

Растительные сообщества отвалов угледобычи на юге о-ва Сахалин

© К.А. Корзников^{1*}, К.Б. Попова²

¹ Ботанический сад-институт ДВО РАН, г. Владивосток, Россия

² Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, г. Москва, Россия

*e-mail: korzkir@mail.ru

Изучены растительные сообщества разновозрастных поверхностей отвалов открытой разработки угольного месторождения в юго-западной части острова Сахалин. Выполнено 60 геоботанических описаний, установлено, что на поверхности отвала 4-летнего возраста сформировалось сообщество *Chenopodium album*—*Puccinellia distans* (среднее проективное покрытие 40%) 10-летнего возраста — *Tussilago farfara*—*Phragmites australis* (54%), 20-летнего возраста — *Equisetum arvense*—*Phragmites australis*. Показано, что с увеличением возраста отвала увеличивается флористическое богатство и проективное покрытие сосудистых растений, а мохообразных — уменьшается. В сообществах первых стадий зарастания высоко участие растений из диагностических комбинаций высших синтаксонов классов антропогенной рудеральной растительности (*Artemisietea vulgaris*, *Polygono-Poetea annuae*, *Stellarietea mediae* и др.). Для сообщества 20-летнего возраста отмечено начало формирования древесного яруса, появление видов из группы сахалинского крупнотравья (класс *Filipendulo-Artemisietea montanae*). Успешное восстановление сомкнутого растительного покрова объяснено механическим составом субстрата отвалов — из обладающей хорошей водоудерживающей способностью пелитовой фракции.

Ключевые слова: зарастание отвалов, техногенный ландшафт, биологическая рекультивация, антропогенная растительность, рудеральная растительность, *Artemisietea vulgaris*.

Добыча полезных ископаемых приводит к нарушению и трансформации естественных ландшафтов на значительной части территории Российского Дальнего Востока (РДВ). В ходе проведения добычных работ образуются техногенные местообитания, такие как отвалы отработанных и вскрышных пород, хвостохранилища и т.п., не имеющие прямых природных аналогов (Osipov, 2006; Abakumov, Gagarina, 2008; Osipov, Ivakina, 2016). Формирование растительного покрова на подобных участках земной поверхности зачастую идет путем стихийного зарастания, поскольку рекультивационные мероприятия либо не выполняются, либо проводятся номинально или с нарушением методик.

Спонтанное восстановления растительного покрова горнопромышленных ландшафтов, как правило, идет по сценарию первичной сукцессии, поскольку зарастающие субстраты лишены почвы и банка семян. Понимание закономерностей формирования и развития растительного покрова техногенных экотопов важно для разработки мер

по содействию естественному восстановлению растительности, конструированию растительных сообществ с заданными свойствами в рамках проведения биологической рекультивации.

Изучение растительности техногенных ландшафтов давно ведется в регионах с развитой горнопромышленной отраслью, например, Кузнецком угольном бассейне (Kupriyanov, Morsakova, 2008; Manakov et al., 2011; Kupriyanov, Manakov, 2016). На юге Дальнего Востока России в рамках этой тематики известны работы С.В. Осипова с коллегами (Osipov, 2006; Osipov et al., 2008; Ivakina et al., 2013; Osipov et al., 2016) и других исследовательских групп. В том числе исследовано восстановление растительности районов угледобычи на юге Приморского края, а также формирование почвенного покрова на отвалах угольных разработок (Sibirina et al., 2012; Tregubova et al., 2016; Arefieva et al., 2018).

Мы изучили зарастание отвалов вскрышных пород на участке открытой добычи каменного угля в юго-западной части о-ва Сахалин, в окрест-

ностях г. Невельска. Наличие отвалов вскрышных пород различного возраста дает возможность сравнения видовой структуры и фитоценологических параметров растительных сообществ различных стадий сукцессии. Ранее подобные работы на о-ве Сахалин не проводились.

Природные условия

Юго-западная часть Сахалина (п-ов Крильон) — наиболее теплообеспеченная часть острова. Среднегодовая температура воздуха составляет 3,7°C, среднегодовое количество осадков — 827 мм (по данным метеостанции г. Невельск; <https://ru.climate-data.org/>). Рельеф денудационно-эрозионный — в виде крутосклонных низкогорий. Почвы бурые кислые неоподзоленные или слабооподзоленные — иллювиально-гумусные буроземы (Ivlev, 1977).

Зональные растительные сообщества — елово-пихтовые (*Abies sachalinensis*, *Picea ajanensis*) леса с примесью *Betula ermanii*, *Sorbus commixta*, *Taxus cuspidata* и широколиственных видов деревьев (*Acer mayrii*, *Kalopanax septemlobus*, *Phellodendron sachalinense*), с обилием деревянистых лиан (*Actinidia kolomikta*, *Hydrangea petiolaris*, *Schisandra chinensis*, *Vitis coignetiae*). Сообщества относятся к ассоциации **Piceo-Abietetum sachalinensis** Ohba ex Nakamura in Miyawaki 1988, союзу **Piceion jezoensis** Suzuki-Tokio ex Jinno et Suzuki 1973, порядку **Abieti-Piceetalia** Miyawaki et al. 1968, классу **Vaccinio-Piceetea** Br.-Bl. in Br.-Bl. et al. 1939 (Krestov, Nakamura, 2002). В поймах рек формируются крупнотравные леса с доминированием *Alnus hirsuta* и *Salix udensis*. На участках сведенных лесов, а также под пологом вторичных древостоев, сплошные заросли образует *Sasa* spp. (Krestov et al., 2004).

В ходе осуществления добычных работ лесные сообщества уничтожаются, а вскрышные (не угленосные) породы формируются в отвалы — путем перемещения в тальвеги водотоков при помощи автотранспорта. Вскрышные породы представлены морскими глинисто-алевролитовыми осадками среднего-верхнего миоцена (Vereshchagin, 1956). В отвалах помимо пелитовой фракции присутствуют крупнообломочный материал и включения природного угля. В течение первых лет после формирования отвалы пород остаются водонасыщенными, подвижными, напоминают техногенные сели. На их поверхности идут интенсивные процессы линейной эрозии, образуется овражная сеть глубиной до 3–4 м.

Эксплуатация угля в месте проведения исследовательских работ ведется с 1992 г. и продолжается

по настоящее время. Общая площадь техногенного ландшафта составляет около 450 га, большая часть приходится на отвалы вскрышных пород. Техническая и биологическая рекультивация не выполнялись, поверхность зарастает стихийно.

Материалы и методы

В августе 2018 г. мы обследовали три отвала вскрышных пород, возраст которых на момент проведения полевых работ составлял 4 года (1-й отвал), 8–10 лет (2-й отвал) и 18–22 года (3-й отвал). Возраст установлен путем анализа космических снимков, доступных в сервисе Google Timelapse, программы Google Earth (<https://earth.google.com/web/>), созданный на основе каталогов спутниковых снимков начиная с 1984 г. Первый и третий отвалы располагаются в долинах двух водотоков — правых притоков р. Амурской, средний уклон их поверхности составляет около 7°. Второй отвал находится в долине р. Амурской, средний уклон его поверхности составляет около 2° (рис. 1).

Для описания растительного покрова на каждом из отвалов выполнили по 20 геоботанических описаний в пределах учетных площадок размером 5×5 м. Учитывали все виды растений и глазомерно определяли их проективное покрытие. Поскольку поверхность отвалов неоднородна, описаниями выполняли в различных элементах микрорельефа. Учетные площадки не закладывали на дне оврагов, ввиду специфики экологического режима таких местообитаний (регулярное обводнение, отложение пролювия).

Сортировку геоботанических описаний провели в программе JUICE 7.0 (Tichý, 2002). Для кластеризации массива из 60 описаний предварительно трансформировали значения проективных покрытий растений путем извлечения квадратного корня. В качестве дистанции между объектами было выбрано расстояние Брея-Кёртиса, объединение групп выполнено при помощи метода «гибкой беты» ($\beta = -0.25$). При заданном числе кластеров равным трем ($k=3$), описания группируются в равные по числу описаний массивы (по 20 в каждом кластере).

Для ординации массива описаний использовали алгоритм многомерного неметрического шкалирования (NMDS), реализованного в пакете vegan (Oksanen et al., 2017) для программной среды R (<https://www.r-project.org/>). Анализ проведен со следующими параметрами: применение двойной висконсинской стандартизации для проективного покрытия (McCune, Grace 2002), пересчет собственных значений осей в значения полусмен растительности (Oksanen et al., 2017).

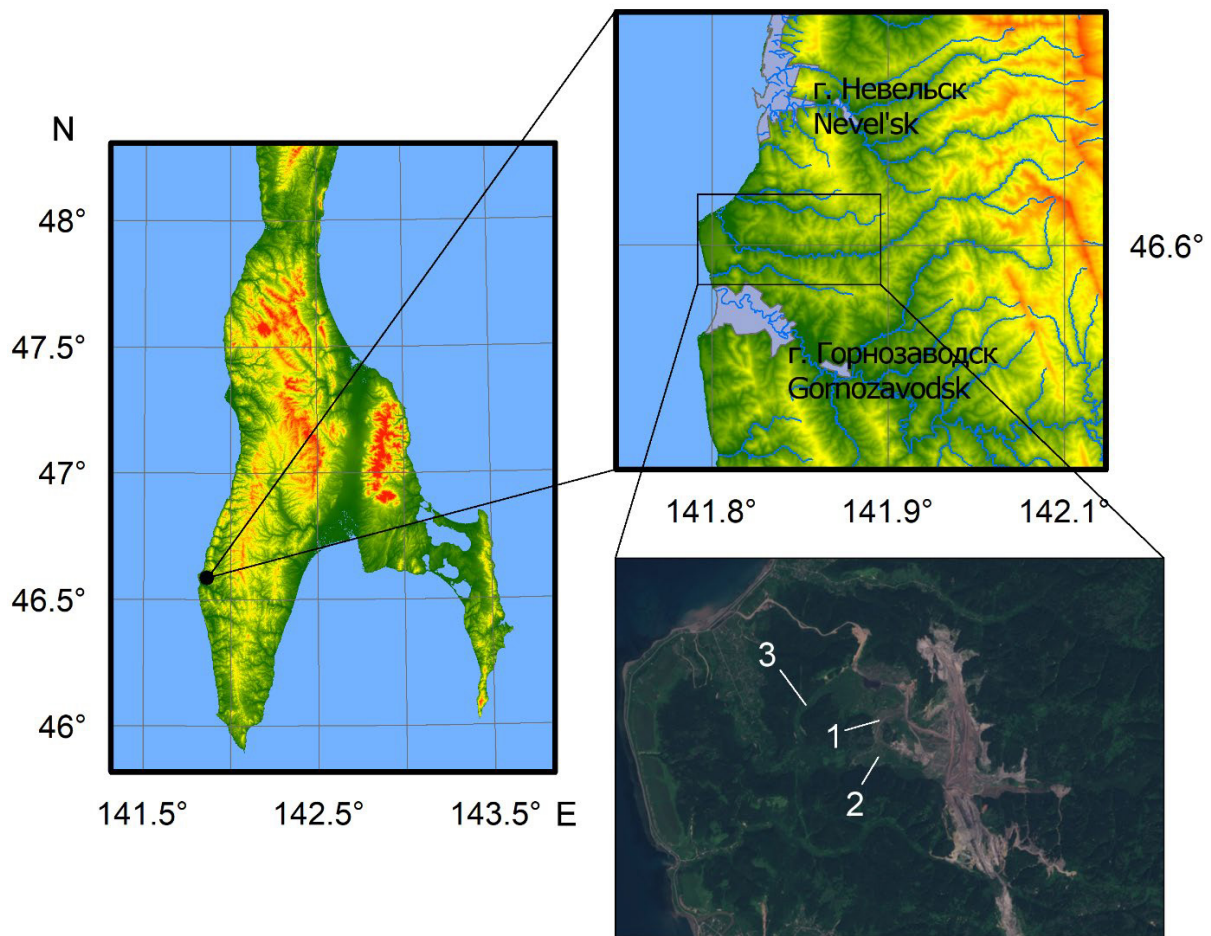


Рисунок 1. Месторасположение отвалов угледобычи (снимок аппарата Sentinel-2, 06.08.2018).

Figure 1. Location of open-pit coal mining site (picture by Sentinel-2, 06.08.2018).

Для оценки связи между количественными показателями растительных сообществ (общее проективное покрытие, число видов, покрытие травянистых растений, покрытие рудеральных растений и т.п.) и осями многомерной ординации использовали множественную регрессию. Значимость множественной регрессии устанавливали с использованием метода имитации статистического выбора (число репликаций, $n=999$), функция *enfit* пакета *vegan* (Oksanen et al., 2017).

Принадлежность видов растений к числу диагностических видов классов растительности и подчиненных им синтаксонов высокого ранга устанавливали по ряду источников (Ohba, Sugawara, 1982; Chytrý, 2009; Mucina et al., 2016).

Результаты

Полученные путем кластеризации массива описаний группы мы интерпретируем как растительные сообщества разных стадий зарастания

поверхностей угольных отвалов. Первый кластер состоит из 95% описаний, выполненных на отвале 4-летнего возраста, второй кластер — из 95% описаний, выполненных на отвале 10-летнего возраста, третий кластер — из 100% описаний, выполненных на отвале 20-летнего возраста.

Кластер 1 — сообщество *Chenopodium album*—*Puccinellia distans*. Среднее проективное покрытие сосудистых растений — 40%, средняя высота травостоя — 15 см. Наиболее высоко проективное покрытие у видов: *Chenopodium album* (среднее покрытие 29%) *Puccinellia distans* (9%), *Tussilago farfara* (6%). На отдельных участках высоко участие пионерных мхов *Bryum* spp. (до 70%) и *Ceratodon purpureus* (до 20%).

Кластер 2 — сообщество *Tussilago farfara*—*Phragmites australis*. Среднее проективное покрытие — 54%, средняя высота травостоя — 180 см. Наиболее обильные виды: *Phragmites australis* (39%), *Tussilago farfara* (11%), *Agrostis*

gigantea (7%), *Aster novi-belgii* (6%). *P. australis* — явный доминант растительного покрова. На возвышениях участках мезорельефа его проективное покрытие меньше, а травостой более разреженный, чем на выравненной поверхности и увлажненных понижениях, где высота достигает 2 м и более.

Кластер 3 — сообщество *Equisetum arvense*—*Phragmites australis*. Среднее проективное покрытие — 79%. Средняя высота травостоя — 180 м, средняя высота деревьев — 4 м. Наиболее обильные виды: *Phragmites australis* (32%), *Equisetum arvense* (30%), *Betula platyphylla* (17%), *Tussilago farfara* (14%), *Artemisia montana* (8%). В травяном ярусе продолжает господствовать *P. australis*, но заметна тенденция на снижение его покрытия,

особенно на участках с преобладанием древесных растений. На части поверхности отвала сформировались молодые лесные колки. Появляются группировки из видов сахалинского крупнотравья: *Aster glehnii*, *Artemisia montana*, *Petasites amplus*, *Reynoutria sachalinensis*, *Senecio cannabifolius* (ассоциация *Cirsio kantschaticae-Polygonetum sachalinensis* (Ohba 1973) Ohba et Sugawara 1982) (Ohba, Sugawara, 1982).

На всех трех отвалах отмечено произрастание с высоким постоянством (более 40%) 3-х видов: *Phragmites australis*, *Taraxacum officinale*, *Tussilago farfara*. Виды, характерные для подчиненных ярусов зональных темнохвойных лесов района исследования в составе растительных сообществ отвалов всех возрастов не обнаружены (табл. 1).

Таблица 1. Синоптическая таблица растительных сообществ отвалов угледобычи (указана константность видов, %)

Table 1. Synoptic table of coal pit dumps vegetation (constancy of species are presented, %)

Кластер Cluster	1	2	3
Число описаний Number of relevés	20	20	20
<i>Bryum</i> spp.	35	50	5
<i>Agrostis scabra</i>	10	–	100
<i>Equisetum arvense</i>	–	10	80
<i>Epilobium maximowiczii</i>	10	–	50
<i>Picris japonica</i>	10	–	45
<i>Salix caprea</i>	–	5	45
<i>Phleum pratense</i>	–	10	40
<i>Rubus sachalinensis</i>	–	–	40
<i>Puccinellia distans</i>	95	55	–
<i>Agrostis gigantea</i>	50	100	20
<i>Aster novi-belgii</i>	35	95	80
<i>Taraxacum officinale</i>	75	90	90
Диагностический вид (д. в.) <i>Chenopodietea</i> Br.-Bl. in Br.-Bl. et al. 1952			
<i>Hordeum jubatum</i>	30	20	–
Д.в. <i>Sisymbrietea</i> Gutte et Hilbig 1975			
<i>Tripleurospermum inodorum</i>	10	5	10
Д.в. <i>Stellarietea mediae</i> Tx. et al. in Tx. 1950			
<i>Chenopodium album</i>	100	10	–
Д.в. <i>Polygono-Poetea annuae</i> Rivas-Mart. 1975			
<i>Ceratodon purpureus</i>	20	–	5
<i>Lepidium ruderae</i>	45	20	–
Д.в. <i>Epilobietea angustifolii</i> Tx. et Preisling ex von Rochow 1951			
<i>Anaphalis margaritacea</i>	–	–	80

Продолжение таблицы 1

Кластер Cluster	1	2	3
Д.в. <i>Artemisietea vulgaris</i> Lohmeyer et al. in Tx. ex von Rochow 1951			
<i>Symphyotrichum ciliatum</i>	5		
<i>Cirsium vulgare</i>	30	35	5
<i>Sonchus arvensis</i>	90	65	15
<i>Tussilago farfara</i>	100	100	100
Д.в. <i>Phragmito-Magnocaricetea</i> Klika in Klika et Novák 1941			
<i>Phragmites australis</i>	80	100	95
Д.в. <i>Filipendulo-Artemisietea montanae</i> Ohba 1973			
<i>Reynoutria sachalinensis</i>	–	15	20
<i>Cirsium kamschaticum</i>	5	15	10
<i>Senecio cannabifolius</i>	5	–	45
<i>Petasites amplus</i>	–	5	50
<i>Aster glehnii</i>	–	15	60
<i>Artemisia montana</i>	25	50	85
Прочие виды			
<i>Phalacrolooma strigosum</i>	30	–	–
<i>Plantago asiatica</i>	5	35	25
<i>Salix udensis</i>	–	20	35
<i>Poa palustris</i>	10	5	20
<i>Solidago decurrens</i>	–	–	30
<i>Betula platyphylla</i>	–	–	35
<i>Abies sachalinensis</i>	–	5	30
<i>Betula ermanii</i>	–	–	5
<i>Rumex pseudonatronatus</i>	15	5	5
<i>Rumex aquaticus</i>	5	–	15
<i>Beckmannia syzigachne</i>	5	20	–
<i>Atriplex patens</i>	10	10	–
<i>Platanthera camtschatica</i>	–	10	10
<i>Festuca arundinacea</i>	–	10	5
Виды с низкой константностью в одном кластере [species with low constancy in one cluster]: 2 — <i>Conyza canadensis</i> (15), <i>Trifolium repens</i> (10), <i>Typha angustifolia</i> (5); 3 — <i>Calamagrostis langsdorffii</i> (15), <i>Geum macrophyllum</i> (15), <i>Hieracium aurantiacum</i> (15), <i>Dactylorhiza aristata</i> (15), <i>Sambucus racemosa</i> (10), <i>Botrychium robustum</i> (10), <i>Trifolium pratense</i> (10), <i>Cerastium holosteoides</i> (10), <i>Conocephalum conicum</i> (5), <i>Stellaria fenzlii</i> (5), <i>Poa pratensis</i> (5), <i>Plagiomnium sp.</i> (5), <i>Juncus sp.</i> (5), <i>Epipactis papillosa</i> (5), <i>Cerastium purpurascens</i> (5), <i>Poa angustifolia</i> (5), <i>Salix schwerinii</i> (5), <i>Agrimonia viscidula</i> (5), <i>Dactylis glomerata</i> (5), <i>Platanthera sachalinensis</i> (5), <i>Spiranthes sinensis</i> (5), <i>Blasia pusilla</i> (5).			

Результаты многомерной ординации позволяют интерпретировать первую ось варьирования, как связанную с динамическим развитием растительного покрова. С первой осью варьирования тесно положительно связано общее число видов растений в описаниях и проективное покрытие сосудистых растений, отрицательно —

участие видов синтаксонов рудеральной растительности и, статистически не значимо, проективное покрытие мохообразных. Увеличение общего флористического богатства растительного покрова сопряжено с увеличением проективного покрытия деревьев и кустарников на отвалах (табл. 2, рис. 2).

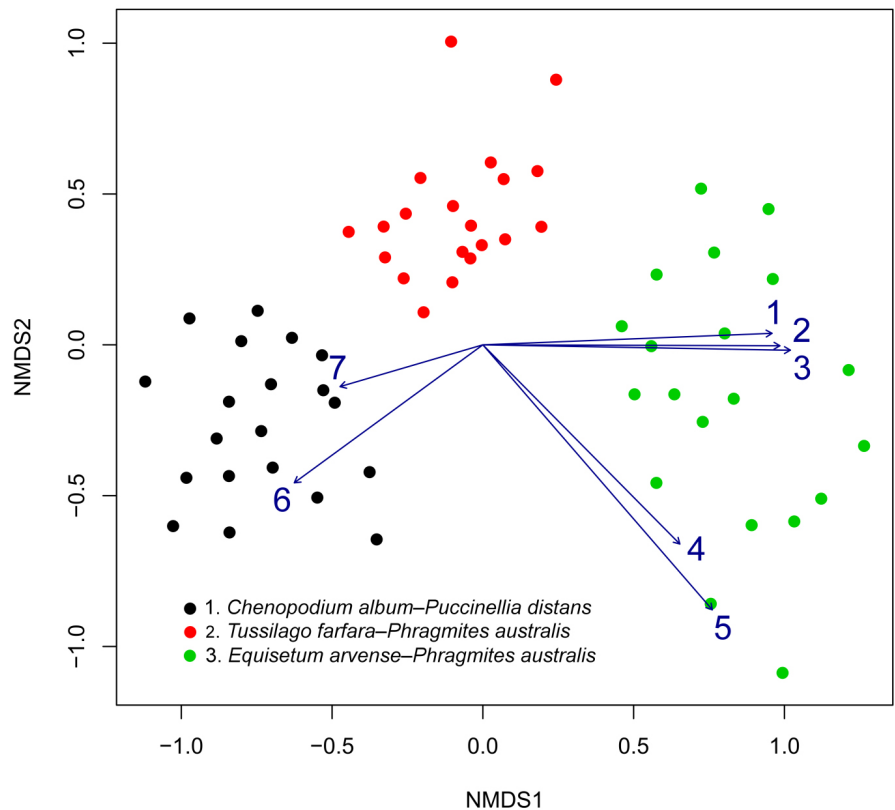
Таблица 2. Направление векторов показателей растительных сообществ в пространстве ординационной диаграммы

Table 2. Relations of community variables vectors with NMDS axes

Показатель Variable	Направление векторов по осям Vector direction on ordination scale		r ²	p
	NMDS1	NMDS2		
Число видов Number of species	0.655	-0.756	0.602	0.001
Суммарное покрытие сосудистых растений Total cover of vascular plants	1.000	-0.003	0.433	0.001
Проективное покрытие трав Cover of herbs	0.999	0.040	0.411	0.001
Проективное покрытие древесных видов Cover of trees and shrubs	0.703	-0.711	0.385	0.001
Проективное покрытие бриофитов Cover of bryophytes	-0.960	-0.281	0.109	0.037
Проективное покрытие крупных трав Cover of tall-herbs	0.999	-0.018	0.464	0.001
Проективное покрытие рудеральных видов Cover of ruderal species	-0.807	-0.590	0.268	0.001

Рисунок 2. Ординация растительных сообществ вскрышных отвалов угледобычи. Цифрами обозначены векторы: 1 — проективное покрытие травянистых растений; 2 — проективное покрытие сосудистых растений; 3 — проективное покрытие диагностических видов синтаксонов *Filipendulo-Artimisieta montanae*; 4 — проективное покрытие деревьев и кустарников; 5 — число видов сосудистых растений; 6 — проективное покрытие диагностических видов классов антропогенной растительности; 7 — проективное покрытие бриофитов.

Figure 2. Ordination diagram of pit coal dumps vegetation. Numbers indicate variable vectors: 1 — cover of herbs; 2 — cover of vascular plants; 3 — cover of *Filipendulo-Artimisieta montanae* syntaxa diagnostic species; 4 — cover of trees and shrubs; 5 — number of vascular plants species; 6 — cover of diagnostic species of anthropogenic vegetation classes; 7 — cover of bryophytes.



Обсуждение

На динамическом градиенте растительности отвалов вскрышных пород уменьшается участие растений из групп диагностических видов классов антропогенной рудеральной растительности. Это изменение сопровождается общим увеличением флористического богатства и проективного покрытия растений.

В сообществах выявлено высокое постоянство и проективное покрытие *Phragmites australis*. Участие этого вида в зарастании отвалов вскрышных пород угольных месторождений отмечено и для других районов юга РДВ (Osipov, Ivakina, 2016). В естественных условиях сообщества с доминированием тростника характерны для влажных местообитаний, сообщества относятся к классу *Phragmito-Magnocaricetea* Klika in Klika et Novák 1941. Несмотря на высокое постоянство и доминирование *P. australis*, сообщества зарастающих отвалов отнести к этому классу нельзя, в силу принципиально отличающихся экологических условий местообитаний и набора сопутствующих типично рудеральных видов.

Определение положения изученных нами растительных сообществ в системе синтаксонов эколого-флористической классификации затруднительно ввиду наличия диагностических видов разных классов антропогенной рудеральной растительности. Кроме того, классификационная система рудеральной растительности разработана для западной Евразии и слабо проработана для регионов Северо-Восточной Азии (Cherosov et al. 2005). Тем не менее, исходя не только из флористических, но и экологических, динамических, физиономических критериев, мы склонны относить сообщества первых стадий зарастания вскрышных отвалов к классу *Artemisietea vulgaris* Lohmeyer et al. in Tx. ex von Rochow 1951, объединяющего рудеральные сообщества многолетних видов растений сухих, хорошо освещенных местообитаний. При этом на отвале 4-летнего возраста высоко участие видов класса *Stellarietea mediae* Tx., Lohm., Prsg. 1950, который объединяет растительность часто нарушаемых или недавно нарушенных участков с преобладанием однолетних трав. Сообщества *Artemisietea vulgaris* на динамическом градиенте обычно следуют за сообществами класса *Stellarietea mediae* (Chytrý, 2009).

Переход доминирования к древесным видам растений на ограниченных по площади участках «лесных колков», которые, в дальнейшем сольются и сформируют на поверхности отвала сомкнутый древостой с преобладанием *Betula platyphylla*, сигнализирует о начале смены типа растительно-

сти на лесной. Разработанных синтаксономических решений для позиционирования вторичных мелколиственных и смешанных лесных сообществ лесов Северо-Восточной Азии в настоящее время не существует.

Известно, что возможность восстановления почвенно-растительного покрова обуславливается в первую очередь литологическими свойствами отвальных субстратов (Abakumov, Gagarina, 2008). Мы объясняем быстрое (в течение первых лет) спонтанное формирование сомкнутого растительного покрова на изученных отвалах, в том числе появление и успешный рост древесных растений, благоприятными для растений свойствами субстрата. Глинистые влагоемкие грунты представляют хорошие условия для быстрого восстановления растительного покрова, тогда как отвалы с низкой влагоемкостью, провальным типом дренажа заселяются растениями значительно медленнее. Кроме того, высказано мнение, что наличие в субстратах частичек природного угля повышает потенциальное плодородие грунтов, но мобилизуется такое органическое вещество растениями со временем (Tregubova et al., 2016).

Во многих специальных работах отражено постепенное формирование эмбриоземов — почв техногенных поверхностных образований (Shlyakhov, Osipov, 2004; Abakumov, Gagarina, 2008). Обычно развитие растительного покрова на пионерных субстратах связывают с улучшением условий экотопа в результате жизнедеятельности организмов предшествующих стадий сукцессии — эндозоогенез В.Н. Сукачева (Mirkin, Rozenberg, 1983) или модель благоприятствования (Connell, Slatyer, 1977). Зачастую такие оценки остаются чисто умозрительными, а любой динамический ряд растительности *a priori* объясняется сукцессией, протекающей по модели благоприятствования.

Быстрые изменения в растительном покрове могут происходить не только в случае принципиального улучшения условий произрастания, что при зарастании отвалов обычно связывается с аккумуляцией в эмбриоземах органического вещества и элементов минерального питания, но и по сугубо внутриценотическим причинам — конкурентное исключение пионерных видов-рудералов вследствие несимметричной конкуренцией за свет, элементы минерального питания. Существенного улучшения условий экотопа в ходе таких смен может и не происходить — сукцессия идет по модели толерантности (Connell, Slatyer, 1977), или сингенеза по В.Н. Сукачеву (Mirkin, Rozenberg, 1983).

Доминирование *Phragmites australis* при зарастании отвалов можно рассматривать как процесс, который тормозит прогрессивное развитие сообщества, поскольку препятствует появлению и росту древесных видов. В связи с этим на глинистых отвалах открытой добычи угля в юго-западной части о-ва Сахалин, целесообразно начинать проведение мероприятий биологической рекультивации в виде создания лесных культур после стабилизации поверхности отвалов, но до начала формирования сомкнутого покрова из *P. australis*. Исходя из видовой принадлежности спонтанно появившихся и успешно растущих деревьев на отвале 20-летнего возраста, для создания искусственных древесных насаждений следует использовать демонстрирующих успешное приживание и рост представителей местной дендрофлоры — *Abies sachalinensis* и *Betula platyphylla*.

Заключение

В условиях юго-западной части о-ва Сахалин стихийное зарастание отвалов вскрышных пород, образующихся вследствие открытой разработки месторождения угля, протекает быстрыми темпами, что связано с механическим составом субстрата и его высокой водоудерживающей способностью. На первых этапах зарастания отвалов формируются сообщества с участием рудеральных видов растений, характерных для сообществ синтаксонов антропогенной рудеральной растительности. Сомкнутый покров из *Phragmites australis* образуется в течение первых 10 лет после формирования отвала. Вторичные смешанные леса начинают формироваться к концу второго десятилетия с начала зарастания отвалов — на отдельных площадях появляются лесные локусы («колки»). Однако, несмотря на высокую скорость сукцессий, видовой состав формирующихся сообществ почти не имеет общих видов с зональными лесными сообществами ассоциации *Piceo-Abietetum sachalinensis* Ohba ex Nakamura in Miyawaki 1988.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ в рамках реализации грантового проекта № 18-34-00090 «мол_а».

Список литературы

[Abakumov, Gagarina] Абакумов Е.В., Гагарина Э.И. 2006. Почвообразование в посттехногенных экосистемах карьеров на Северо-Западе Русской равнины. СПб., 2006. 208 с.

Arefieva O.D., Tregubova V.G., Gruschakova N.V., Starozhilov V.T. 2018. Properties of soils of abandoned coal mine industrial areas (Primorsky Krai, Russia). J. Geosci. Env. Prot. Vol. 6. № 6. P. 78–92.

[Cherosov] Черосов М.М., Слепцова Н.П., Миронова С.И., Гоголева П.А., Пестряков Б.Н., Гаврильева Л.Д. 2005. Синтаксономия синантропной растительности Якутии. Якутск. 156 с.

Chytrý M. (ed.). 2009. Vegetation of the Czech Republic 2. Ruderal, weed, rock and scree vegetation. Praha. 520 p.

Connell J.H., Slatyer R.O. 1977. Mechanisms of succession in natural communities and their role in community stability and organization. Am. Nat. Vol. 111. № 982. P. 1119–1144.

[Ivakina E.V., Osipov S.V., Yakubov V.V. 2013. Vascular plants of the Luzanovskii open-pit coal-mining station (Russian Far East). Con. Prob. Ecol. Vol. 6. № 2. P. 187–198.

[Ivlev] Ивлев А.М. 1977. Особенности генезиса и биогеохимия почв Сахалина. М. 143 с.

[Krestov] Крестов П.В., Баркалов В.Ю., Таран А.А. 2004. Ботанико-географическое районирование острова Сахалин. В кн.: Растительный и животный мир острова Сахалин (Материалы Международного сахалинского проекта). Часть 1. Владивосток. С. 67–90.

Krestov P.V., Nakamura Y. 2002. Phytosociological study of the *Picea jezoensis* forests of the Far East. Folia Geobot. Vol. 37. № 4. P. 441–474.

[Kupriyanov, Manakov] Куприянов А.Н., Манаков Ю.А. 2016. Закономерности восстановления растительного покрова на отвалах Кузбасса. Сиб. лесн. журн. № 2. С. 51–88.

[Kupriyanov, Morsakova] Куприянов А.Н., Морсакова Ю.В. 2008. Начальные этапы формирования растительного покрова на техногенных экотопах Кузбасса. Сиб. экол. журн. Т. 15. № 2. С. 255–261.

[Manakov] Манаков Ю.А., Стрельникова Т.О., Куприянов А.Н. 2011. Формирование растительного покрова в техногенных ландшафтах Кузбасса. Новосибирск. 180 с.

McCune B., Grace. J.B. 2002. Analysis of ecological communities. Glenenden Beach, Oregon. 300 p.

[Mirkin, Rozenberg] Миркин Б.М., Розенберг Г.С. 1983. Толковый словарь современной фитоценологии. М. 133 с.

Mucina L., Bültmann H., Dierßen K., Theurillat J.-P., Raus t., Čarni A., Šumberová K., Willner W., Dengler J., Gavilán García R., Chytrý M., Hájek M., Di Pietro R., Iakushenko D., Pallas J., Daniëls F., Bergmeier E., Santos

Guerra A., Ermakov N., Valachovič M., Schaminée J., Lysenko T., Didukh Y., Pignatti S., Rodwell J., Capelo J., Weber H., Solomeshch A., Dimopoulos P., Aguiar C., Hennekens S., Tichý L. 2016. Vegetation of Europe: hierarchical floristic classification system of vascular plant, bryophyte, lichen, and algal communities. *Appl. Veg. Sci.* Vol. 19. № S1. P. 3–264.

Ohba T., Sugawara H. 1982. Vorschlag zur Systematik über japanischen Saumpflanzengesellschaften – *Artemisia principis* Miyawaki et Okuda 1971. *Bulletin of the Kanagawa Prefectural Museum.* № 13. P. 143–169. (In Japanese with German synopsis).

Oksanen J., Blanchet F. G., Friendly M., Kindt R., Legendre P., McGlenn D., Minchin P. R., O'Hara R. B., Simpson G. L., Solymos P., Henry M., Stevens H., Szoecs E., Wagner H. 2017. *Vegan: community ecology package. R package version 2.4-3.* <https://cran.r-project.org/web/packages/vegan/vegan.pdf>

[Osipov S.V., Cherdantseva V., Galanina I.A., Jakubov V.V. 2008. Species composition and ecophysiological spectra of vascular plants, mosses and lichens on gold-mining sites in a taiga zone of the lower Amur River basin, the Russian Far East. *Con. Prob. Ecol.* Vol. 1. № 4. P. 425–439.

[Osipov, Ivakina] Осипов С.В., Ивакина Е.В. 2016. Растительный покров карьерно-отвалных комплексов в дальневосточных лесостепных ландшафтах. *Бот. журн.* Т. 101. № 1. С. 45–63.

[Osipov] Осипов С.В. 2006. Серийная растительность участков золотодобычи в таежной зоне нижнего Приамурья. *Бот. журн.* Т. 91. № 4. С. 521–532.

Shlyakhov S.A., Osipov S.V. 2004. Technogenic surface formations in the areas of placer gold mining (the Burey upland, Far East). *Euras. Soil Sci.* Vol. 37. № 10. P.1106–1114.

[Sibirina] Сибирина Л.А., Полохин О.В., Жабько Е.В. 2012. Начальные этапы формирования растительного покрова на техногенных экотопах Приморского края. *Изв. Самарского науч. центра РАН.* Т. 14. № 16. С. 1539–1542.

The R Project for Statistical Computing. <https://www.r-project.org/> Дата обращения: 21.02.2019.

Tichý L. 2002. JUICE, software for vegetation classification. *J. Veg. Sci.* Vol. 13. № 3. P. 451–453.

[Tregubova] Трегубова В.Г., Нестерова О.В., Семаль В.А. 2016. Современные процессы почвообразования на разновозрастных отвалах вскрышных пород угледобывающей промышленности юга Дальнего Востока. *Почвоведение — продовольственной и экологической безопасности страны.* Белгород. С. 208–209.

[Vereshchagin] Верещагин В.Н. (ред.). Геологическая карта СССР. Серия Сахалинская, масштаб: 1:200000: L-54-XVI, XXII. Дальневосточное геологическое управление.

Plant communities on dumps of coal open-pit mining in Southern Sakhalin

© K.A.Korznirov^{1*}, K.B. Popova²

¹ Botanical Garden-Institute FEB RAS, Vladivostok, Russia

² Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

*e-mail: korzki@mail.ru

We described the vegetation of different age open-pit mining dumps in the southwestern part of Sakhalin Island. The 60 sample plots (5×5 m) were established on a surface of three dumps. *Chenopodium album*—*Puccinellia distans* community (average total cover 40%) formed on 4 age substrate; *Tussilago farfara*—*Phragmites australis* community (54%) on 10 age substrate, and *Equisetum arvense*—*Phragmites australis* community on 20 age tails. Increase of the vascular plants cover, floristic richness, and decrease of the bryophytes cover associated with age of dumps. We record a lot of diagnostic species of anthropogenic ruderal vegetation syntaxa (*Artemisietea vulgaris*, *Polygono-Poetea annuae*, *Stellarietea mediae*, etc.) in the communities of the first succession stages. In communities of 20-year substrate tree layer start to form (*Betula platyphylla*, *Abies sachalinensis*), and appear diagnostic species of far-eastern tall-herb vegetation syntax (class *Filipendulo-Artemisietea montanae*). The well spontaneous revegetation restoration explained by the mechanical composition of the dumps substrates, mainly consisting of pelite fractions with high water retention property.

Keywords: vegetation restoration, tecnogenic landscape, revegetation, anthropogenic vegetation, ruderal vegetation, *Artemisietea vulgaris*.

References

- Abakumov E.V., Gagarina E.I. 2008. *Pochvoobrazovanie v posttekhnogennykh ekosistemakh kar'yerov na Severo-Zapade Russkoy ravniny* [Soil genesis in post-technogenic pit ecosystems of the northeast of the East European Plain]. St. Petersburg. 208 p. (In Russ).
- Arefieva O.D., Tregubova V.G., Gruschakova N.V., Starozhilov V.T. 2018. *Properties of soils of abandoned coal mine industrial areas (Primorsky Krai, Russia)*. J. Geosci. Env. Prot. Vol. 6. № 6. P. 78–92.
- Cherosov M.M., Sleptsova N.P., Mironova S.I., Gogoleva P.A., Pestryakov B.N., Gavriilyeva L.D. 2005. *Sintaksonomya sinantropnoy rastitelnosti Yakutii* [Syntaxonomic system of the synanthropic vegetation of Yakutia]. Yakutsk. 156 p. (In Russ).
- Chytrý M. (ed.). 2009. *Vegetation of the Czech Republic 2. Ruderal, weed, rock and scree vegetation*. Praha. 520 p.
- Connell J.H., Slatyer R.O. 1977. *Mechanisms of succession in natural communities and their role in community stability and organization*. Am. Nat. Vol. 111. № 982. P. 1119–1144.
- Ivakina E.V., Osipov S.V., Yakubov V.V. 2013. *Vascular plants of the Luzanovskii open-pit coal-mining station (Russian Far East)*. Con. Prob. Ecol. Vol. 6. № 2. P. 187–198.
- Ivlev A. M. 1977. *Osobennosti genezisa i biokhimiya pochv Sakhalina* [Features of soils genesis and biochemistry in Sakhalin Island]. Moscow. 143 p. (In Russ).
- Krestov P.V., Barkalov V.Yu., Taran A.A. 2004. *Botaniko-geograficheskoe rayonirovanie ostrova Sakhalin* [Geobotanic division of Sakhalin Island]. In: *Rastitel'nyy i zhivotnyy mir ostrova Sakhalin (Materialy Mezhdunarodnogo sakhalinskogo proekta)* [Flora and fauna of Sakhalin Island (Materials of International Sakhalin Project)]. Vol. 1. Vladivostok. P. 67–90. (In Russ).
- Krestov P.V., Nakamura Y. 2002. *Phytosociological study of the Picea jezoensis forests of the Far East*. Folia Geobot. Vol. 37. № 4. P. 441–474.
- Kupriyanov A.N., Manakov A.Yu. 2016. *Regularities of restoration of plant cover on the dumps of the Kuznetsk Basin*. Sibirskiy lesnoy zhurnal. № 2. C. 51–88. (In Russ).
- Kupriyanov A.N., Morsakova Yu.V. 2008. *Initial stages of the formation of plant cover on industry-caused ecotopes of the Kuznetsk Basin*. Sibirskiy ekologicheskiy zhurnal. Vol. 15. № 2. P. 255–261. (In Russ).

- Манакон А.Ю., Стрел'никова Т.О., Куприянов А.Н. 2011. *Formirovanie rastitel'nogo pokrova v tekhnogennykh landshaftakh Kuzbassa* [Vegetation cover formation in technogenic landscapes of the Kuznetsk Basin]. Novosibirsk. 180 p. (In Russ).
- McCune B., Grace J.B. 2002. *Analysis of ecological communities*. Glenenden Beach, Oregon. 300 p.
- Миркин В.М., Розенберг Г.С. 1983. *Tolkovyy slovar' sovremennoy fitotsenologii* [Explanatory dictionary of modern phytocenology]. Moscow. 133 c. (In Russ).
- Mucina L., Bültmann H., Dierßen K., Theurillat J.-P., Raus t., Čarni A., Šumberová K., Willner W., Dengler J., Gavilán García R., Chytrý M., Hájek M., Di Pietro R., Iakushenko D., Pallas J., Daniēls F., Bergmeier E., Santos Guerra A., Ermakov N., Valachovič M., Schaminée J., Lysenko T., Didukh Y., Pignatti S., Rodwell J., Capelo J., Weber H., Solomeshch A., Dimopoulos P., Aguiar C., Hennekens S., Tichý L. 2016. *Vegetation of Europe: hierarchical floristic classification system of vascular plant, bryophyte, lichen, and algal communities*. Appl. Veg. Sci. Vol. 19. № S1. P. 3–264.
- Ohba T., Sugawara H. 1982. *Vorschlag zur Systematik über japanischen Saumpflanzengesellschaften – Artemisietea principis Miywaki et Okuda 1971*. Bulletin of the Kanagawa Prefectural Museum. № 13. P. 143–169. (In Japanese with German synopsis).
- Oksanen J., Blanchet F. G., Friendly M., Kindt R., Legendre P., McGlenn D., Minchin P. R., O'Hara R. B., Simpson G. L., Solymos P., Henry M., Stevens H., Szoecs E., Wagner H. 2017. *Vegan: community ecology package*. R package version 2.4-3. <https://cran.r-project.org/web/packages/vegan/vegan.pdf>
- Osipov S.V. 2006. *Serial vegetation of gold mining sites in the taiga zone river basin*. Bot. Zhurn. Vol. 91. № 4. P. 521–532. (In Russ.).
- Osipov S.V., Cherdantseva V., Galanina I.A., Jakubov V.V. 2008. *Species composition and ecologo-phytocenotic spectra of vascular plants, mosses and lichens on gold-mining sites in a taiga zone of the lower Amur River basin, the Russian Far East*. Con. Prob. Ecol. Vol. 1. № 4. P. 425–1439.
- Osipov S.V., Ivakina E.V. 2016. *Vegetation cover of the pit-dump complexes in the far eastern forest-steppe landscapes*. Bot. Zhurn. Vol. 101. № 1. P. 45–63. (In Russ.).
- Shlyakhov S.A., Osipov S.V. 2004. *Technogenic surface formations in the areas of placer gold mining (the Burey upland, Far East)*. Euras. Soil Sci. Vol. 37. № 10. P. 1106–1114.
- Sibirina L.A., Polokhin O.V., Zhabyko E.V. 2012. *Initial stages of the formation of plant cover on industry-caused ecotopes of the Primorsky territory*. Izvestiya samarskogo nauchnogo tsentra RAN. Vol. 14. № 16. P. 1539–1542. (In Russ).
- The R Project for Statistical Computing. <https://www.r-project.org/> Accepted: 21.02.2019.
- Tichý L. 2002. *JUICE, software for vegetation classification*. J. Veg. Sci. Vol. 13. № 3. P. 451–453.
- Tregubova V.G., Nesterova O.V., Semal' V.A. 2016. *Sovremennye protsessy pochvoobrazovaniya na raznovozrastnykh otvalakh vskryshnykh porod ugledobyvayushchey promyshlennosti yuga Dal'nego Vostoka* [Modern processes of soil genesis on uneven overburden dumps of a coal mining industry of the south of the Far East]. In: *Pochvovedenie — prodovol'stvennoy i ekologicheskoy bezopasnosti strany* [Soil science — food and environmental safety of the country]. Belgorod. P. 208–209. (In Russ).
- Vereshchagin V.N. (ed.). 1956. *Geologicheskaya karta SSSR. Seriya Sakhalinskaya. Masshtab 1:200000: L-54-XVI, XXII* [Geological map of USSR. Scale 1:200000: L-54-XVI, XXII]. (In Russ).