

# ИЗУЧЕНИЕ ФИТОЦЕНОЗОВ ТЕХНОГЕННЫХ ЛАНДШАФТОВ

Учебное пособие



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
УРАЛЬСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ИМЕНИ ПЕРВОГО ПРЕЗИДЕНТА РОССИИ Б. Н. ЕЛЬЦИНА

# ИЗУЧЕНИЕ ФИТОЦЕНОЗОВ ТЕХНОГЕННЫХ ЛАНДШАФТОВ

Рекомендовано методическим советом УрФУ  
в качестве учебного пособия для студентов,  
обучающихся по программам бакалавриата и магистратуры  
по направлениям подготовки  
022200 «Экология и природопользование», 020400 «Биология»

Екатеринбург  
Издательство Уральского университета  
2014

УДК 502.521(075.8) + 581.526.6(075.8)  
ИЗ95

Авторы:

Т. С. Ч и б р и к, кандидат биологических наук;  
М. А. Г л а з ы р и н а, кандидат биологических наук;  
Н. В. Л у к и н а, кандидат биологических наук;  
Е. И. Ф и л и м о н о в а, кандидат биологических наук

Рецензенты:

отдел лесоведения Ботанического сада УрО РАН  
(заведующий отделом доктор сельскохозяйственных наук С. Л. М е н щ и к о в);  
Н. Н. Н и к о н о в а, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник  
лаборатории биоразнообразия растительного мира и микобиоты  
Института экологии растений и животных УрО РАН

Научный редактор

Т. А. Р а д ч е н к о, кандидат биологических наук,  
доцент кафедры экологии Уральского федерального университета

Изучение фитоценозов техногенных ландшафтов : [учеб.  
ИЗ95 пособие] / [Т. С. Чибрик, М. А. Глазырина, Н. В. Лукина,  
Е. И. Филимонова ; науч. ред. Т. А. Радченко] ; М-во образова-  
ния и науки Рос. Федерации, Урал. федер. ун-т. — Екатеринбург :  
Изд-во Урал. ун-та, 2014. — 166 с.

ISBN 978-5-7996-1264-1

Учебное пособие посвящено важной экологической проблеме современности — вопросам трансформации фитоценозов техногенных ландшафтов, методам изучения и методологии долгосрочного прогноза состояния фитоценозов как главного компонента формирующихся техногенных экосистем на нарушенных промышленностью территориях.

Книга рассчитана на студентов, магистрантов и аспирантов биологической и экологической специальностей, может быть полезна широкому кругу биологов, экологов и специалистов по биологической рекультивации.

УДК 502.521(075.8) + 581.526.6(075.8)

ISBN 978-5-7996-1264-1

© Уральский федеральный университет, 2014  
© Чибрик Т. С., Глазырина М. А., Лукина Н. В.,  
Филимонова Е. И., 2014

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Урал — старый промышленный регион, где добыча и переработка полезных ископаемых ведется более 100 лет и где, как следствие, имеются нарушенные площади, только в Свердловской области их свыше 65 тыс. га. Поэтому актуальность проблемы не снижается. В течение пятидесяти лет и в настоящее время исследования по формированию фитоценозов, разработка научных основ и решений прикладных задач рекультивации нарушенных промышленностью земель, а также экспериментальные разработки в этой области продолжаютсся силами сотрудников лаборатории антропогенной динамики экосистем (до начала 1980-х гг. хозрасчетная лаборатория промышленной ботаники) в составе отдела биологических исследований Научно-исследовательского института физики и прикладной математики Института естественных наук УрФУ.

Исследования проводились на Урале на следующих техногенных образованиях: 1) на нарушенных землях предприятий горнодобывающей промышленности, образованных при добыче железной и медной руды, бурого угля; глубокоом (до 500 м) угольном разрезе; 2) нарушенных землях предприятий перерабатывающей промышленности: золоотвалах (шлакоотвалы) тепловых электростанций, работающих на высокозольных углях; шламохранилищах после обогащения железной руды и руд цветных металлов; отвалах отходов литейного производства.

Изучены характеристики указанных образований, дан прогноз естественного восстановления почвенного и растительного покрова, рекомендованы способы биологической рекультивации и ее возможные направления, определено содержание тяжелых металлов в системе «субстрат — растение» (качество получаемой продукции). Всего обследовано 35 тыс. га нарушенных промышленностью земель разных типов. Научные и практические результаты этой деятельности эффективно использованы предприятиями при биологической рекультивации около 2 тыс. га нарушенных земель, а также при подготовке

нормативных документов. Полученные результаты опубликованы [1, 2]. Историческую справку по лаборатории можно найти на сайте [www.resultbio.urfu.ru](http://www.resultbio.urfu.ru) и в публикации [3].

Начало 1980-х гг. в деятельности лаборатории связано с развертыванием фундаментальных исследований с целью разработки экологических (теоретических) основ биологической рекультивации нарушенных промышленностью земель. Исследовались состав и структура фитоценозов, возникших в процессе самозарастания. Подробно изучались основные направления трансформации культурфитоценозов, экспериментальных посевов и посадок, созданных для проверки разработанных рекомендаций по биологической рекультивации определенных техногенных образований. Большое внимание уделялось исследованию процессов восстановления фиторазнообразия на различных типах нарушенных земель, в том числе на золоотвалах тепловых электростанций и нарушенных землях открытых угольных разработок.

При исследованиях была реализована комплексная программа по изучению фитоценозов техногенных ландшафтов, которая включала изучение динамики и структуры фитоценозов, их продуктивности, структуры и жизненности ценопопуляций толерантных и доминирующих видов. Подробно изучались флористический состав, биоэкологическая характеристика видов, химический состав растений, микотрофность видов. Впервые представлен и проанализирован опыт биологической рекультивации нарушенных промышленностью земель на фитоценоотическом и ценопопуляционном уровнях с учетом временной трансформации созданных культурфитоценозов и качества фитомассы.

Материалом для учебного пособия явились результаты многолетних личных исследований авторов, в которых активное участие по сбору и первичной камеральной обработке под руководством авторов принимали участие и студенты. Ежегодно по тематике формирования фитоценозов и начальным этапам почвообразования на нарушенных промышленностью землях на кафедре экологии осуществляется специализация 15–20 бакалавров и магистрантов. Данное учебное пособие будет использоваться в качестве обобщенного справочного пособия при выполнении ими курсовых и дипломных работ.

## ВВЕДЕНИЕ

Современные темпы разработки полезных ископаемых, деятельность предприятий перерабатывающей промышленности, промышленного и гражданского строительства и других отраслей нередко приходят в противоречие с проблемой сохранения земли и охраны природы. Вокруг городов с сильно развитой промышленностью образуются «индустриальные пустыни», горы отвалов пустой породы и прочие явления, которые занимают огромные площади и в значительной степени меняют жизненную среду человека. Интенсификация промышленного производства зачастую приводит к нарушению ценных сельскохозяйственных и лесных угодий. Особенно велики нарушения при открытых разработках полезных ископаемых — угля, руд черных и цветных металлов, строительных материалов и др. Только в Свердловской области такие площади составляют около 65 тыс. га, по Уралу — свыше 100 тыс. га. В связи с этим существует важная задача не только сохранения земельного фонда, но и предотвращения нарушений сложившегося за тысячелетия природного комплекса как непосредственно в местах производства горных работ, так и на значительных прилегающих площадях. Восстановление техногенно нарушенных земель — это восстановление экосистемных функций территории, возвращение их в биосферный фонд.

Для восстановления нарушенных площадей и предотвращения вредного влияния их на природную среду проводится рекультивация, в процессе которой всегда учитываются мотивированное формирование ландшафта и создание определенной природной среды.

Под *рекультивацией земель* понимается комплекс работ, направленных на *восстановление биологической продуктивности и хозяйственной ценности нарушенных земель, а также на улучшение условий окружающей природной среды* [4, с. 2].

Б. П. Колесников ввел термин «техногенный ландшафт» [5, с. 6]. Он предложил делить все типы ландшафтов географической оболочки Земли на современном этапе ее эволюции не на две противоположные крупные категории — естественные (природные) и антропогенные, а на три:

- *естественные* (природные), подчиняющиеся общим закономерностям развития природы;
- *культурные* (упорядоченные, оптимизированные), состояние и будущее которых постоянно контролируется;
- *техногенные* (акультурные), стихийно сопутствующие техногенезу, неупорядоченные и неудобные для жизни.

Проблема рекультивации нарушенных земель комплексная — объединяет интересы специалистов многих наук: геологии, гидрологии, географии, экологии, биологии, почвоведения и др. Различны цели исследования, методы и даже объекты. Объединяющим является осознание важности всесторонних исследований экологического дисбаланса, вызванного коренной трансформацией естественных ландшафтов в техногенные.

*Задачи* исследований экологического дисбаланса можно объединить в три группы:

- а) разработка методов диагностики специфики структуры и функционирования техногенных ландшафтов;
- б) разработка методов мониторинга экологического состояния техногенных ландшафтов;
- в) разработка технологий рекультивации и теории проектирования рекультивационных мероприятий.

Две первые группы задач преимущественно теоретические, последняя — прикладная [6, с. 5].

*Цель работы* — показать роль всестороннего исследования растительности, формирующейся на нарушенных промышленностью землях, при решении проблемы их биологической рекультивации.

# **1. ИНДИКАЦИОННАЯ РОЛЬ РАСТИТЕЛЬНОСТИ ПРИ БИОЛОГИЧЕСКОЙ РЕКУЛЬТИВАЦИИ**

## **1.1. Программа комплексных исследований фитоценозов техногенных ландшафтов**

На Урале имеются значительные площади промышленных отвалов, где восстановление нарушенных почвенного и растительного покровов идет естественным путем. В то же время существует 40–50-летний опыт биологической рекультивации. Эта особенность Урала обусловила основной методологический подход: всестороннее комплексное исследование растительности, формирующейся на нарушенных промышленностью землях в процессе самозарастания и при биологической рекультивации (т. е. использование индикаторной роли растительности). Это вполне правомерно в экстремальных условиях, характерных для большинства промышленных отвалов, когда формирование фитоценозов на безжизненных пространствах идет по типу первичной сукцессии [7, с. 27]. Комплексность проблемы рекультивации нарушенных земель многократно подчеркивалась многими исследователями этой проблемы [8, 9 и др.].

Фитоценоз рассматривается нами как интегральный показатель пригодности нарушенных промышленностью земель для биологической рекультивации, а при естественном восстановлении почвенного и растительного покровов (процесс самозарастания) — как наиболее доступный для изучения и информативный компонент биогеоценозов (техногенных экосистем) для оценки степени их сформированности, экологической и хозяйственной ценности, прогноза их развития. В исследованиях по биологической рекультивации нами используется комплексная программа по изучению фитоценозов техногенных ландшафтов [9, с. 9] (рис. 1).

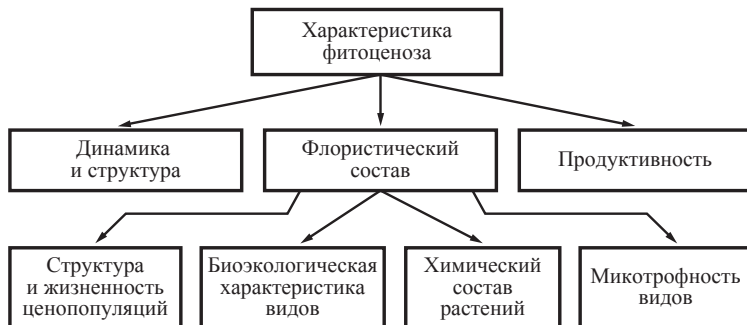


Рис. 1. Блок-схема программы по изучению фитоценозов техногенных ландшафтов

Каждый из приведенных блоков имеет вполне определенное индикационное значение:

а) степень пригодности для биологической рекультивации определяет наличие процесса самозарастания и его качество;

б) мониторинг флористического состава способствует индикации условий среды, т. е. отражает характер увлажнения, степень засоленности субстрата, индицирует рН среды, а также иллюстрирует процесс восстановления фиторазнообразия на нарушенных землях;

в) изучение структуры и жизненности ценопопуляций дает возможность выявить особенности возрастной и морфологической структур ценопопуляций, толерантных к специфическим условиям видов, видов с наибольшей ценотической значимостью, видов — концентраторов тяжелых металлов;

г) динамика и структура фитоценозов, микотрофность видов индицируют степень сформированности растительных сообществ и дают ключ для прогноза их формирования во времени с учетом стадии сукцессионного процесса;

д) продуктивность и химический состав — хозяйственные категории, которые дают представление о количестве и качестве фитопродукции.

Для многих техногенных объектов в процессе мониторинга получены хроноклины изменения встречаемости и обилия (рис. 2) преобладающих видов разнообразных растительных сообществ, что позволило дать классификацию видов по их позиции в сериальных фитоценозах отвалов техногенных объектов:

I группа — виды, характерные для группы «молодых» сообществ, иллюстрируют свойства эксплерентности;

II группа — виды индифферентные, присутствующие независимо от возраста сообществ, иллюстрируют свойства патиентности;

III группа — виды, характерные для группы «старых» сообществ, иллюстрируют свойства виолентности.

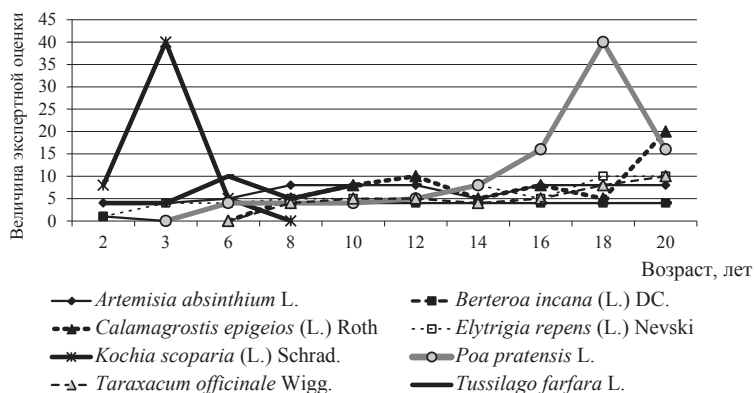


Рис. 2. Хроноклины изменения обилия видов

Для каждой из групп выделяются следующие подгруппы:

- 1) виды, усиливающие позицию с возрастом сообществ (увеличивают класс постоянства, обилие, массу и др.);
- 2) виды с позицией, не зависящей от возраста сообществ;
- 3) виды, ослабляющие позицию с возрастом сообществ (зависимость выражается нисходящей или одновершинной кривой).

Виды, характерные для «молодых» и «старых» сообществ (группы I и III), в какой-то степени индицируют стадии сингенетических сукцессий на этих отвалах, степень сформированности

сообществ, а виды группы II — экологические условия. Разные виды групп I и III на отвалах отражают вариабельность формирующихся сообществ, обусловленную заносом диаспор, некоторым различием конкретных экологических условий отвалов и др. Но эти группы иллюстрируют разные стороны единого процесса формирования фитоценозов на безжизненном субстрате: группа I определяет инициальные фитоценозы, отражая их вариабельность; группа III — позволяет прогнозировать возможное развитие фитоценозов с возрастом.

В качестве примера приведены данные по Коркинскому железнодорожному вскрышному отвалу (Челябинский угольный бассейн) (рис. 2). Площадь его 560 га, степень пригодности грунтов по ГОСТу — малопригодные, бедные элементами питания [10]. Поверхность отвала сложена аргиллитами, алевролитами, глинами с небольшим участием каменистых конгломератов и песчаников.

Для изучения динамики формирования фитоценозов были взяты геоботанические описания 2-, 3-, 6-, 8-, 10-, 12-, 14-, 16-, 18-, 20-летних растительных сообществ, сформированных на отвале. В основу данных исследований положены представления о том, что разновозрастные участки отвала, выстроенные в хроноряд, могут служить моделями разных временных стадий формирования биогеоценозов.

Примерное распределение видов по группам следующее:

I группа видов включает *Kochia scoparia* (L.) Schrad., *Melilotus albus* Medik., *Polygonum aviculare* L., *Puccinellia distans* (Jacq.) Parl., *Amoria repens* (L.) C. Presl, *Tussilago farfara* L.;

II группа — *Artemisia absinthium* L., *Berteroa incana* (L.) DC., *Carduus nutans* L., *Convolvulus arvensis* L., *Linaria vulgaris* L., *Sonchus oleraceus* L., *Solanum dulcamara* L.;

III группа — *Achillea nobilis* L., *Calamagrostis epigeios* (L.) Roth, *Elytrigia repens* (L.) Nevski, *Poa pratensis* L., *Poa trivialis* L., *Taraxacum officinale* Wigg.

Виды группы I с разным обилием удерживаются в формирующихся фитоценозах преимущественно до 5 лет. Обилие видов группы II колеблется в пределах sol–sp в течение 20 лет. Виды

группы III более или менее стабильно увеличивают обилие. Эти виды являются потенциальными доминантами. Чаще всего это вегетативно подвижные виды или виды с большим потенциалом семенного размножения (как *Taraxacum officinale*).

При математическом анализе обилия были приняты следующие экспертные оценки, близко соответствующие роли вида в фитоценозе:  $un$  — 1,  $un_{gr}$  — 2,  $sol$  — 4,  $sol_{gr}$  — 5,  $sp$  — 8,  $sp_{gr}$  — 10,  $cop_1$  — 16,  $cop_2$  — 30,  $cop_3$  — 60 [9].

В течение первых 6 лет идет постепенное увеличение видового богатства, в последующие годы количество видов колеблется в пределах 45 (табл. 1).

Таблица 1

**Биоэкологическая структура (доля от общего числа видов, %)  
разновозрастных фитоценозов Коркинского отвала  
(лесостепная зона)**

| Наименование показателя             | Возраст участков, лет |     |    |    |    |    |    |    |    |    |
|-------------------------------------|-----------------------|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|
|                                     | 2                     | 3   | 6  | 8  | 10 | 12 | 14 | 16 | 18 | 20 |
| <i>Жизненная форма по Раункиеру</i> |                       |     |    |    |    |    |    |    |    |    |
| Терофиты                            | 33                    | 39  | 22 | 3  | 14 | 9  | 9  | —  | 9  | 10 |
| Гемикриптофиты                      | 50                    | 39  | 66 | 74 | 65 | 70 | 72 | 78 | 71 | 67 |
| Геофиты                             | 17                    | 17  | 10 | 13 | 9  | 9  | 9  | 11 | 9  | 10 |
| Хамефиты                            | —                     | 5   | 2  | 3  | 3  | 3  | 3  | 3  | 2  | 3  |
| Фанерофиты                          | —                     | —   | —  | 7  | 9  | 9  | 7  | 8  | 9  | 10 |
| <i>Экоморфа</i>                     |                       |     |    |    |    |    |    |    |    |    |
| Ксерофиты                           | 17                    | 4,5 | 7  | 3  | 5  | 2  | 3  | 3  | 2  | 8  |
| Ксеромезофиты                       | 22                    | 39  | 9  | 8  | 12 | 23 | 9  | 17 | 9  | 13 |
| Мезоксерофиты                       | 17                    | 9   | 15 | 10 | 23 | 21 | 22 | 22 | 25 | 25 |
| Мезофиты                            | 39                    | 43  | 51 | 59 | 48 | 40 | 46 | 44 | 51 | 41 |
| Мезофиты,<br>ксеромезофиты          | 5                     | 4,5 | 18 | 20 | 12 | 14 | 20 | 14 | 13 | 13 |
| <i>Всего видов</i>                  | 18                    | 23  | 41 | 39 | 43 | 44 | 43 | 36 | 45 | 39 |

Молодые фитоценозы (1–2 года) формируют *Kochia scoparia* с проективным покрытием 40–60 % и *Melilotus albus*, на стадии фитоценоза доминантом растительных сообществ становится *Poa pratensis*. При прогнозировании на более длительный срок можно ожидать отдельные варианты с доминированием *Calamagrostis epigeios* и *Elytrigia repens*, так как при образовании рыхлой фракции в процессе выветривания каменистого субстрата появляются локальные участки, интенсивно заселяемые этими вегетативно подвижными видами.

Виды группы II (*Artemisia absinthium*, *Berteroa incana* и др.) с небольшим обилием присутствуют на всех растительных сообществах. Это потенциальные пациенты. Скорость и интенсивность процесса самозарастания определяются конкретными экологическими условиями и заносом семян.

При достаточно благоприятных экологических, в первую очередь эдафических, условиях и достаточном количестве семян в течение первых 2–3 лет могут формироваться одновидовые заросли с высоким проективным покрытием, особенно часто заросли *Kochia scoparia*, *Atriplex littoralis* L., *Salsola australis* R. Br. Особняком стоит вид *Tussilago farfara*, благодаря способности формировать корневища удерживается в растительных сообществах до 14 лет с высоким баллом обилия.

Общемировой проблемой в настоящее время является сохранение биоразнообразия Земли, соответствующие документы приняты и в нашей стране [11].

Видовой состав формирующихся разновозрастных фитоценозов на нарушенных промышленностью землях отражает процесс восстановления фиторазнообразия в различных экотопах.

Анализ динамики фиторазнообразия и биоэкологической структуры видового состава разновозрастных фитоценозов Коркинского отвала показал, что в растительных сообществах преобладают гемикриптофиты, число их растет от 50 до 67 %, доля хамефитов меняется незначительно (табл. 1). С увеличением возраста фитоценозов происходит уменьшение доли терофитов (от 33 до 10 %) и геофитов (от 17 до 10 %). Поселившиеся на восьмой год

виды древесных (*Betula pendula* Roth и *B. pubescens* Ehrh., *Populus tremula* L., *Salix caprea* L. и *S. viminalis* L.) составляют 7–10 %.

Анализ флоры по экоморфе иллюстрирует ксероморфные условия: доля ксерофитов, мезоксерофитов и ксеромезофитов составляет в разные годы от 31 до 61 %, а доля мезофитов — от 39 до 59 %.

Ареалогический анализ показал, что преобладающей широтной группой является бореальная, доля которой с возрастом сообществ интенсивно снижается за счет увеличения полизональных и лесостепных видов. Преобладающей долготной группой является евразийская.

Вспомогательное изучение растительности, формирующейся на нарушенных промышленностью землях, имеет и практическое значение, оно позволяет:

а) определить степень пригодности отвалов для биологической рекультивации;

б) выделить площади, не требующие биологической рекультивации;

в) разработать способы биологической рекультивации с учетом конкретных экологических условий.

Многолетние мониторинговые исследования дают возможность прогнозировать развитие фитоценозов и разработать схемы долгосрочного их формирования.

## **1.2. Возможность прогнозирования развития фитоценозов**

Исследования по экологическим основам биологической рекультивации научным коллективом ведутся свыше 45 лет.

На Урале имеются разновозрастные техногенные образования (от десятков до сотен лет) с восстановленными растительным и почвенным покровами как при естественном их восстановлении, так и при биологической рекультивации, проведенной по нашим рекомендациям свыше 4–5 десятков лет назад.

В настоящее время впервые появилась уникальная возможность обобщить результаты длительного мониторинга формирующихся фитоценозов на разнотипных отвалах при самозаращении и оценить 40–50-летний опыт их биологической рекультивации в разных зонально-климатических условиях (южная подзона, таежная и лесостепная зоны).

Формирование фитоценоза мы понимаем как развитие растительной группировки от стадии поселения отдельных экземпляров до группировки с определенной степенью сомкнутости и ясно выраженными фитоценоотическими отношениями независимо от динамического статуса фитоценоза.

В формировании сообществ на нарушенных промышленностью землях с достаточно интенсивным процессом самозаращения выделяются следующие стадии сингенеза: экотопическая группировка (проективное покрытие 0,1 %); простая группировка (0,1–5 %); сложная группировка (6–50 %); фитоценоз (проективное покрытие более 50 %) [12, с. 15].

В нашем случае формирование фитоценоза — это и процесс заселения растениями незанятых территорий [13, с. 120], которые изначально лишены диаспор растений. Формирование растительности на подобных территориях идет по типу первичных сукцессий по А. П. Шенникову [7, с. 27]. Это автогенная сукцессия формирования растительности на новых субстратах, где растительность ранее отсутствовала [14, с. 77].

**Формирование фитоценозов на золоотвале Верхнетагильской ГРЭС.** Результатом 40-летних наблюдений явилась разработка схем формирования фитоценозов на золоотвалах, построенных на основе реальных датированных геоботанических описаний в зависимости от экотопа.

Через 10 лет после проведения биологической рекультивации на золоотвале Верхнетагильской ГРЭС (ВТГРЭС) наблюдалось разнообразие экотопов, которые можно объединить в следующие группы (рис. 3):

I. Нерекультивированная территория:

Ia — исходный экотоп сухой золоотвал, «чистая» зола;

| Эко-тип | Возраст, лет          |                                                                              |                                                                                                                                   |                                                                                                              |                                                                                                                                                      |
|---------|-----------------------|------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|         | 5                     | 10                                                                           |                                                                                                                                   | 15–25                                                                                                        |                                                                                                                                                      |
| I       | а                     | Экотопическая бескильничевая или разнотравная растительная группировка (ЭГ)  |                                                                                                                                   | Простая растительная группировка (ПГ)                                                                        | →→<br>Заросли веяника с редной ив и берез (Ф)<br>Густые заросли ив с примесью берез и осины (Ф)                                                      |
|         | б                     | ЭГ:<br>– водорослево-моховая;<br>– бескильничевая;<br>– разнотравно-злаковая | ПГ:<br>– разнотравно-злаковая;<br>– злаково-разнотравная                                                                          | Сложная растительная группировка (СГ):<br>– злаковая;<br>– разнотравно-злаковая;<br>– бобово-злаковая        | →→→→<br>Щучковый луг с подростом берез пушистой и пушистой, ив (Ф)<br>Закустаренный щучковый луг (Ф)<br>Клеверо-мятликово-осеннечко-щучковый луг (Ф) |
|         | в                     |                                                                              |                                                                                                                                   |                                                                                                              | Одиночные островки растительных группировок гидрофитного типа                                                                                        |
| II      | а                     | Культурфитогенез + сорняки-апофиты                                           | СГ:<br>– высокотравно-злаковая;<br>– разнотравно-злаковая с большой долей культурных видов                                        | Разнотравно-злаковый фитоценоз с подростом древесных                                                         | →→<br>Лесной фитоценоз с достаточно выработанными древесным, кустарниковым, травянистым и моховым ярусами (Ф)                                        |
|         | б                     | ПГ:<br>– злаково-разнотравная с древесными                                   | СГ:<br>– разнотравно-злаковая;<br>– злаково-разнотравная со всходами и подростом деревьев и кустарников                           | Лесной фитоценоз: заросли древесных со слабовыработанным травянисто-кустарниковым ярусом                     | →→<br>Лесной фитоценоз с ясно выраженными древесным, кустарниковым, травянистым и моховым ярусами (Ф)                                                |
| в       | ЭГ:<br>– разнотравная | ПГ:<br>– разнотравная;<br>– разнотравно-злаковая;<br>– всходы древесных      | СГ:<br>– разнотравная со всходами древесных;<br>– разнотравно-злаково-красноосеннечевая;<br>– массовые всходы и подрост древесных | →→<br>Заросли лиственных пород со слабовыработанным травянисто-кустарниковым ярусом, сильной замшелостью (Ф) |                                                                                                                                                      |

Рис. 3. Схема формирования фитогенезов на золоотвале ВПГРЭС:

ЭГ — экологическая растительная группировка (проектное покрытие поверхности золоотвала растениями 0,1 %);

ПГ — простая растительная группировка (0,1–5 %); СГ — сложная растительная группировка (6–50 %);

Ф — фитогенез (более 50 %)