

УДК 631.4; 581.55

**ЗАПАСЫ РАСТИТЕЛЬНОГО ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА
И ПРОЦЕССЫ ГУМУСОНАКОПЛЕНИЯ В ПОЧВАХ ТЕХНОГЕННЫХ
ЛАНДШАФТОВ НА ЮГЕ ПРИМОРЬЯ**

Пуртова Л.Н., Сибирина Л.А., Полохин О.В.

*Биолого-почвенный институт Дальневосточного отделения Российской академии наук,
Владивосток, e-mail: o.polokhin@mail.ru*

Исследованы вопросы сингенетического развития почв в связи с процессами восстановления растительности техногенных ландшафтов. С использованием аналитических и спектрофотометрических методов проведены расчеты содержания гумуса, интегрального отражения почв; определены запасы растительного органического вещества, определена таксономическая принадлежность растений. Исследования проводились на самозарастающем отвале вскрышных и вмещающих пород по техногенной катене. Показано, что стадии развития растительности и молодых почв зависят от положения их в рельефе. Наибольшая скорость накопления, разложения и трансформации органического вещества наблюдается в трансаккумулятивных и аккумулятивных позициях техногенных ландшафтов. На элювиальных позициях биогеоценозы эволюционируют медленнее. Установлено, что накопление растительного органического вещества и проявления гумусообразовательного процесса в почвах во многом связано со стадиями развития фитоценоза.

Ключевые слова: гумус, почвы, сингенетичность, органическое вещество, растительность

**STOCK OF PLANT ORGANIC MATTER AND HUMUS ACCUMULATION
PROCESSES IN SOILS OF MAN-MADE LANDSCAPES IN THE SOUTH PRIMORYE**

Purtova L.N., Sibirina L.A., Polokhin O.V.

*Institute of Biology and Soil Science, Far Eastern Branch, Russian Academy of Science (IBSS FEB RAS),
Vladivostok, e-mail: o.polokhin@mail.ru*

The questions of syngenetic formations of soils in connection with the development processes of the restoration vegetation on the men-affected landscapes are researched. The analytical and spectrophotometric methods have been used to calculate a humus content and integrated reflection of soils. The taxonomic belonging of plants has been defined. The researches were made on technogenic catena. It has been shown that development stages of vegetation and young soils depend on the position in a relief. As a result of vegetation studying on different elements of a relief it is established that the greatest speed of accumulation and transformation of organic substance is observed in transaccumulative and accumulative positions of man-made landscapes. The biogeocenoses on the eluvial positions are developed more slowly. It has been found out that the accumulation of plant organic matter and humus formation process in soil is connected with the phytocenosis stage developments.

Keywords: humus, soils, syngenetic, organic matter, vegetation

При добыче угля открытым способом на юге Приморья коренным образом изменяется сложившееся стабильное состояние природных экосистем. Возникают техногенные ландшафты, нередко имеющие облик техногенных пустынь, лишенных растительности и почвенного покрова. В связи с этим наиболее актуальными стали вопросы рекультивации нарушенных земель, решение которых необходимо проводить с учетом естественного формирования фитоценозов и направленности почвообразовательного процесса. При этом необходимо уделить особое внимание исследованию формирующихся запасов фитомассы. Связано это с тем, что в процессе посттехногенного формирования экосистем происходит изменение в основных потоках поступления энергии, связанной с органическим веществом растительного происхождения. Соотношение энергии в виде энергии связи в органическом веществе, сформированном в процессе фотосинтеза, и дальнейшей её трансформации в ходе гумусообразовательного процесса, во многом обуславливают эколо-

гическую стабильность формирующихся экосистем [10]. Потенциальным источником органического вещества, формирующихся почв, в период их посттехногенного развития, можно считать все компоненты биоценоза, которые попадают на поверхность почвы или в её толщу и участвуют в процессе почвообразования [9]. Растительное вещество, сосредоточенное в фитомассе надземной (зеленая фитомасса, ветошь, подстилка) и подземной (живые и мертвые подземные органы), дает основной материал, из которого формируется органическое вещество почв [6, 12]. Между тем в связи со спецификой климатических условий юга Дальнего Востока, в зависимости от временного интервала становления регенерационных экосистем в техногенных ландшафтах здесь процесс гумусонакопления проявляется по-разному, отражаясь как в облике формирующегося почвенного профиля, так и в содержании гумуса и его запасах [3].

Целью данной работы явилось изучение сингенетичности процессов почвообразования и накопления растительного органиче-

ского вещества в формирующихся почвах техногенных ландшафтов в период их пост-техногенного формирования.

Материалы и методы исследования

Объект исследований – растительность и почвы, сформированные на внешнем 20-летнем отвале угольного разреза Павловский-2, расположенного в Приморском крае в 20 км к северу от г. Уссурийска. Разрез разрабатывается открытым способом. Геоморфологически отвал представляет собой невысокие гряды гребневой формы и рассматривается как техногенная формирующаяся катена [7]. Исследования велись на отвале по трем основным позициям: на вершине – элювиальная (площадка №3), на склоне – трансаккумулятивная (площадка №2) и у подножия аккумулятивная позиция (площадка №1). В работе использована классификация почв, предложенная Н.М. Костенковым с соавторами [8]. Физические и физико-химические свойства почв определялись общепринятыми аналитическими и спектрофотометрическими методами исследований [5]. Определение гумуса проводили по методу Тюрина [1]. Интегральное отражение почв рассчитано по методике, разработанной Н.А. Михайловой [5]. Запасы растительного органического вещества определены по методике Н.И. Базилевич, А.А. Титляновой с соавт. [12]. Названия растений приведены по сводке [10].

Результаты исследования и их обсуждение

При добыче бурого угля открытым способом на поверхность выносятся тяжело суглинистые, глинистые и песчано-галечниковые породы. Формирование почв в пределах Приморского края в фазу посттехногенного почвообразования происходит в условиях наибольшей континентальности климата. Согласно схеме гидротермического районирования юга Дальнего Востока, район исследований относится к Приханкайской гидротермической провинции и входит в юго-западный округ [9]. Для него свойственно теплое и дождливое лето со значительным выпадением годового количества осадков (до 700 мм). Сумма активных температур достигает 2450–2500°. Климатические особенности накладывают отпечаток на развитие растительности, формирование почв и направленность процессов гумусонакопления.

Как показали результаты проведенных исследований, для 20-летних отвалов характерны высокие показатели запасов растительного органического вещества (табл. 1).

Таблица 1

Запасы растительного органического вещества на мониторинговых площадках угольного разреза Павловский-2 ($M \pm m$)

Номер площадки, местоположение на катене	Почвы	Запасы, г/м ²		
		фитомасса надземная	мортмасса	общий запас растительного органического вещества
1. Аккумулятивная позиция	Литостраты гумусово-аккумулятивные	414,5 ± 30,1	345,1 ± 25,8	759,6 ± 102,4
2. Транс-аккумулятивная позиция	Литостраты дерновые	430,2 ± 24,8	389,6 ± 40,1	819,8 ± 90,2
3. Элювиальная позиция	Литостраты инициальные	76,9 ± 12,3	25,0 ± 3,2	133,3 ± 20,8

Основной вклад в формирование растительного органического вещества на площадке №1 (аккумулятивная позиция) внесли представители семейств *Asteraceae* (ястребинка зонтичная (*Hieracium umbellatum* L.), полыни: Арги *Artemisia argyi* Levl et Vaniot и тенистая *Artemisia umbrosa* (Bess.) Turcz. ex DC.) и *Fabaceae* (клевер луговой *Trifolium pratense* L.), тогда как на площадке №2 (трансаккумулятивная позиция) *Asteraceae* (полыни) и *Poaceae* (вейник наземный *Calamagrostis epigeios* (L.) Roth) (табл. 2).

В пределах пробных площадок, сформированных на аккумулятивной позиции отвала вскрышных и вмещающих пород, запасы фитомассы несколько меньше, по сравнению с трансаккумулятивными, что, на наш взгляд, связано с более благоприятным создающимся гидротермическим режимом.

В таких условиях (на трансаккумулятивных позициях) сформировались литостраты

дерновые (переходящие в гумусово-аккумулятивные) и литостраты гумусово-аккумулятивные (аккумулятивные позиции). Общий запас растительного органического вещества (фитомасса + мортмасса) на площадке 2 значительно превышал таковой, по сравнению с типичными почвами холмисто-увалистых равнин – темногоумусовых подбелов типичных. В последних запасы надземной фитомассы составили 191,57 г/м², мортмассы 148,80 г/м², а общий запас 340,37 г/м².

Показатель соотношения мортмассы (М) и надземной фитомассы (НФ) на площадках 1 и 2 несколько отличались (0,83; 0,91). Значительное накопление мортмассы обусловлено, на наш взгляд, явной заторможенностью процессов разложения растительного органического вещества микрофлорой. Для формирующихся почв на отвалах вскрышных пород свойственна сильноокислая реакция среды (табл. 3).

Таблица 2

Флористическая характеристика растительных ассоциаций и соотношение мортмассы и наземной фитомассы на мониторинговых площадках

Семейства	Количество видов, %	Процент от запасов наземной фитомассы	Мортмасса, % от общего запаса	М:НФ
<i>Площадка №1. Аккумулятивная позиция</i>				
Asteraceae	58,0	57,8	45,5	0,83
Equisetaceae	14,0	3,2		
Fabaceae	14,0	34,8		
Poaceae	14,0	4,2		
<i>Площадка №2. Трансаккумулятивная позиция</i>				
Asteraceae	52,0	48,8	47,5	0,91
Equisetaceae	16,0	2,8		
Fabaceae	16,0	9,2		
Poaceae	16,0	39,2		
<i>Площадка №3. Элювиальная позиция</i>				
Asteraceae	50,0	60,7	42,3	0,73
Equisetaceae	33,0	39,1		
Fabaceae	17,0	0,2		

Примечания: М – мортмасса; НФ – наземная фитомасса.

Таблица 3

Содержание гумуса и кислотность почв техногенных ландшафтов

Номер площадки, местоположение на катене	Почвы	рН		Гумус, %, (M ± m)
		рНвод	рНсол	
1. Аккумулятивная позиция	Литостраты гумусово-аккумулятивные	5,36	4,38	3,00 ± 0,61
2. Трансаккумулятивная	Литостраты дерновые	5,66	4,05	2,58 ± 0,24
3. Элювиальная	Литостраты органо-аккумулятивные	5,67	4,32	1,94 ± 0,22

Судя по содержанию гумуса в почвах, сформированных на трансаккумулятивных позициях, им свойственна эволюционно-динамичная стадия гумусонакопления. Это выражается как в формировании явно выраженных органо-генного и дернового горизонта, так и более высокими показателями содержания гумуса, по сравнению с литостратами инициальными на элювиальных позициях. Данная стадия гумусонакопления подтвердилась довольно высокими параметрами интегрального отражения почв ($R = 25,4\%$).

На аккумулятивных позициях основное количество растительного органического вещества привносится с представителями семейства *Fabaceae*, которые способствуют обогащению азотом почвы, что заметно активизирует микрофлору почв. В результате активизации процессов трансформации органического вещества микрофлорой несколько снижается количество мортмассы, усиливается поступление органических соединений, что приводит к активизации процессов гумусонакопления и свидетельствует о переходной к метастабильному состоянию стадии гумусонакопления и более устойчивом экологическом состоянии

формирующихся почв. Это нашло проявление в формировании маломощного темно-гумусового горизонта. Из-за увеличения содержания гумуса в поверхностном слое установлено снижение параметров интегрального отражения (до 22,8%).

В верхних частях склонов на отвалах вскрышных и вмещающих пород 20-летнего возраста на элювиальных позициях в составе растительности преобладали представители семейства *Equisetaceae* (хвощ полевой *Equisetum arvense* L.) и *Asteraceae* (тысячелистник обыкновенный *Achillea millefolium* L.). Накопление растительного органического вещества здесь явно низкое (76,93 г/м²), по сравнению с площадками на аккумулятивной и трансаккумулятивной позициях. При этом наблюдается фрагментарное накопление мортмассы, что свидетельствует о переходе инициальной стадии развития литостратов в эволюционно-динамичную стадию гумусонакопления. В таких условиях формировались литостраты органо-аккумулятивные с довольно низким уровнем содержания гумуса и довольно высокими параметрами интегрального отражения почв (26,0%).

Заключение

Таким образом, установлено, что в зависимости от занимаемого положения в рельефе (элювиальная, трансаккумулятивная, аккумулятивная позиция), на отвалах вскрышных и вмещающих пород Павловского угольного месторождения, исследуемые мониторинговые площадки различались по запасам фитомассы и показателя соотношения мортмассы (М) и фитомассы (НФ). Наиболее низкие показатели М:НФ свойственны для литостратов, формирующихся на элювиальных позициях. В составе растительных сообществ доминируют представители семейства *Asteraceae* и *Equisetaceae*. Молодые почвы находятся на эволюционно-динамичной стадии гумусообразования. В таких условиях формируются литостраты органо-аккумулятивные. На трансаккумулятивных позициях в составе растительности преобладали представители семейств *Asteraceae* и *Poaceae*, увеличивается соотношение М:НФ, а процесс гумусообразования переходит в более ярко выраженную эволюционно-динамическую стадию. В таких условиях формируются литостраты дерновые, переходящие в гумусово-аккумулятивные, для которых свойственно наличие типодиагностических горизонтов АО и АУ, а также увеличение содержания гумуса в поверхностном слое и снижение интегральное отражения почв. На аккумулятивных позициях преобладание в составе растительности представителей семейства *Fabaceae* способствует обогащению гумуса азотом, явно активизируются процессы разложения растительного органического вещества. Это проявляется в сокращении запасов мортмассы, снижении соотношения М:НФ. Формируется мало-мощный темно-гумусовый горизонт (АУ). Возрастание содержания гумуса приводит к явному снижению параметров интегрального отражения почв.

Список литературы

1. Аринушкина Е.В. Агрохимические методы исследования почв. – М.: Изд-во Наука, 1975. – 656 с.
2. Гумусообразование в техногенных экосистемах / С.С. Трофимов, Н.Н. Наплекова, Е.Р. Кандрашин и др. – Новосибирск: Наука, 1986. – 165 с.
3. Костенков Н.М., Пуртова Л.Н. Общие закономерности формирования почв на отвальных породах и их гумусовое состояние // Вестник. КрасГАУ. – 2009. – №6. – С. 17–22.
4. Методы изучения биологического круговорота в различных природных зонах / Н.И. Базилевич, А.А. Титлянова, В.В. Смирнов и др. – М.: Мысль, 1978. – 183 с.
5. Михайлова Н.А., Пуртова Л.Н. Оптико-энергетические методы в экологии почв. – Владивосток: Дальнаука, 2005. – 80 с.
6. Подземные органы растений в травяных экосистемах / А.А. Титлянова, Н.П. Косых, Н.П. Мироничева-Токарева и др. – Новосибирск: Наука, 1996. – 128 с.
7. Полохин О.В. Специфика преобразования минеральных форм фосфатов при почвообразовании в техногенных

ландшафтах // Сибирский экологический журнал. – 2007. – № 5. – С. 843–847.

8. Почвы ландшафтов Приморья (Рабочая классификация): учебное пособие / Н.М. Костенков, О.В. Нестерова, Л.Н. Пуртова и др. – Владивосток: Изд-во ДФУ, 2011. – 112 с.
9. Родин Л.Е., Базилевич Н.И. Динамика органического вещества и биологический круговорот в основных типах растительности. – М.; Л.: Наука, 1965. – 253 с.
10. Сосудистые растения советского Дальнего Востока. – СПб.: Наука, 1985–1996. Т. 1–8.
11. Степанко А.А. Агрогеографическая оценка земельных ресурсов и их использование в районах Дальнего Востока. – Владивосток: Дальнаука, 1992. – 115 с.
12. Сукцессии и биологический круговорот в основных типах растительности / А.А. Титлянова, Н.А. Афанасьев, Н.Б. Наумова и др. – Новосибирск: Наука, 1993. – 157 с.

References

1. Arinushkina E.V. *Agrohimicheskie metody issledovaniya pochv* [Agrochemical methods of research of soils]. Moscow, Nauka, 1975. 656 p.
2. Trofimov S.S., Naplekova N.N., Kandrashin E.R., Fatkulina F.A., Stebaeva S.K. *Gumusoobrazovanie v tehnogennykh jekosistemah* [Humus in the man-made ecosystems]. Novosibirsk, Nauka, 1986. 165 p.
3. Kostenkov N.M., Purtova L.N. *Vestnik. KrasGAU*, 2009, no. 6, pp. 17–22.
4. Bazilevich N.I., Titlyanova A.A., Smirnov V.V., Rodin L.E., Nechaeva N.T., Levin F.I. *Metody izuchenija biologicheskogo krugovorota v razlichnykh prirodnykh zonah* [Methods for studying the biological cycle in a variety of natural areas]. Moscow, Mysl, 1978. 183 p.
5. Mikhailova N.A., Purtova L.N. *Optiko-jenergeticheskie metody v jekologii pochv* [Optical and energetically method in ecology of soils]. Vladivostok, Dalnauka, 2005. 80 p.
6. Titlyanova A.A., Kosyh N.P., Mironycheva-Tokareva N.P., Romanova I.P. *Podzemnye organy rastenij v travjanykh jekosistemah* [Underground organs of plants in the grass ecosystems]. Novosibirsk, Nauka, 1996. 128 p.
7. Polohin O.V. *Contemporary Problems of Ecology*, 2007, no. 5, pp. 843–847.
8. Kostenkov N.M., Nesterova O.V., Purtova L.N., Derbeneva A.M., Krupskaya L.G., Nazarkina A.V., Pilipushka V.N., Semal V.A., Starozhilov V.T. *Pochvy landshaftov Primor'ja (Rabochaja klassifikacija). Uchebnoe posobie* [Soils of landscapes of Primorye (Working classification). The manual]. Vladivostok, Far Eastern State University, 2011. 112 p.
9. Rodin L.E., Bazilevich N.I. *Dinamika organicheskogo vewestva i biologicheskij krugovorot v osnovnykh tipah rastitel'nosti* [Dynamics of organic matter and biological cycle of nitrogen and ash elements in the major vegetation types of the globe]. Moscow: Leningrad, Nauka, 1965. 253 p.
10. *Sosudistye rastenija sovetskogo Dalnego Vostoka* [Vascular plants of the Soviet Far East]. St. Petersburg, Nauka, 1985–1996. Vol. 1–8.
11. Stepanko A.A. *Agrogeograficheskaja ocenka zemelnykh resursov i ih ispolzovanie v rajonah Dalnego Vostoka* [Agrogeographical evaluation of land resources and their use in the Far East]. Vladivostok, Dalnauka, 1992. 115 p.
12. Titlyanova A.A., Afanasev N.A., Naumova N.B., Andrievskiy V.S., Artamonova V.S. *Sukcessii i biologicheskij krugovorot v osnovnykh tipah rastitel'nosti* [Succession and the biological cycle in the main types of vegetation]. Novosibirsk, Nauka, 1993. 157 p.

Рецензенты:

Пивкин М.В., д.б.н., доцент, ведущий научный сотрудник лаборатории микробиологии Тихоокеанского института биоорганической химии ДВО РАН, г. Владивосток.

Селедец В.И., д.б. н., старший научный сотрудник, ведущий научный сотрудник лаборатории биогеографии и экологии Тихоокеанского института географии ДВО РАН, г. Владивосток.

Работа поступила в редакцию 15.02.2012.