, щелочные (рН – 8,6), среднеобеспеченные подвижными фосфатами (3,7 мг/100 г пород) с низким содержанием калия (2,5 мг/100 г пород), азота (0,02%) и углерода (0,2%). Асбест содержит в различных количествах примеси карбонатов магния и кальция. Наиболее отрицательно на физико-механические свойства хризотил-асбеста влияют карбонаты кальция (CaCO<sub>3</sub>), которые, цементируя элементарные кристаллы, увеличивают их агрегатную связность, что влечет за собой снижение эластичности и распушиваемости волокон [2].

Естественная растительность развивается на отвалах крайне медленно: наблюдается запаздывание в развитии растений, незначительный рост надземной массы и образование слабой корневой системы [3]. К числу отрицательных факторов относятся пылевидные выбросы обогатительных фабрик. При оседании пыли на растениях резко нарушаются физиологические функции растительных организмов, уменьшается ассимиляционная поверхность, что ведет к затруднению фотосинтеза.

Нами проведен анализ флористической, систематической и биоэкологической структуры формирующихся на отвалах фитоценозов. Исследования проводились по общепринятым геоботаническим методам: закладывались серии 100 м<sup>2</sup> площадок, определялось флористическое богатство – число видов в сообществе в целом, общее проективное покрытие (ОПП) и сформированность растительности по ярусам, обилие каждого вида по Друде. На участках с лесовосстановлением проводились замеры деревьев (высота, диаметр на уровне 1,3 м, диаметр в зоне корневой шейки). Для изучения арбускулярной микоризы в растительных сообществах отбирались корни травянистых растений в 5–10-кратной повторности. Отобранные образцы обрабатывались по методике И.А. Селиванова [4]. Были изучены такие параметры, как доля участия микотрофных видов в растительных сообществах, частота встречаемости микоризной инфекции (F, %), степень микотрофности (D, баллы), интенсивность микоризной инфекции (C, %).

**Результаты и их обсуждение.** Изучение флоры, растительности и арбускулярной микоризы

проводилось на разновозрастных отвалах Баженовского месторождения асбеста в 1970, 2007 и 2012 гг. Отвалы вскрышных пород характеризуются значительным однообразием химического состава, различаются по гранулометрическому составу, рН субстрата от слабокислой до нейтральной. Краткая характеристика отвалов приведена в табл. 1. Известно, что интенсивность самозарастания при прочих равных условиях находится в прямой зависимости от возраста отвала и, на первых стадиях формирования, определяется условиями заноса семян и конкретными эдафическими условиями [5]. Исследования показали, что немногие виды начинают поселяться только через 10–15 лет после образования отвалов.

Отвал (13–15-летний) гравийно-щебенчатый, характеризуется плоско-выравненной поверхностью. Растительность размещена в центральной части, преимущественно в микропонижениях, и представлена кипрейно-разнотравно-полюнными сложными растительными группировками. ОПП растительностью не превышает 20%. В травостое преобладают *Chamaenerion angustifolium* (L.) Scop, *Linaria vulgaris* L., *Melilotus albus* Medik., *Melilotus officinalis* (L.) Pall., *Artemisia vulgaris* L. (sp gr), встречаются *Rumex crispus* L., *Berteroa incana* (L.) DC., *Achillea millefolium* L. (sol) и др. Древесные виды представлены единичными особями *Pinus sylvestris* L., *Betula pendula* Roth, *Salix caprea* L. У *Pinus sylvestris* и *Betula pendula* наблюдается пожелтение хвои и листьев. Всего зарегистрировано 20 видов.

**Таблица 1.** Характеристика отвалов Баженовского месторождения хризотил-асбеста

№	Возраст, лет	Высота, м	Площадь, га	рН	Механический состав пород
вскрышные отвалы					
1	13–15	15	30	5,7–5,9	гравийно-щебенчатый
2	20	30	50	5,8–6,2	щебенчато-крупнокаменистый
3	30	12	25	6,0–6,2	крупнопылевато-гравийный
4	35–40	40	242	7,1	щебенчато-крупнокаменистый
отвалы отходов сухого обогащения асбестовой руды					
5	10–12	14	15	8,5	пылеватый
6	30	70	20	8,4	пылеватый
7	35–40	40	–	8,4	пылеватый

Отвал (20-летний) щебенчато-крупнокаменистый. Растительность размещена группами в северо-западной и юго-западной частях отвала, сложенных гравийно-щебенчатым и крупнопылеватым субстратом. ОПП растительностью в среднем составляет 10–20%. Здесь формируются злаково-разнотравные сложные растительные группировки, представленные *Melilotus albus*, *Artemisia vulgaris*, *Artemisia absinthium* L., *Elytrigia repens* (L.) Nevski (обилие в группах достигает сор<sub>1</sub>), *Tussilago farfara* L. (sp), *Amoria repens* (L.) C. Presl, *Trifolium pratense* L., *Berteroa incana* (L.) DC. (sol) и др. Древесные виды, как и на отвале № 1, представлены единичными особями *Pinus sylvestris*, *Betula pendula*, *Salix caprea*, а

также небольшими группами *Populus tremula* L. и *Rubus idaeus* L. Всего встречено 50 видов.

Отвал (30-летний) крупнопылевато-гравийный, до 50% поверхности отвала занимают кучи гравия, высотой до 1,5 м. Растительность расположена группами в понижениях рельефа и представлена разнотравно-злаковыми растительными группировками. ОПП растительностью варьирует от 20 до 40%, местами достигая 60%. Из травянистых видов доминируют *Calamagrostis epigeios* (L.) Roth, *Poa pratensis* L., *Artemisia absinthium*, *Melilotus officinalis* (сор<sub>1</sub>), встречаются *Artemisia vulgaris*, *Chamaenerion angustifolium*, *Taraxacum officinale* Wigg. (sp) и др. Древесные виды представлены единичными особями

*Pinus sylvestris* высотой от 5 до 7 м, *Betula pendula* (5–7 м), *Salix caprea* (3–5 м), *Populus tremula* (5–6 м); из кустарников встречаются *Rubus idaeus*, *Chamaecytisus ruthenicus* (Fisch. ex Wołoszcz.) Klásková, *Caragana arborescens* Lam., *Rosa cinnamomea* L.

Отвал (35–40-летний) щебенчато-крупнокаменистый. На нем идет зарастание по лесному типу, ОПП древесной растительности варьирует от 10% до 30%, сомкнутости крон нет. Преобладают древесные виды: *Pinus sylvestris* (cop), *Betula pendula* (cop), единично встречается подрост *Populus laurifolia* Ledeb., *Populus nigra* L., *Populus suaveolens* L., *Populus tremula* и *Betula pubescens* Ehrh. Кустарниковые виды представлены подростом *Salix caprea*, *Salix triandra* L. (sp–cop), *Rubus idaeus*, встречаются сеянцы *Padus avium* Mill., *Sorbus aucuparia* L. (sol). Из кустарничков единично в понижениях рельефа в местах скопления опада рядом с древесными видами встречаются *Orthilia secunda* (L.) House, *Chimaphila umbellata* (L.) W.P.C. Barton (sol gr). Травянистый ярус слабо развит, ОПП 10–20%, единично встречаются *Festuca rubra* L., *Deschampsia cespitosa* (L.) Beauv. *Fragaria vesca* L. (sol gr) и др. Всего выявлен 71 вид.

Плотность генеративных особей *Pinus sylvestris* достигает в среднем 16,5 шт./100 м<sup>2</sup> (численность варьирует от 0 до 26), средний возраст составляет 20 лет (варьирует от 13 лет до 31 года), средняя

высота 2,9 м, (изменяется в пределах 1,5–8 м). Отмечается резкое увеличение диаметра в нижней части ствола (закомелистость), так диаметр ствола на уровне 1,3 м составляет в среднем 5,1 см (варьирует от 1,5 до 13,0 см), а на уровне корневой шейки – в среднем 8,5 см (от 4 до 25 см). Показатель продуктивности древостоя соответствует IV–V классу бонитета. Длина 2-х летней хвои в среднем составляет 39,5 мм, что достоверно меньше (при  $p < 0,001$ ) длины хвои у аналогичных особей, произрастающих в естественных условиях (51,6 мм). Плотность подраста *Pinus sylvestris* на площадках варьирует от 35 до 52 особей, в среднем 43,5 шт./100 м<sup>2</sup>, к нему были отнесены особи высотой от 0,2 до 1,2 м и возрастом от 7 до 18 лет. Плотность сеянцев возраста от 1 до 7 лет достигает в среднем 130 шт./100 м<sup>2</sup> (в пересчете 13000 шт./га). Морфометрическая характеристика 2–7-летних сеянцев приведена в табл. 2. По жизненному состоянию особи *Pinus sylvestris* относятся к категории ослабленных, отмечается задержка роста, слабая дефолиация и средняя степень дехромации. Общая численность особей *Betula pendula* на учетных площадках составляет в среднем 17 шт./100 м<sup>2</sup>, высота – 1,7 м (варьирует от 0,1 до 4,2 м), диаметр ствола на уровне 1,3 м достигает в среднем 2,5 см (от 1,8 см до 4,5 см), стволы сильно сбежистые.

**Таблица 2.** Характеристика сеянцев *Pinus sylvestris*, произрастающих в условиях 35–40-летнего вскрышного отвала хризотил-асбеста ( $m \pm SE$ )

Признаки	Отвал щебенчато-крупнокаменистый (n=35)	Естественный лес (n=32)
Высота, мм	37±1,30	39±3,00
Длина хвои, мм	14±0,60	24±1,00
Масса надземных органов, мг	48,5±3,00	180,0±20,00
Масса подземных органов, мг	24,4±2,00	24,0±2,00

Примечание: n – количество проанализированных особей

Отвалы отходов сухого обогащения асбестовой руды сформированы пылеватыми волокнистыми частицами хризотил-асбеста, которые со временем образуют на поверхности плотную корку, препятствующую прорастанию семян. Отрицательным фактором также является осаждение пылевидных частиц на поверхности растений, вызывающее нарушение транспирации и фотосинтеза. На пылеватых отвалах 10–12-ти и 30-летнего возраста встречено только три вида растений: *Salix caprea*, *Rumex crispus*, растущие единичными особями и *Puccinellia hauptiana* V. Krecz., образующая небольшие куртины по 10–15 экземпляров. Растения сильно угнетены. На 35–40-летнем отвале обогащения асбестовой руды растительный покров практически отсутствует, растения встречаются единично или редкими группами, ОПП едва достигает 0,1%. Всего выявлено 23 вида, 4 из них – древесные (высота до 1 м): *Pinus sylvestris* возраст 15–18 лет, *Betula pendula*, *Populus tremula*, *Salix triandra* L. Из травянистых видов встречаются: *Puccinellia hauptiana*, *Festuca rubra*, *Calamagrostis epigeios*, *Hordeum jubatum* L., *Erysimum hieracifolium* L., *Crepis tectorum* L. и др.

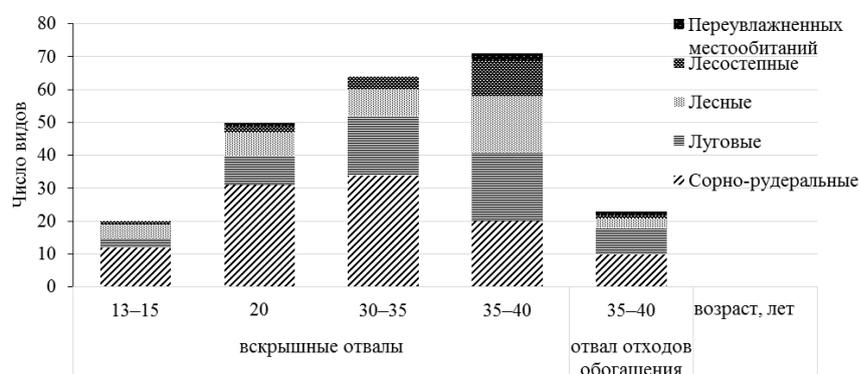
Оценка восстановления фиторазнообразия показала, что в растительных сообществах, формирующихся на разновозрастных вскрышных отвалах Баженовского месторождения хризотил-асбеста, с увеличением возраста растительных сообществ наблюдается устойчивый рост флористического богатства: от 14 видов в 13–15-летних растительных сообществах до 71 вида – в 35–40-летних. На отвалах обогатительной фабрики рост фиторазнообразия происходит значительно медленнее (табл. 3). Увеличение видового разнообразия происходит, в основном, за счет видов семейств Asteraceae, Fabaceae, Poaceae и Rosaceae, занимающих ведущее положение в растительных сообществах всех отвалов. Высока доля одновидовых семейств, варьирующая от 54,8% в 13–15-летних растительных сообществах, до 42,1% – в 35–40-летних. Наиболее высокие показатели встречаемости имеют древесные виды: *Pinus sylvestris*, *Betula pendula*, *Populus tremula*, *Salix caprea*; травянистые виды малочисленны и имеют низкие показатели обилия и встречаемости.

**Таблица 3.** Динамика систематического разнообразия флоры отвалов Баженовского месторождения хризотил-асбеста

Показатели	Период формирования, лет				
	вскрышные отвалы				отвал обога- тительной фабрики
	13–15	20	30	35–40	35–40
Общее число: видов, шт.	20	50	64	71	23
родов, шт.	19	45	57	60	21
семейств, шт.	11	23	17	19	8
Соотношение: вид/семейство	1,8	2,2	3,7	3,7	2,9
род/семейство	1,7	2,0	3,3	3,2	2,6
вид/род	1,1	1,1	1,1	1,2	1,6

Анализ биоэкологической структуры флоры, формирующейся на разновозрастных вскрышных отвалах Баженовского месторождения асбеста показал, что по продолжительности жизни флора представлена преимущественно многолетними видами, число и доля их с увеличением возраста растительных сообществ растет от 12 (60,0%) в 13–15-летнем сообществе до 58 (81,7%) в 35–40-летнем. По отношению к увлажнению (анализ экоморф) формирование флоры идет, в основном, за счет видов мезофитных местообитаний (75,5% – в 13–15-летних сообществах; 73,03% – в 35–40-летних); высока доля ксерофитных видов, она варьирует от 20,0% до 16,9% на разных отвалах; гигрофитные виды составляют 5,0–10,0%.

По способу распространения плодов и семян ведущее положение в структуре флоры отвалов занимает группа анемохоров, их доля в 13–15-летних и 35–40-летних растительных сообществах составляет 60,0% и 57,8% соответственно, значительную долю составляют группы зоохоров и автохоров. В ценотической структуре флоры до 30–35-летнего возраста растительных сообществ большая часть видов является сорно-рудеральными и лугово-сорными (60,0–62,0%), к 35–40-летнему возрасту число и доля этих видов начинают уменьшаться до 28,2%. С увеличением возраста растительных сообществ наблюдается рост числа и доли луговых (от 15,0% до 22,5%) и лесных (от 20,0% до 23,9%) видов (рис. 1).



**Рис. 1.** Структура ценотических групп во флоре разновозрастных отвалов Баженовского месторождения хризотил-асбеста

В структуре жизненных форм (по Раункиеру) происходит увеличение числа и доли гемикриптофитов, геофитов и фанерофитов, при уменьшении числа и доли терофитов. В географической структуре флоры среди широтных групп преобладают бореальные виды, их доля растет с увеличением возраста растительных сообществ от 65,0% до 71,8%, значительную долю составляют полизональные виды, их доля уменьшается от 30,0% до 18,4%. Среди долготных групп преобладают евразийские (50,0% – в 13–15-летних растительных сообществах; 56,2% – в 35–40-летних).

Современными исследованиями установлено, что в сообществах высших растений широкое распространение имеет микориза. Микориза является одним из компонентов экосистем, усиливающих

их интегрированность, компенсирующих дефицитность биогенных элементов путем включения их в биотический кругооборот [6–9]. Микориза повышает адаптационную способность организмов, дает им преимущества в приспособлении к условиям окружающей среды. При изменении условий окружающей среды происходит смещение равновесия в природных комплексах, нарушение консортивных связей, в частности микориз.

Изучение арбускулярной микоризы проводилось на отвале вскрышных пород Баженовского месторождения хризотил-асбеста, где сформировался 30–35 летний разреженный древесный фитоценоз с доминированием *Pinus sylvestris* (sp-сор), *Betula pendula* (sp). Травянистые виды встречаются крайне редко, ОПП достигает 3–5%. Исследования показали,

что из 16 произрастающих на участке травянистых видов в корнях 11 видов (68,8%), была обнаружена арбускулярная микориза, представленная гифами, везикулами и арбускулами. Не обнаружена микориза у *Erysimum cheiranthoides* L., *Sisymbrium loeselii* L., *Silene viscosa* (L.) Pers., *Rumex crispus*, *Linaria vulgaris*. Гриб распространен в корнях растений крайне

неравномерно: средняя частота встречаемости микоризы в корнях исследованных растений (F) составила 41,0%. Большинство микотрофных видов являются слабомикотрофными: средняя степень микотрофности (D) – 0,7 балла. Один вид – *Erigeron acris* L. оказался среднемикотрофным (табл. 4).

**Таблица 4.** Характеристика показателей микоризации травянистых видов в растительных сообществах, формирующихся на отвале Баженовского месторождения асбеста

Показатели	Отвалы Баженовского месторождения асбеста		
	вскрышные		отходы обогащения асбеста
возраст участка, лет	30–35	35–40	30
pH субстрата	6,0–6,2	7,1	8,4
число исследованных видов, шт.	16	18	19
доля микотрофных видов, %	68,8	83,3	73,7
средняя частота встречаемости микоризной инфекции (F), %	41,0±7,8	35,5±5,3	51,8±8,1
средняя степень микотрофности растений (D), балл	0,7±0,1	0,5±0,2	1,0±0,2
средняя интенсивность микоризной инфекции (C), %	13,7±2,9	12,9±3,2	26,6±4,3
микосимбиотический ряд дифференциации			
число немикотрофных видов, шт.	5	3	5
число слабомикотрофных видов, шт.	10	13	12
число среднемикотрофных видов, шт.	1	2	2

Через 5 лет на этом же участке отвала было проведено повторное изучение микоризы (возраст сообщества 35–40 лет). Было установлено, что доля микоризных видов увеличилась и составила 83,3%. Не обнаружена микориза у *Erysimum cheiranthoides*, *Silene viscosa*, *Galium album* Mill. Большинство микотрофных видов являются слабомикотрофными. Среднемикотрофными оказались два вида: *Solidago virgaurea* L. и *Fragaria vesca*. Кроме типичной арбускулярной микоризы в корнях многих растений были обнаружены эндофиты, представленные темноокрашенными септированными гифами. На корнях некоторых растений они образуют рыхлый сетчатый чехол.

Было проведено изучение микоризы на 35–40-летнем отвале отходов обогащения асбестовой руды. Из 19 исследованных травянистых видов арбускулярная микориза обнаружена у 14, что составило 73,7%. Не обнаружена микориза у *Erysimum hieracifolium*, *Lepidium latifolium* L., *Sisymbrium loeselii*, *Puccinellia distans* (Jacq.) Parl., *Erysimum cheiranthoides*. Большинство исследованных микотрофных видов являются слабомикотрофными. Среднемикотрофными оказались два вида: *Solidago virgaurea* и *Leontodon autumnalis* L. Средние показатели степени микотрофности, частоты встречаемости и интенсивности микоризной инфекции на отвале отходов сухого обогащения асбестовой руды оказались выше, чем на вскрышных отвалах. (табл.4). Это связано, на наш взгляд, с высокой щелочностью субстрата [10, 11].

**Выводы:** проведенные исследования показали, что отвалы Баженовского месторождения хризотил-асбеста характеризуются неблагоприятными эдафическими условиями для произрастания растений (особенно отвалы обогащения): образованием сцементированной корки на поверхности отвала, препятствующей прорастанию семян и укоренению растений. Заселение отвалов высшими растениями происходит крайне медленно. К 35–40-летнему возрасту на отвалах формируются разреженные лесные фитоценозы с доминированием *Pinus sylvestris*, общее проективное покрытие травянистыми видами составляет не более 20–40%, достигая местами 60%.

Систематической и биоэкологической анализ флоры показал, что на отвалах Баженовского месторождения хризотил-асбеста с увеличением возраста растительных сообществ происходит увеличение видового богатства. Формирование флоры идет за счет многолетних, анемохорных, мезофитных луговых и лесных видов с высокой долей участия сорно-рудеральных видов, относящихся, в основном, к бореальной и полизональной группам евразийского происхождения. Процесс формирования флоры очень длительный и зависит от свойств субстрата. В растительных сообществах, формирующихся на отвалах Баженовского месторождения хризотил-асбеста, травянистые растения вступают в симбиоз с микоризообразующими грибами. Доля микотрофных видов зависит от степени сформированности растительных сообществ, а показатели микотрофности в большей степени зависят от свойств

субстрата. Большая часть исследованных видов являются слабомикотрофными, что характерно для техногенных местообитаний. На промышленных отвалах наличие микоризы является важным фактором адаптации растений к измененным условиям среды.

Работа выполнена при финансовой поддержке со стороны Министерства образования и науки Российской Федерации в рамках выполнения государственного задания УрФУ № 2017/236, код проекта 7696.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Антонов, А.А. Минералогия родинитов Баженовского гипербазитового массива. Монография. – СПб.: Наука, 2003. 128 с.
2. Махонина, Г.И. Экологические аспекты почвообразования в техногенных экосистемах Урала. Монография. – Екатеринбург: изд-во Урал. ун-та, 2003. 356 с.
3. Тарчевский, В.В. Особенности развития растений на асбестовых отвалах / В.В. Тарчевский, Л.К. Зайцева // Растения и промышленная среда. – Свердловск: УрГУ. 1964. С. 198-206.
4. Селиванов, И.А. Микосимбиотрофизм, как форма консортивных связей в растительном покрове Советского Союза. Монография. – М.: Наука, 1981. 230 с.
5. Чибрик, Т.С. Формирование фитоценозов на нарушенных промышленностью землях: биологическая рекультивация / Т.С. Чибрик, Ю.А. Елькин. – Свердловск: Изд-во Урал. ун-та, 1991. 220 с.
6. Smith, S.E. Mycorrhizal symbiosis (Third Edition) / S.E. Smith, D.J. Read. – N.Y.: Academic Press, 2008. 787 p.
7. Каратыгин, И.В. Козволюция грибов и растений. Монография. – СПб.: Гидрометеиздат, 1993. 115 с.
8. Read, D.J. Mycorrhizal fungi as drivers of ecosystem processes in heathland and boreal forest biomes / D.J. Read, J.R. Leake, J. Pevez-Moreno // Can. J. Bot. 2004. V. 82. P.1243-1263.
9. Проворов, Н.А. Генетические основы эволюции растительно-микробного симбиоза / Н.А. Проворов, Н.И. Воробьев. – СПб.: изд-во «Информ-Навигатор», 2012. 400 с.
10. Чибрик, Т.С. Экологические основы и опыт биологической рекультивации нарушенных промышленностью земель / Т.С. Чибрик, Н.В. Лукина, Е.И. Филимонова, М.А. Глазырина. – Екатеринбург: изд-во Урал. ун-та, 2011. 268 с.
11. Лукина, Н.В. Особенности микоризообразования в техногенных экосистемах / Н.В. Лукина, С.В. Рязанова // Экосистемы, их оптимизация и охрана. 2012. Вып. 7. С.261-269.

### FORMATION THE VEGETATION ON BAZHENOVSKIY DEPOSIT OF CHRYSOTILE-ASBESTOS

© 2017 N.V. Lukina, M.A. Glazyrina, E.I. Filimonova, T.S. Chibrik, H.I. Shapovalova

Ural Federal University, Ekaterinburg

Dynamics of floristic wealth, systematic phytovariety, bioecological structure (ecomorphs, biormorphs, etc.) the vegetable communities which are formed in the course of overgrowth on uneven-age dumps at the Bazhenovskiy deposit of chrysotile-asbestos (Asbest, Sverdlovsk oblast, taiga zone, subband of the southern taiga) is shown. Results of studying the arbuscular mycorrhizas in the studied dumps are given.

Key words: *phytocenosis, floristic wealth, systematic structure, biormorphs, ecomorphs, arbuscular mycorrhizas, asbestos dump, Urals*

*Nataliya Lukina, Candidate of Biology, Associate Professor,*

*Senior Research Fellow at the Laboratory of Ecosystems*

*Anthropogenic Dynamics. E-mail: Natalia.Lukina@urfu.ru.*

*Margarita Glazyrina, Candidate of Biology, Associate Professor,*

*Senior Research Fellow at the Laboratory of Ecosystems*

*Anthropogenic Dynamics. E-mail: Margarita.Glazyrina@urfu.ru.*

*Elena Filimonova, Candidate of Biology, Senior Research*

*Fellow at the Laboratory of Ecosystems Anthropogenic Dynamics.*

*E-mail: Elena.Filimonova@urfu.ru.*

*Tamara Chibrik, Candidate of Biology, Senior Research Fellow,*

*Chief of the Laboratory of Ecosystems Anthropogenic Dynamics.*

*E-mail: Tamara.Chibrik@urfu.ru.*

*Khristina Shapovalova, Post-graduate Student*