

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ АМПЛИТУДА РАСТЕНИЙ В УСЛОВИЯХ МЕСТООБИТАНИЙ ТЕХНОГЕННОГО ЛАНДШАФТА

В статье представлено изучение экотопологической структуры флоры техногенных экотопов (отвалов вскрыши) методами сравнительной флористики. Выделено восемь основных групп местообитаний и в соответствии с ними – восемь парциальных флор. Проведен анализ широты экологической амплитуды растений на основе их встречаемости в геоботанических описаниях.
Ключевые слова: экотопологическая структура флоры, парциальная флора, широта экологической амплитуды.

Промышленная добыча угля в Кузбассе осуществляется преимущественно открытым способом. Общая площадь нарушенных земель здесь составляет порядка 100 тыс. га. Основу рельефа техногенных ландшафтов Кузбасса составляют карьерные выемки и отвалы вскрышных и вмещающих пород, различающиеся по своей форме и площади: бестранспортные, транспортные (автомобильные и железнодорожные), а также гидротвалы. По генезису отвалы – это разновозрастные и разнотипные образования, состоящие в той или иной степени из метаморфизированных мезозойских осадочных отложений различного петрографического состава (песчаники, алевролиты, аргиллиты) до рыхлых четвертичных осадочных отложений (лессовидные и покровные суглинки и глины).

Глубинные горные породы, вынесенные на поверхность, обладают иными, нежели почвы, свойствами и характеристиками. Они, как правило, имеют низкий актуальный потенциал плодородия, связанный с незначительным содержанием в них элементов минерального питания и особенно азота [1]; имеют высокую каменистость (до 90%), что определяет неблагоприятный водный режим в течение вегетационного периода [2]. Вскрышные углесодержащие породы, особенно на инсолируемых экспозициях, сильно нагреваются. Здесь температура поверхности может достигать 70 °С. На отвалах, возвышающихся до 30-50 м над окружающей местностью, создается жесткий ветровой режим. Ветроударные склоны зимой лишены снежного покрова.

Климат Кузбасса континентальный со средней годовой температурой около 0 °С. Распределение осадков неравномерное: в лесостепной зоне Кузнецкой котловины 300-350 мм; в зоне лесостепи 350-400 мм; в зоне черневых лесов Салаира, Кузнецкого Алатау и Горной Шории

600-800 мм, а в среднегорье и высокогорье до 2500 мм в год.

Объекты и методика

Наиболее перспективным методом изучения растительного покрова во флористике является метод конкретных флор [3, 4]. В системе флористической иерархии полная территориальная совокупность видов техногенно возникающих ландшафтов будет соответствовать уровню конкретной флоры, включенной в состав элементарной естественной флоры [5]. На наш взгляд, для изучения закономерностей зарастания отвалов наибольшее значение имеют исследования на экотопологическом уровне парциальных флор (ПФ) – естественных флор экологически своеобразных подразделений ландшафта.

Объектом исследования явились парциальные флоры отвалов вскрышных горных пород различного возраста, расположенных в лесостепной зоне Кузбасса. На разнородных отвалах угольных месторождений Кузбасса нами выделено восемь парциальных флор (ПФ) в зависимости от напряженности экологических факторов (табл. 1). Основным лимитирующим фактором в условиях рассматриваемого нами техногенного ландшафта является влажность субстратов, которая зависит от следующих характеристик отвала: типа породы, возраста отвала, экспозиции склона и положения площадки на одной из третей склона отвала [6].

Всего выполнено 392 описания. Данные геоботанических описаний обработаны с помощью программы IBIS, разработанной А.А. Зверевым [7].

Определение широты экологической амплитуды видов (ШЭА) проводилось по методу, предложенному О.В. Хитун [8], который стал уже традиционным в отечественной флористи-

Таблица 1. Характеристика техногенных местообитаний по парциальным флорам (в конце статьи)

ПФ	Оценка экологических условий	Характеристика рельефа и степени выветрелости грунтов	Характеристика экологических условий	Кол-во геобот. описаний	Кол-во видов
ПФ склоновых поверхностей отвалов, сложенных песчаниками					
1	Неблагоприятные	Мезорельеф: холмистый и крутой. Микрорельеф: ровный. Экспозиция: южная и западная. Позиция на склоне: вверху, посередине. Выветрелость субстрата: не имеет значения.	Провальная влагоемкость, высокая каменистость, высокие летние температуры на поверхности, незначительное количество снега в зимний период	69	110
2	Умеренно благоприятные	Мезорельеф: наклонный и отлогий Микрорельеф: ровный или легкая бугристость Позиция и экспозиция: На теневых склонах – вверху; на солнечных – внизу. Выветрелость субстрата: умеренно- и хорошевыветрелый	Влажность субстрата в корнеобитаемом слое: низкая Температура поверхности: не экстремальная.	61	115
3	Благоприятные	Влажность субстрата в корнеобитаемом слое: оптимальная Температура поверхности: летом – оптимальная, зимой – не экстремальная на подветренных сторонах отвала накопление снега достаточное)	Мезорельеф: незаметный или отлогий Микрорельеф: различная степень бугристости. Экспозиция: северная и восточная Позиция на склоне: посередине, внизу и у подножья Выветрелость субстрата: хорошо- сильно- и полностью выветрелый субстрат	47	129
ПФ несклоновых поверхностей отвалов, сложенных песчаниками					
4	Неблагоприятные	Микрорельеф: ровный и микробугорки Выветрелость субстрата: слабо- и невыветрелый.	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	122
5	Умеренно благоприятные	Микрорельеф: различная степень бугристости Выветрелость субстрата: хорошо-, сильно- и полностью выветрелый	Влажность субстрата в корнеобитаемом слое: оптимальная. Температура поверхности: летом – оптимальная; зимой – не экстремальная	25	111

ке [9]. Оценка ШЭА производится в баллах, соответствующих доле экотопов, освоенных видом, от общего числа экотопов, выделенных в пределах в ландшафте, с шагом в 20% (1 балл). Виды, освоившие не более 20% экотопов, получают низший балл ШЭА (1); более чем в 80% типов экотопов – присваивается высший балл ШЭА (5). В зависимости от роли, которую играют поселившиеся виды в сообществах, мы выделяем облигатные виды, встречающиеся во всех экотопах, которые набрали наибольший балл V, и факультативные – виды, которые встречаются не во всех типах экотопов. В зависимости от количества баллов среди факультативных выделяются регулярные (балл IV), нерегулярные (III), спорадические (II), случайные (I).

Результаты и обсуждение

Особенностью формирования экологических условий на ПФ 1 является высокая крутизна склонов (более 20°), постоянно обновляющийся чехол техногенного элювия в результате микрооползней, струйчатой эрозии, сортировки крупнокаменистых фракций. Заращение идет медленно, и растительные сообщества представлены пионерными группировками. Наибольшей встречаемостью обладают одно-двулетние растения: *Artemisia sieversiana*, *Salsola collina*, *Melilotus officinalis*, а также длиннокорневищные растения: *Achillea millefolium*, *Artemisia vulgaris*, *Elytrigia repens*, *Linaria vulgaris* и др.

Для ПФ 2 характерны более пологие склоны (до 20°), меньшая инсоляция, накопление

мелкозема в микрозападинах на склонах и, как следствие, более хорошие условия увлажнения. Здесь также сохраняется высокая встречаемость у малолетних видов: *Amaranthus retroflexus*, *Atriplex prostrata*, *Cirsium vulgare* и др., а также вегетативно подвижных растений, что и в ПФ 1. Снижается встречаемость *Salsola collina* с 48 до 34%.

Благоприятные условия ПФ 3 обусловлены прежде всего большим количеством частиц субстрата мелких фракций и его влажностью. Мелкозем накапливается по глубоким лощинам, промоинам, а также в аккумулятивной части отвалов. Кроме сорно-луговых облигатных обитателей отвала здесь появляются мезофиты, характерные для близлежащих суходольных лугов: *Agrostis gigantea*, *Bromopsis inermis*, *Dactylis glomerata*, *Fragaria vesca*, *Hieracium umbellatum*, *Medicago falcate* и др.

Неблагоприятные условия произрастания на плоских вершинах отвалов складываются в результате неполного разложения глыб песчаников и алевролитов, а зачастую чрезмерным уплотнением поверхности отвала. Кроме того, во многих местах в зимнее время снег не задерживается.

В ПФ 4 на этих участках с высокой встречаемостью отмечается *Sonchus arvensis* (75%); наряду с пионерными видами появляются специфичные виды, не встречающиеся или редко встречающиеся на других ПФ: *Aconogonon alpinum*, *Berteroa incana*, *Brassica juncea*, *Cannabis sativa*, *Chamomilla suaveolens*, *Chelidonium majus*, *Fumaria officinalis*.

ПФ 5 характеризуется повышенным количеством продуктов разрушения песчаников, более благоприятным водным режимом. Здесь характерно доминирование в растительном покрове *Artemisia sieversiana* (встречаемость 88%), которая вместе с *Cirsium vulgare* (встречаемость 73%) местами образует практически одновидовые заросли, а также: *Taraxacum officinale* (76%), *Lappula squarrosa* (59%), *Matricaria perforata* (54%), *Crepis tectorum* (49%), *Erigeron acris* (37%), *Festuca pratensis* (37%).

Самые благоприятные условия на песчаных отвалах складываются в западинах и в межгребневых лощинах (ПФ 6). Там скапливается наибольшее количество мелкозема, смываемого и сдуваемого с микроповышений, формируются эмбриоземы и заносится самое большое количество семян. Видовая емкость здесь самая высокая среди всех ПФ и достигает 162 видов в том числе: *Poa pratensis* (55%), *Potentilla chrysantha* (30%), *Trifolium pratense* (41%), *Tussilago farfara* (82%), *Vicia cracca* (52%) и др.

Суглинки относятся к потенциально плодородным породам (ПФ 7), они достаточно богаты элементами минерального питания, хорошо увлажнены и являются лучшими породами для проведения работ по биологической рекультивации [10]. Бестранспортные отвалы суглинков сравнительно быстро зарастают сорно-луговыми растениями: *Achillea millefolium* (77%), *Agrimonia pilosa* (29%), *Artemisia vulgaris* (69%), *Chamerion angustifolium* (52%), *Cirsium setosum* (90%), *Dactylis glomerata* (67%), *Elytrigia repens*

Таблица 2. Абсолютное число видов с различной шириной экологической амплитуды в парциальных флорах техногенных местообитаний

Категории экологической амплитуды	Парциальная флора типа местообитаний								Общее кол-во
	ПФ1	ПФ2	ПФ3	ПФ4	ПФ5	ПФ6	ПФ7	ПФ8	
Случайные (I балл)	6	4	3	9	3	9	28	22	45
Спорадические (II балла)	10	11	24	16	13	31	29	22	35
Нерегулярные (III балла)	8	11	16	9	10	21	15	7	62
Регулярные (IV балла)	17	19	16	17	14	27	17	15	50
Облигатные (V баллов)	69	70	71	70	69	72	69	67	72
Всего видов	110	115	129	122	111	162	158	132	

Таблица 3. Распределение видов по ценоотическим группам

Категории экологической амплитуды	Деревья и кустарники	Травянистые растения				
		лесные	степные	луговые	болотные	синантропные
Случайные (I балл)	4	12	0	12	8	19
Спорадические (II балла)	4	3	1	5	2	20
Нерегулярные (III балла)	3	14	2	20	2	13
Регулярные (IV балла)	8	14	5	10	2	11
Облигатные (V баллов)	8	6	6	10	0	41

(46%), *Lathyrus pratensis* L. (71%), *Leucanthemum vulgare* (56%) и др.

Местообитания ПФ 8 выделены в зоне гидроотвалов., которые характеризуется плоским рельефом и повышенной и частично избыточной влажностью техногенного элювия. Береговая часть отвала интенсивно зарастает ивами: *Salix triandra* (51%), *Salix viminalis* (46%); в травяном ярусе преобладают мезофитные сорные виды: *Phragmites australis* (70%), *Odontites vulgaris* (51%), *Phleum pratense* (46%), *Poa palustris* L. (44%), *Melilotus officinalis* (41%), *Matricaria perforata* (25%).

Всего в восьми ПФ обнаружено 264 вида с разными показателями широты экологической амплитуды. Облигатных видов выявлено 72 (27,3%), факультативных – 192 (72,7%), среди которых регулярных – 50, нерегулярных – 62, спорадических – 35 и случайных – 45 видов.

Рассматривая каждую ПФ отдельно, следует отметить, что в них роль случайных видов чрезвычайно мала и составляет по отдельным ПФ 2-7%. Лишь в ПФ 7 и ПФ 8 достигает 17-18% за счет внедрения в техногенно-производные фитоценозы видов зональной флоры, которые благодаря существенно благоприятным условиям среды по фактору влажности и трофности начинают осваивать техногенные экотопы.

Основу флористического состава все же составляют облигатные виды. Их роль в сложении растительных группировок особенно велика, и в ПФ неблагоприятных местообитаний их доля достигает 59-64% (табл. 2).

Среди облигатных видов господствуют синантропные виды, доля которых составляет 57% (41 вид), в то время как доля остальных ценологических групп не велика и распределяется равномерно. Для регулярных видов доля синантропных видов снижается до 22%, но возрастает доля лесных (28%) и луговых (20%) растений. Для нерегулярных видов доля синантропных видов составляет 21, а для спорадических и случайных 57 и 44% соответственно (табл. 3).

Полученные данные свидетельствуют о том, что вне зависимости от экологических условий, складывающихся на молодых и средневозрастных отвалах, основу растительных сообществ, которые на них возникают, составляют синантропные виды: *Taraxacum officinale*, *Artemisia sieversiana*, *Sonchus arvensis*, *Salsola collina*, *Achillea millefolium*, *Melilotus officinalis*, *Tussilago farfara*, *Trifolium pratense*, *Linaria vulgaris*, *Artemisia vulgaris*.

На графиках (рис.) показано сходство распределения числа видов по баллам ШЭА в ПФ

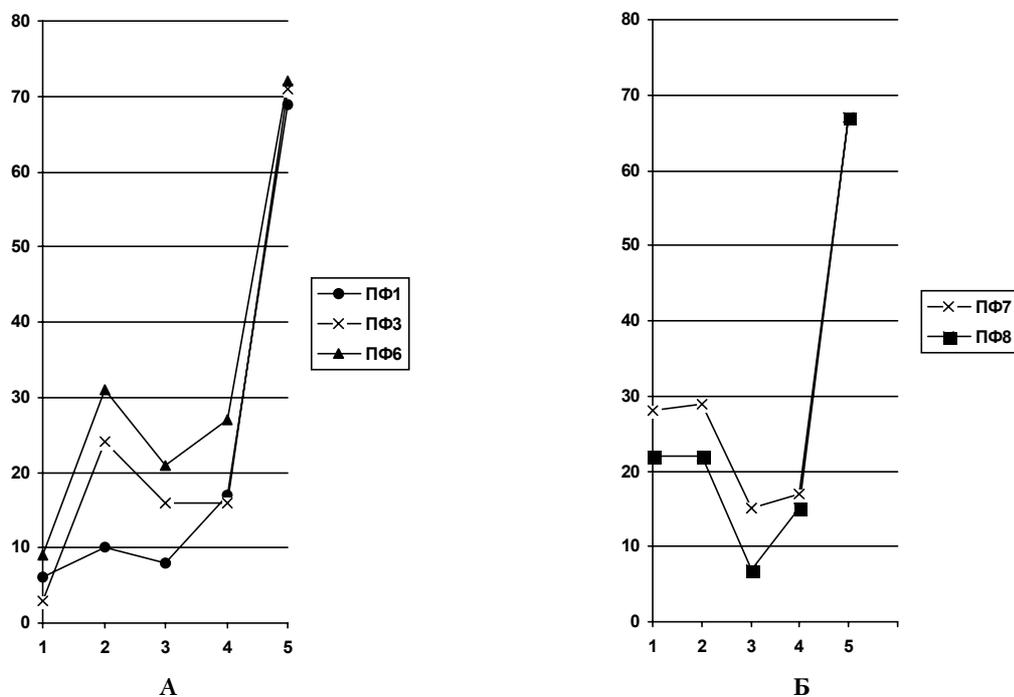


Рисунок. Распределение числа видов по баллам широты экологической амплитуды: **А** – в местообитаниях песчаных отвалов (ПФ 1, 3 и 6); **Б** – в благоприятных местообитаниях отвалов тяжелых суглинков и гидроотвалов (ПФ 7 и 8).

на отвалах песчаников, суглинков и гидроотвалах. Так, количество случайных видов в местообитаниях песчаниковых отвалов самое низкое, в то время как в ПФ 7 и 8 (рис. а) их количество возрастает в 2-3 раза за счет видов зональных фитоценозов (в первом случае) и гидрофитов (во втором). Также во всех парциальных флорах отмечено преобладание облигатных видов (виды-эвритопы техногенных местообитаний). Анализ распределения видов по баллам ШЭА в ПФ ненарушенных местообитаний, напротив, выявляет абсолютное преобладание стенотопных, редко встречающихся видов растений. А виды-эвритопы с широкой экологической амплитудой составляют всего 12-14% [8].

Следует отметить тенденцию к возрастанию видов с баллом ШЭА от 1 до 4 в ПФ по мере улучшения условий экотопов в ПФ 1, 3, 6. Это указывает на то, что благоприятные условия местообитаний на песчаниковых отвалах удовлетворяют на первых порах требованиям самого широкого спектра видов-пионеров, по-

селяющихся на первых стадиях восстановительной сукцессии. Об этом же говорит и наибольшее количество видов в ПФ 6 (162 вида, или 60%).

Таким образом, проведенный анализ широты экологической амплитуды позволяет ранжировать все выделенные местообитания по степени благоприятности для развития растительности. Самый низкий ранг имеют местообитания склоновых поверхностей песчаниковых отвалов (ПФ 1, 2, 3). Относительно них на плоских вершинах тех же отвалов создаются более благоприятные экологические условия для естественного зарастания. Грунты гидроотвалов довольно специфичны, т. к. слабо дренируются и долгое время перенасыщены влагой. Это определяет развитие влаголюбивых видов. Самый высокий ранг присвоен отвалам лессовидных суглинков, где восстановление растительного покрова протекает быстрыми темпами за счет большого участия видов зональной флоры на начальных стадиях восстановительной сукцессии.

Список использованной литературы:

1. Почвообразование в техногенных ландшафтах. Новосибирск: Наука, Сиб. отд-ние, 1979. – С. 203-212.
2. Баранник Л.П., Щербатенко В.И. Естественное зарастание отвалов породы угольных разрезов. Новокузнецк, 1972. – С. 4.
3. Юрцев Б.А. Флора как природная система // Бюл. МОИП. 1982. – Отд. биол. – Т. 87. – Вып. 4. – С. 3-22.
4. Юрцев Б.А., Семкин Б.И. Изучение конкретных и парциальных флор с помощью математических методов // Бот. ж. 1980. – Т.65. – №12. – С. 1706-1718.
5. Юрцев Б.А., Камелин Р.В. Основные понятия и термины флористики. – Пермь: Изд-во Пермского ун-та, 1991. – 80 с.
6. Манаков Ю.А. Парциальные флоры техногенных экотопов Кузбасса // Вестник Оренбургского государственного университета. – 2009. – С. 104-109.
7. Зверев А.А. Сравнительный анализ флор с помощью компьютерной системы «IBIS» // Изучение биологического разнообразия методами сравнительной флористики: Мат-лы IV рабочего совещания по сравнительной флористике, Березинский биосферный заповедник, 1993. – СПб.: НИИХ СПбГУ, 1998. – С. 284-288.
8. Хитун О.В. Сравнительный анализ локальных и парциальных флор в двух подзонах Западно-Сибирской Арктики (п-ва Гыданский и Тазовский) // Изучение биологического разнообразия методами сравнительной флористики: Материалы IV рабочего совещания по сравнительной флористике. СПб.: НИИХ СПбГУ, 1998. – С. 173-201.
9. Хитун О.В. Анализ внутриландшафтной структуры флор на примере локальной флоры среднего течения реки Хальмерьяха (Западносибирская Арктика) // Бот. журн., 2003. – Т. 88. – №10. – С. 9-30.
10. Баранник Л.П. Биоэкологические принципы лесной рекультивации. Новосибирск: Наука, Сиб. отд-ние, 1988. – С. 31-37.

Сведения об авторах: Манаков Юрий Александрович, заведующий лабораторией фитомелиорации Института экологии человека СО РАН, кандидат биологических наук
650065, Кемерово, пр-т Ленинградский, 28-а, 121, тел.: (3842)287289, (3842)575119,
e-mail: kem401@gmail.com

Куприянов Андрей Николаевич, заведующий отделом экологии растительных ресурсов Института экологии человека СО РАН (ИЭЧ СО РАН), доктор биологических наук, e-mail: Kupr-42@yandex.ru

Ju. A. Manakov, A.N. Kupriyanov

The breadth of plants ecological amplitude in ecotop conditions of technogenic landscape.

In the article studying structures of flora technogenic ecotopes (open-cut mine dumps) by methods of comparative floristics is submitted. 8 basic groups of habitats are allocated and according to them – 8 partial floras. The analysis of breadth of plants ecological amplitude is lead on the basis of their occurrence in geobotanical descriptions.

Key words: Ecotopological structure of flora; parcial flora, breadth of plants ecological amplitude