

3. К числу ведущих родов альгофлоры почв лесных питомников, расположенных на территории Красноярского края, относятся *Phormidium*, *Oscillatoria*, *Nostoc*, *Chlamydomonas*, *Bracteacoccus*, *Chlorella*, *Klebsormidium*, *Botrydiopsis*, *Vaucheria*, *Pinnularia*, *Navicula*, *Nitschia*.

Литература

1. Алексахина Т.И., Штина Э.А. Почвенные водоросли лесных биогеоценозов. – М.: Наука, 1984. – 150 с.
2. Домрачева Л.И. «Цветение» почвы и закономерности его развития. – Сыктывкар, 2005. – 336 с.
3. Кузьяметов Г.Г., Дубовик И.Е. Методы изучения почвенных водорослей: учеб. пособие. – Уфа: Изд-во Башкир. ун-та, 2001. – 60 с.
4. Штина Э.А., Голлербах М.М. Экология почвенных водорослей. – М.: Наука, 1976. – 144 с.
5. Штина Э.А. Методы изучения почвенных водорослей // Микроорганизмы как компонент биогеоценоза: сб. ст. – М.: Наука, 1984. – С. 58–74.
6. Штина Э.А. Почвенные водоросли как компоненты биогеоценоза // Почвенные организмы как компонент биогеоценоза. – М.: Наука, 1984. – С. 53–58.



УДК 631.4

И.В. Комачкова

ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ПОЧВ ТЕХНОГЕННЫХ ЛАНДШАФТОВ ЮГА ПРИМОРЬЯ

Исследованы почвы техногенных ландшафтов (эмбриоземы), сформировавшиеся на отвальных породах Павловского угольного месторождения. Изучено их морфологическое строение, основные физико-химические свойства и рассчитаны энергозапасы органической части почв. Установлены различия в морфологическом строении почвенного профиля и основных физико-химических показателях почв в зависимости от временной стадии их развития и состава вскрышных пород. Выявлены специфические особенности развития почв техногенных ландшафтов в пределах юга Приморского края. Предложена система показателей для оценки их экологического состояния.

Ключевые слова: почвы техногенных ландшафтов, эмбриоземы инициальные, органо-аккумулятивные, дерновые, гумусово-аккумулятивные, энергозапасы органической части почв, мортмасса, гумус.

I.V. Komachkova

SOIL ECOLOGICAL CONDITION IN THE SOUTHERN PRIMORYE TECHNOGENIC LANDSCAPES

Soils of the technogenic landscapes (embriozems) that are formed on the debris in the Pavlovski coal deposit are researched. Their morphological structure, basic physical and chemical properties is studied and energy reserves of the soil organic part are calculated. Distinctions in the soil profile morphological structure and in the soil basic physical and chemical indicators depending on the time stage of their development and the overburden rock structure are determined. Specific peculiarities of the technogenic landscape soil development within the Primorskyi region south area are revealed. The indicator system for estimation of their ecological condition is offered.

Key words: technogenic landscape soils, initial embriozems, organic and accumulative, sod, humic and accumulative, soil organic part energy reserves, mortmass, humus.

Введение. Процесс освоения минерального сырья на юге Дальнего Востока способствует возникновению техногенных, в частности, карьерно-отвальных ландшафтов. Общая площадь нарушенных земель в Хабаровском, Приморском краях и Амурской области составляет более 650 тыс. га [4, 5].

В результате открытой добычи угля происходит полное разрушение почвенно-растительного покрова и образовавшиеся отвалы могут длительное время сохранять облик техногенных пустынь. При технико-экономическом обосновании проведения рекультивационных работ необходимо учитывать специфику почвообразовательных процессов на отвальных породах, что может резко ускорить формирование почвенного покрова. Между тем в зависимости от временного интервала становления регенерационных экосистем в

техногенных ландшафтах, в связи со спецификой климатических условий Приморского края, по-разному могут проявляться процесс гумусоаккумуляции, отражаясь в облике формирующегося почвенного профиля и показателях гумусного состояния почв, что весьма важно учитывать при проведении мониторинговых исследований экологического состояния почвенного покрова техногенных ландшафтов.

Исследованиями по изучению почв техногенных ландшафтов и решению вопросов их рекультивации на юге Дальнего Востока охвачены в основном территории Хабаровского края и северные районы Приморского края [6, 7, 8, 11, 14, 15]. Территориям юга Приморья не уделялось должного внимания по исследованию закономерностей формирования почв в условиях техногенных ландшафтов, не решались вопросы их классификационной принадлежности и не проводилась оценка их экологического состояния.

Цель исследований. Установить общие закономерности в формировании почв на отвальных породах и разработать систему показателей для оценки их экологического состояния.

Объекты и методы исследований. Исследования проводились на территории Павловского угольного месторождения, расположенного в Михайловском районе Приморского края. Павловское месторождение находится в Приханкайской гидротермической провинции, где сумма активных температур колеблется в пределах 2450–2500°С, осадков выпадает до 550–600 мм в год [12, 13]. Характер рельефа низменный. Из растительности преобладают разнотравно-злаково-вейниковые и осоково-вейниковые группировки. Породы, слагающие отвалы на территории Павловского месторождения, представлены в основном рыхлыми покровными отложениями суглинистого и глинистого состава.

Объектами исследований послужили почвы, сформированные на отвальных породах Павловского буругольного месторождения: участок Северо-Восточный (отвалы 1 год, 3 года, 8 лет после их отсыпки), Южный (12 лет), Северная депрессия (13 лет), Павловский (18 лет). В работе за основу взята классификация почв техногенных ландшафтов, разработанная И.М. Гаджиевым, В.М. Курачевым [3].

Определение гумуса проводили по методу И.В. Тюрина, подвижный фосфор определен по методу Кирсанова, обменный калий – по методу Масловой. Актуальную и обменную кислотность почв исследовали потенциометрически, гидролитическую кислотность – по Капену, сумму обменных оснований – методом Капена-Гильковица [2]. Гранулометрический состав определяли методом, рекомендованным для зональных агрохимических лабораторий, включающим обработку образца раствором пирофосфата натрия [1]. Запасы энергии в почвенном гумусе рассчитывали по формуле, предложенной Д.С. Орловым и Л.А. Гришиной [10].

Результаты исследований и их обсуждение. Самозаращение изученных породных отвалов происходит постепенно. Появление растительности начинается уже через год после окончания отсыпки отвалов. Растительность при этом представлена отдельными представителями семейств злаковых и астровых. На отвале трехлетнего возраста состав растительности становится более разнообразным, в него входят представители семейств хвощевых, бобовых и астровых.

Анализ морфолого-генетического строения профилей почв с различным временным периодом их формирования позволяет отметить, что на отвалах 1- и 3-летнего возраста происходит формирование эмбриоземов инициальных, для которых характерно отсутствие каких-либо органогенных горизонтов. Строение профиля довольно примитивное, выделение горизонтов возможно лишь по плотности их сложения: на 1-летнем отвале C_1 (0–9 см) – C_2 (9–25 см) – C_3 (25–50 см); на 3-летнем – C_1 (0–12 см) – C_2 (12–35 см), C_3 (35–50 см). В связи с этим они отличаются очень малым содержанием гумуса (до 0,53 %), его запасов (5,8 т/га) и количеством энергии аккумулированной в гумусе (до 30,9 млн ккал/га (1 ккал = 4,19 кДж)). По гранулометрическому составу эмбриоземы инициальные относятся к глинам легким. Для них характерна кислая реакция среды по всему профилю ($pH_{вод.}$ 4,4–5,0) и низкая, либо средняя гидролитическая кислотность в поверхностных горизонтах профиля (от 1,3 мг экв/100 г почвы на 1-летнем отвале до 3,2 мг экв/100 г почвы – на 3-летнем). По содержанию основных элементов питания растений наблюдается следующая картина: содержание подвижных форм фосфора в поверхностных горизонтах профиля очень низкое, менее 1 мг/100 г почвы, подвижного калия – среднее (8–12 мг/100 г почвы).

На участках Северо-Восточный и Южный, на 8- и 12-летних отвалах в связи с развитием растительности происходит быстрое накопление растительного органического вещества в виде подстилки, формируются эмбриоземы органо-аккумулятивные. Строение профиля имеет вид: на 8-летнем отвале A_0 (0–1 см) – C_1 (1–4 см) – C_2 (4–17 см) – C_3 (17–50 см); на 12-летнем – A_0 (0–3 см) – C_1 (3–10 см) – C_2 (10–21 см) – C_3 (21–30 см) – C_4 (30–50 см). Для них характерно некоторое увеличение содержания гумуса до 0,63–0,74 %, его запасов в слое 0–20 см (10,4–12,7 т/га) и энергии, аккумулированной в гумусе (54,2–65,8 млн ккал/га). Согласно данным гранулометрического состава, эмбриоземы органо-аккумулятивные на 8-летнем отвале отнесены к глинам средним. Поверхностные горизонты 12-летних эмбриоземов характеризуются как средне- и тяжелосуглинистые, с глубиной наблюдается облегчение гранулометрического состава, преобладающей становится фракция песка среднего (супесь). Согласно показателям $pH_{вод.}$, эмбриоземы органо-аккумулятивные, сформированные на 8-летнем отвале, имеют слабокислую реакцию среды ($pH_{вод.}$ 5,1–5,5). Профиль эмбриоземов на 12-летнем отвале характеризуется кислой реакцией среды (pH 3,8–4,5). Для органо-аккумулятивных эм-

бриоземов свойственна средняя гидролитическая кислотность (3,5–4,6 мг экв/100 г почвы). Почвы, сформированные на 12-летнем отвале, обеднены основными элементами питания растений и характеризуются низким содержанием подвижных форм фосфора (1,2 мг/100 г почвы) и калия (6,9 мг/100 г почвы). Для 8-летних эмбриоземов характерно среднее содержание подвижных форм фосфора (2,6 мг/100 г почвы) и высокое содержание калия (19 мг/100 г почвы).

Интенсивное развитие подземной части растений на 13-летнем отвале участка Северная депрессия приводит к формированию эмбриоземов дерновых. Строение профиля дернового эмбриозема имеет вид: A_0 (0–0,5 см) – A_d (0,5–3 см) – C_1 (3–6 см) – C_2 (6–19 см) – C_3 (19–30 см) – C_4 (30–50 см). Содержание гумуса в дерновом горизонте возрастает до 1,1 % по сравнению с почвами более ранних стадий развития. Запасы гумуса и количество энергии в слое 0–20 см несколько снижаются из-за низких параметров плотности почвы до 11,9 т/га и 58,9 млн ккал/га соответственно. По гранулометрическому составу поверхностные горизонты относятся к глинам средним, нижележащие – к глинам легким. Эмбриоземы дерновые имеют слабокислую реакцию среды ($pH_{вод.}$ 5,1–5,3) и среднюю гидролитическую кислотность (3,6–4,2 мг экв/100 г почвы) по всему профилю. По содержанию питательных элементов эмбриоземы дерновые отличаются средним содержанием подвижных форм фосфора в поверхностных горизонтах профиля (3,5 мг/100 г почвы) и повышенным содержанием подвижного калия (12,9–14,6 мг/100 г почвы).

В наиболее позднюю стадию развития почв на отвале, отсыпанном 18 лет назад, активизируются процессы гумусообразования, что проявляется в формировании гумусового горизонта мощностью до 5 см. На этом этапе формируются эмбриоземы гумусово-аккумулятивные, строение профиля которых имеет вид: A_0 (0–0,5 см) – A (0,5–6 см) – C_1 (6–17 см) – C_2 (17–28 см) – C_3 (28–50 см). Для них свойственно резкое увеличение содержания гумуса в поверхностном горизонте (до 8,0 %), его запасов (до 65,8 т/га) и, следовательно, энергозапасов в слое 0–20 см до 325,0 млн ккал/га. Вниз по профилю происходит резкое снижение гумуса до 1,1–0,2 %. По гранулометрическому составу профиль данного типа эмбриоземов отличается неоднородностью: поверхностные горизонты характеризуются как средне- и тяжелосуглинистые, с глубиной наблюдается облегчение гранулометрического состава, преобладающей становится фракция песка среднего. Эмбриоземы гумусово-аккумулятивные имеют кислую реакцию среды по всему профилю ($pH_{вод.}$ 4,2–4,8) и высокую гидролитическую кислотность в поверхностном горизонте (7,4 мг экв/100 г почвы). Для них характерно низкое содержание подвижного фосфора (1,1–2,4 мг/100 г почвы) и среднее содержание подвижных форм калия (8,2–8,8 мг/100 г почвы). По показателям $pH_{сол.}$ эмбриоземы дерновые отличались кислой реакцией среды, органо-аккумулятивные (8 лет) – сильнокислой, все остальные (1-, 3-, 12- и 18-летние) – очень сильнокислой.

Все вышесказанное позволяет отметить, что рассмотренные эмбриоземы в зависимости от породного состава отвалов, на которых они формируются, а также от временного периода их формирования, различались по основным физико-химическим показателям. Это дает возможность выделить группы почв по их экологическому состоянию. Под экологическим состоянием почв понимают комплекс почвенных свойств, определяющий степень их соответствия природно-климатическим условиям почвообразования и пригодности для устойчивого функционирования естественных и антропогенных экосистем [9].

Чем ближе химические и физико-химические параметры формирующихся почв техногенных ландшафтов к качеству естественных почв, тем выше их экологическое состояние. Ненарушенные почвы районов исследования характеризуются сравнительно средними показателями по содержанию гумуса, его запасам и энергозапасам (табл. 1).

Таблица 1

Содержание органического углерода, запасы гумуса и энергозапасы в почвах природных ландшафтов юга Приморья

Почва	Горизонт, глубина, см	C, %	Запасы гумуса в слое 0–20 см, т/га	Энергозапасы в слое 0–20 см ($Q_{\text{Сорг.}}$), млн ккал/га***
Лугово-бурая**	A1 (0–18)	3,71	145	753
Лугово-бурая отбеленная*	A0A1 (0–7)	3,96	103	544
Буро-отбеленная*	A0A1 (0–7)	6,71	84	422

* Аналитические данные Н.В. Хавкиной [13, 14]. ** Данные Г.И. Иванова [4]. *** Данные Л.Н. Пуртовой, Н.М. Костенкова [11].

Для почв же техногенных ландшафтов такие показатели будут считаться высокими. Поэтому возникает необходимость в разработке критериев и корректировке существующих градаций для оценки экологического состояния эмбриоземов юга Приморья. На первом этапе оценки все характеристики экологического состояния были объединены в определенную систему показателей. Каждому показателю соответствуют баллы в порядке увеличения качественной оценки от худшей к лучшей (табл. 2).

Таблица 2

Показатели для оценки экологического состояния эмбриоземов

Показатель	Величина	Оценка	Оценочный балл
Содержание гумуса, %	< 1	Очень низкое	I
	1–2	Низкое	II
	2–4	Среднее	III
	4–6	Высокое	IV
	> 6	Очень высокое	V
Запасы гумуса, т/га	< 10	Очень низкие	I
	10–50	Низкие	II
	50–100	Средние	III
	> 100	Высокие	IV
Энергозапасы в слое 0–20 см, млн ккал га	< 50	Очень низкие	I
	50–150	Низкие	II
	150–250	Средние	III
	250–350	Высокие	IV
Содержание подвижного калия, мг/100 г почвы	< 4	Очень низкое	I
	4–8	Низкое	II
	8–12	Среднее	III
	12–25	Повышенное или высокое	IV
Содержание подвижного фосфора, мг/100 г почвы	< 1 и > 25	Очень низкое	I
	1,1–2,5	Низкое	II
	2,6–3,7	Среднее	III
Обменная кислотность, рН _{сол.}	< 4,0 и > 7,0	Очень сильнокислая	I
	4,1–4,5	Сильнокислая	II
	4,6–5,0	Кислая	III
Гидролитическая кислотность мг-экв /100 г почвы	< 3	Низкая	I
	3–5	Незначительная	II
	5–10	Значительная	III

После выделения категорий и присвоения баллов проведена окончательная оценка экологического состояния эмбриоземов по среднему баллу (табл. 3).

Оценка экологического состояния эмбриоземов Павловского угольного месторождения

Эмбриозем	Показатель							Средний балл
	Содержание гумуса	Запасы гумуса	Энергозапасы в слое 0–20 см	Подвижные формы фосфора	Подвижные формы калия	pH _{ср.}	Гидролитическая кислотность	
Инициальный, 1 год	I	I	I	I	III	I	I	1,28
Инициальный, 3 года	I	I	I	I	III	I	II	1,42
Органо-аккумулятивный, 8 лет	I	II	II	III	IV	II	II	2,28
Органо-аккумулятивный, 12 лет	I	II	II	II	I	I	II	1,57
Дерновый, 13 лет	II	II	II	III	III	III	II	2,42
Гумусово-аккумулятивный, 18 лет	V	III	IV	II	III	I	III	3,0

Примечание. I–IV – баллы.

На основании средних баллов по предложенным показателям была выполнена группировка и оценка почв техногенных ландшафтов по экологическому состоянию (табл. 4).

Таблица 4

Группировка эмбриоземов по экологическому состоянию

Группа	Средний балл	Экологическое состояние	Эмбриозем, возраст
I	1,0–1,5	Критическое	Инициальные (1 и 3 года)
II	1,5–2,0	Крайне неудовлетворительное	Органо-аккумулятивные (12 лет)
III	2,0–2,5	Неудовлетворительное	Органо-аккумулятивные (8 лет), дерновые (13 лет)
IV	2,5–3,0	Удовлетворительное	Гумусово-аккумулятивные (18 лет)

Согласно группировке эмбриоземов, их экологическое состояние изменяется от критического до удовлетворительного.

Выводы

1. Почвенный покров техногенных ландшафтов Приморья представлен эмбриоземами инициальными, органо-аккумулятивными, дерновыми и гумусово-аккумулятивными. Специфической чертой эмбриоземов юга Приморья является быстрое формирование гумусового горизонта, обусловленное влиянием складывающихся гидротермических условий в данном регионе и исходным составом почвообразующих пород.

2. По кислотно-основным показателям эмбриоземы Павловского месторождения характеризуются слабокислой и кислой реакцией среды. В процессе развития почв на отвалах отмечается увеличение гидролитической кислотности в поверхностных горизонтах профиля.

3. С удлинением временного периода формирования эмбриоземов в связи с развитием растительности происходит увеличение содержания гумуса, его запасов и энергозапасов органической части почв.

4. Выделены группы почв по содержанию гумуса, его запасам в слое 0–20 см, содержанию подвижных форм фосфора и калия, актуальной, обменной и гидролитической кислотности, а также по запасам энергии, аккумулированной в гумусе. Это позволило разработать систему показателей для оценки экологического

состояния почв техногенных ландшафтов и установить, что экологическое состояние эмбриоземов изменялось от критического до удовлетворительного в процессе их развития.

Литература

1. Агрохимические методы исследования почв / под. ред. А.В. Соколова. – М., 1975. – 436 с.
2. Аринушкина Е.В. Руководство по химическому анализу почв. – М., 1970. – 487 с.
3. Гаджиев И.М., Курачев В.М. Генетические и экологические аспекты исследования и классификации почв техногенных ландшафтов // Экология и рекультивация техногенных ландшафтов. – Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1992. – 305 с.
4. Иванов Г.И. Почвообразование на юге Дальнего Востока. – М.: Наука, 1976. – 198 с.
5. Ивлев А.М., Крупская Л.Т., Дербенцева А.М. Изменение почв юга Дальнего Востока под воздействием техногенеза // Почвоведение, история, социология, методология. – М.: Наука, 2005. – С. 416–418.
6. Костенков Н.М., Пуртова Л.Н. Общие закономерности формирования почв на отвальных породах и их гумусовое состояние // Вестн. КрасГАУ. – 2009. – Вып. 6. – С. 17–22.
7. Костенков Н.М., Пуртова Л.Н. Посттехногенное почвообразование на отвальных породах как фактор восстановления природных ландшафтов // Изв. Самарского научного центра Российской академии наук. – 2010. – Т. 12. – № 1(4). – С. 1032–1038.
8. Крупская Л.Т. Техногенное разрушение почв на горных предприятиях юга Дальнего Востока России и их рекультивация: дис. ... д-ра биол. наук. – Хабаровск, 1994. – 322 с.
9. Макаров О.А. Почему нужно оценивать почву? (состояние/качество почвы: оценка, нормирование, управление, сертификация). – М.: Изд-во МГУ, 2003. – 259 с.
10. Орлов Д.С., Гришина Л.А. Практикум по химии гумуса. – М.: Изд-во МГУ, 1985. – 376 с.
11. Пуртова Л.Н., Костенков Н.М. Энергетическое состояние почв Дальнего Востока России. – Владивосток: Дальнаука, 2003. – 136 с.
12. Степанько А.А. Агрогеографическая оценка земельных ресурсов и их использование в районах Дальнего Востока. – Владивосток: Изд-во ДВО РАН, 1992. – 114 с.
13. Хавкина Н.В. Органическое вещество почв низких террас Приханкайской равнины // Сообщение ДФ СО АН СССР. – 1962. – Вып. 16. – С. 81–85.
14. Хавкина Н.В. Гумус основных типов почв Западно-Приморской равнины // Генезис бурых лесных почв / БПИ ДВНЦ АН СССР. – Владивосток, 1972. – Т. 10. – С. 126–132.
15. Шляхов С.А. Техногенные поверхностные образования в местах золотодобычи на Буреинском нагорье. – Владивосток, 2002. – 36 с.

