

Summary. The aim of the work is to design and justify the elements of energy and resource saving technology of intensified virus-free potato seed production under the conditions of northern Preobye forest-steppe. Experimental data were obtained in leached chernozems of Novosibirsk rayon in Novosibirsk region in 2012–2014. Sanitation of the planting stock of 18 potato cultivars of different ripening groups was carried out. Potential possibilities of green cutting were established to provide the enhanced coefficient of propagation up to 1:16. when an initial tuber is exposed to growth regulators. When apical meristems are exposed to physiologically active substances at tubers sprouting, the propagation coefficient reaches 1 : 27. Hydroponic installations used in the fall-winter period are identified to allow for 2.8 fold enhance in seed productivity of sanitation recovered potato versus the growing of virus-free mini-tubers in rolls and green houses. In the spring-summer period the most efficient technique of propagation is to transplant the meristem plants to the rolls with mechanized planting in isolated field plots. It is shown that the technology of production of sanitation recovered seed potato must provide for the techniques which intensify potato growth and development: seed stock green sprouting, early date planting, balanced mineral nutrition, voluminous hilling, integrated ecology-based protection against pests. Intensified seed production of new regionalized and promising potato cultivars allows for considerable enhance (2–2.5 fold) in yielding of marketable potato with good quality and storage, provides cultivar potential with high energy and economic efficiency of potato produce.

УДК 631.618

ОЦЕНКА СОДЕРЖАНИЯ ГУМУСА В ПОЧВАХ РЕКУЛЬТИВИРОВАННЫХ ОТВАЛОВ УГОЛЬНЫХ РАЗРЕЗОВ КУЗБАССА*

И. Н. Госсен, кандидат биологических наук
Д. А. Соколов, кандидат биологических наук
Институт почвоведения
и агрохимии Сибирского отделения РАН
E-mail: sokolovdenis@mail.ru

Ключевые слова: гумус, эмбриоземы, техногенные ландшафты, почвенный азот, рекультивация, литогенное органическое вещество, педогенное органическое вещество

Реферат. На основе предложенного авторами подхода, опирающегося на функциональные особенности педогенного органического вещества, определено содержание гумуса в почвах отвалов каменноугольных разрезов, рекультивированных по различным технологиям. Показано, что специфике трансформации систем органических веществ в исследуемых почвах отражает распределение по профилю азотсодержащих органических веществ. Этот показатель наиболее достоверен при оценке содержания гумуса в инициальных эмбриоземах, где потребление азота растениями минимально, и в гумусово-аккумулятивных, где происходит депонирование педогенного органического вещества. Выявлено увеличение содержания гумуса в эволюционном ряду почв в среднем от 2,4 % в инициальных до 3,6 и 4,2 % соответственно в органо-аккумулятивных и дерновых и более 4,7 % в гумусово-аккумулятивных эмбриоземах. Установлено, что содержание гумуса в эмбриоземах в большей степени зависит от применяемой технологии рекультивации и стадии почвообразования и в меньшей степени – от состояния системы органических веществ, унаследованной от почвообразующих пород.

Исторически так сложилось, что значительная часть крупнейших угледобывающих центров в Сибири приурочена к районам, наиболее пригодным для земледелия. К примеру, в таком промышленно развитом регионе, как Кемеровская область, отвалы вскрышных и углевлещающих пород занимают более 40 тыс. га территории, на

которой ранее были распространены черноземы [1]. Сопоставимые площади характерны также для Красноярского края и Иркутской области. И это неслучайно, поскольку наиболее плодородные черноземы формируются там, где вблизи от поверхности залегают мощные угольные пласты [2–4]. Эта закономерность сыграла не последнюю роль в пери-

* Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант № 14-04-31100).

од активной колонизации Сибири и впоследствии, на этапе становления промышленности, во многом определила обеспеченность перечисленных регионов трудовыми ресурсами [5].

Сегодня, когда темпы угледобычи открытым способом увеличиваются с каждым годом, а площади сельскохозяйственных земель стремительно уменьшаются, остро стоит вопрос о возвращении бывшим промышленным территориям их прежних функций. Достигается это путем рекультивации, направленной на стимуляцию самовосстановления экосистем техногенных ландшафтов посредством формирования условий для развития почвообразовательных процессов.

Как известно, отличительной особенностью почвообразовательного процесса, протекающего на отвалах угольных разрезов, является высокая пространственная изменчивость по содержанию углерода и других показателей химического состояния [6]. В первую очередь это объясняется высоким содержанием угля в слагающих отвалы породах и особенностями естественного возобновления растительности. В результате традиционные методы оценки почвенного плодородия, основанные на определении содержания гумуса в почвах, не дают достоверной информации [7]. Поэтому для оценки почвенно-экологического состояния и определения пригодности техногенных ландшафтов для последующего использования необходима разработка подходов к характеристике их гумусного состояния.

В отечественной литературе исследованию процессов гумусообразования в почвах отвалов угольных разрезов уделяется немалое внимание. Оценка содержания гумуса в почвах проводилась для техногенных ландшафтов Дальнего Востока [8–9], Средней Сибири [10–11], Западной Сибири [7, 12–13] и Урала [14]. Однако для большинства выполняемых работ в качестве объектов исследований выбирались участки с минимальным содержанием в почвах углистых частиц. Поэтому в настоящее время в литературе существуют только единичные исследования, посвященные выявлению специфики накопления педогенного углерода (гумуса) на «угольном фоне». Делались попытки установить содержание гумуса с использованием радиоуглеродных [15–16] и оптических методов [17], тяжелых жидкостей [12], окислительно-восстановительного фракционирования [18–19], определения среднего содержания углерода по профилю [20] и седиментационного разделения [21]. В методическом плане общим недостатком для всех этих подходов является то, что определе-

ние содержания углерода педогенной части производилось без учета функциональных особенностей гумуса почв [22].

Целью данной работы является оценка содержания педогенного углерода в почвах отвалов каменноугольных разрезов на участках, рекультивированных по различным технологиям.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Известно, что одной из основных функций гумуса является депонирование элементов питания, необходимых для осуществления продукционного процесса в наземных экосистемах. Как отмечал в своих работах еще И. В. Тюрин [23], для полноценного функционирования в почвах систем гумусовых веществ оптимальное соотношение между углеродом и азотом в корнеобитаемом слое должно быть 10:1. При этом, как известно, 98% азота почвы приходится на педогенное органическое вещество [3]. Однако в исследуемых почвах техногенных ландшафтов азот может содержаться как в гумусе, так и в углях. Причем в углях месторождений Кузбасса доля азота не превышает 4% по массе, т.е. соотношение C:N составляет более 25 [24]. Принимая во внимание то, что основная часть азота угля содержится не в ароматической, а в алифатической его части [25], и окисленные углистые частицы могут выполнять ряд функций педогенного органического вещества [21], можно с уверенностью отнести этот азот к гумусу. Таким образом, опираясь на установленное И. В. Тюриным оптимальное соотношение углерода и азота, можно принять, что педогенная составляющая органического углерода в исследуемых почвах в 10 раз превышает содержание азота. Рассчитав таким способом содержание его педогенной части ($C_{\text{пед}}$) по разнице между содержанием общего органического углерода ($C_{\text{орг}}$), мы получаем и содержание литогенной составляющей органических веществ ($C_{\text{лит}}$). Предлагаемый способ определения органических веществ позволяет нам косвенно определить содержание гумуса в почвах, обогащенных углистыми частицами.

В качестве объектов исследований были выбраны почвы отвалов Листвянского углеразреза, расположенные в лесостепной зоне Кузнецкой котловины и рекультивированные по наиболее распространенной в регионе неселективной технологии отвалообразования (без нанесения потенциально плодородных пород и плодородного слоя почвы). Исследовались почвы участков лес-

ной рекультивации, представленные посадками сосны, а также сельскохозяйственной, которые засеивались многолетними травами. Кроме того, рассматривались также участки естественного зарастания, где рекультивация заключалась только в выравнивании поверхности отвала.

Все участки представляют собой 35-летние спланированные бестранспортные отвалы плотных осадочных пород (аргиллиты, алевролиты и песчаники). В состав субстрата также входит уголь, содержание которого для данных участков достигает 10% и более. Содержание каменистых фракций в профиле превышает 70%, мелкозема составляет от 7 до 25, физической глины – от 2 до 8%.

Проведенные описания почвенных профилей выполнялись на основе классификации почв техногенных ландшафтов, разработанной И. М. Гаджиевым и В. М. Курачевым [26]. В соответствии с ней на исследуемых участках были выделены инициальные, органоаккумулятивные, дерновые и гумусово-аккумулятивные эмбриоземы. Как указывают авторы используемой нами классификации, каждому типу эмбриоземов соответствует определенная стадия почвообразования, диагностируемая по выраженности органоаккумулятивного, дернового или гумусово-аккумулятивного процессов.

Участок № 1 по окончании горно-технического этапа рекультивации оставлен под естественное зарастание. Общая площадь данного участка 6,8 га. В результате проведенного детального почвенного картографирования были определены соотношения площадей, занимаемых различными местообитаниями, и сформировавшиеся на данном поле рекультивации почвы. На долю эмбриоземов инициального типа приходится 12%, органоаккумулятивного – 25, дернового и гумусово-аккумулятивного – 48 и 15% соответственно.

На участке № 2 (лесной рекультивации) после проведенной планировки была произведена посадка древесных культур сосны и облепихи. Площадь его 5,2 га. На этой территории в связи с высокой густотой посадки (около 4500 сосен на 1 га) не сформирован травянистый ярус, и весь участок представлен одним единственным типом эмбриоземов органоаккумулятивных.

Площадь участка № 3 – 8,4 га. Здесь после формирования отвала была проведена полная планировка поверхности с последующим посевом смеси эспарцета песчаного (*Onobrychis arenaria* DC.) и костреца безостого (*Bromus inermis* Leyss.). На участке сформировались эмбриоземы органоаккумулятивные и дерновые, занимающие 51,5 и 48,5%.

Оценка гумусного состояния молодых почв при различных технологиях рекультивации проводилась с учетом не только содержания углерода, определяемого методом И. В. Тюрина [23]. Во внимание принималось также содержание общего азота, определяемое методом Кьельдаля [27], флористический состав растительных группировок рассматриваемых участков и величина надземной фитомассы.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Проведенные исследования показали, что инициальный эмбриозем на участке № 1 (естественное зарастание) характеризуется минимальным содержанием педогенного углерода. Оценивая его распределение по профилю, отметим незначительное увеличение в верхнем 10-сантиметровом слое, в то время как ниже 20 см содержание $C_{\text{пед}}$ практически неизменно (рис. 1). Совершенно иная картина свойственна дифференциации литогенной составляющей систем органических веществ эмбриоземов. В верхней части профиля содержание $C_{\text{лит}}$ минимально и не превышает 5%, а ниже существенно увеличивается. Содержание $C_{\text{орг}}$ также увеличивается вниз по профилю.

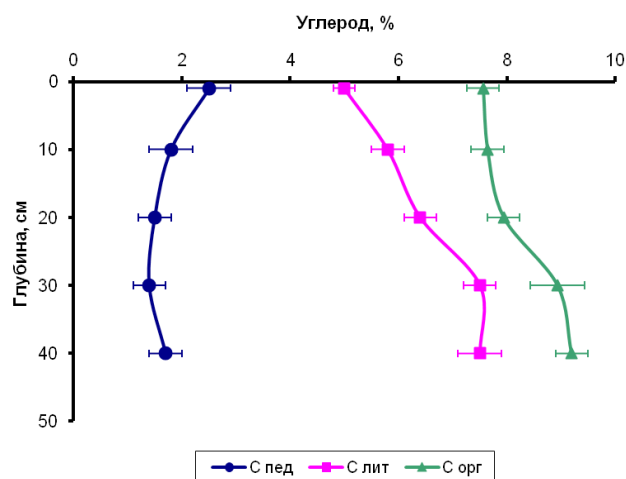


Рис. 1. Распределение педогенного и литогенного углерода в профиле инициального эмбриозема при естественном зарастании

Подобная дифференциация свидетельствует о том, что для инициального эмбриозема свойственно незначительное содержание углерода, способного участвовать в биохимических процессах. Общую картину по $C_{\text{орг}}$ в почвенном профиле определяют углистые частицы, содержание которых увеличивается вниз по профилю. Это говорит о более активном преобразовании литогенных

Состав растительных группировок и величина надземной фитомассы растений на исследуемых участках

Тип эмбриозема	Растительная группировка	Естественное зарастание		Сельскохозяйственная рекультивация	
		Преобладающие виды	НФ*, г/м ²	Преобладающие виды	НФ, г/м ²
Инициальный	Пионерная	<i>Tussilago farfara</i> , <i>Melilotus officinalis</i> , <i>Trifolium pratense</i>	65	—	—
Органо-аккумулятивный	Простая	<i>Melilotus albus</i> , <i>Trifolium pratense</i> , <i>Artemisia sieversiana</i>	106	<i>Onobrychis arenaria</i> , <i>Bromus inermis</i>	262
Дерновый	Сложная	<i>Dactylis glomerata</i> , <i>Festuca pratensis</i> , <i>Trifolium pratense</i>	364	<i>Bromus inermis</i> , <i>Onobrychis arenaria</i>	321
Гумусово-аккумулятивный	Замкнутый фитоценоз	<i>Festuca pratensis</i> , <i>Agrostis gigantea</i> , <i>Calamagrostis epigeios</i>	402	—	—

* Величина надземной фитомассы.

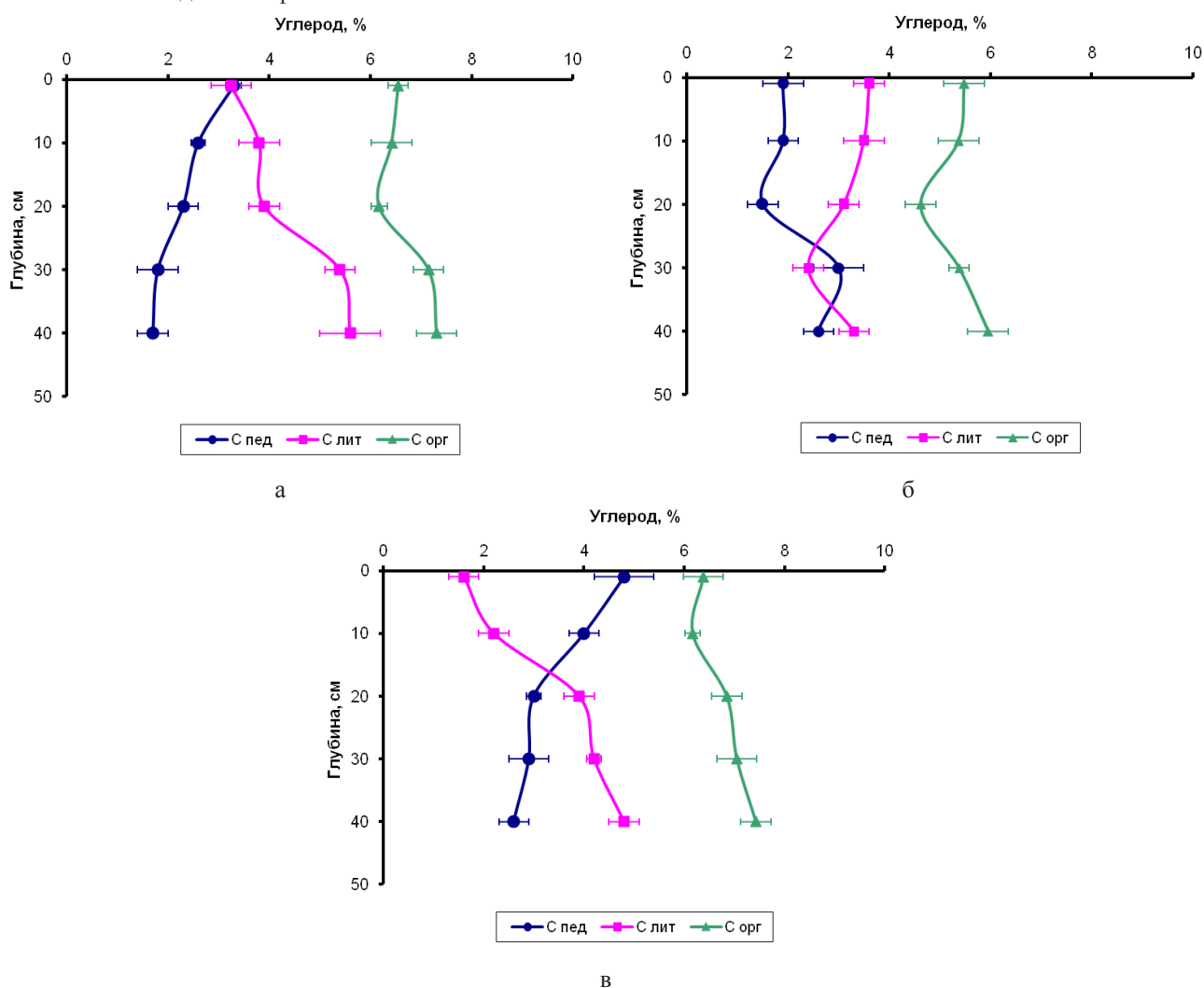


Рис. 2. Распределение педогенного и литогенного углерода в профиле органоаккумулятивного эмбриозема на участках: а – естественного зарастания; б – сельскохозяйственной рекультивации; в – лесной рекультивации

веществ в верхней части почвенного профиля. Однако закрепление продуктов такого преобразования в почвенном профиле посредством участия их в гумусообразовании не происходит.

Полученные данные позволяют судить о том, что на данной стадии развития фитоценоза только незначительная часть отмерших растительных остатков подвергается процессу гуми-

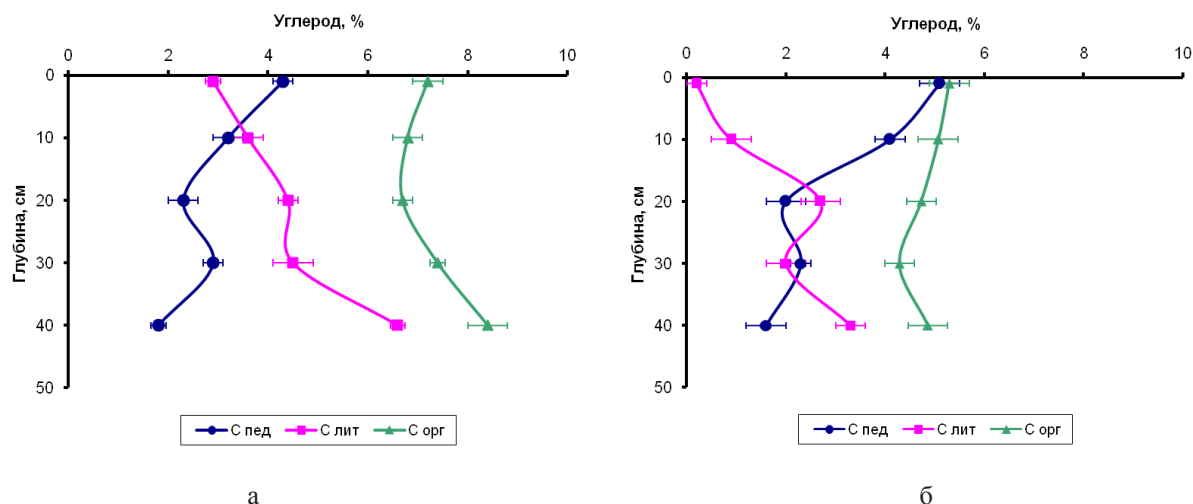


Рис. 3. Распределение педогенного и литогенного углерода в профиле дернового эмбриозема на участках: а – естественного зарастания; б – сельскохозяйственной рекультивации

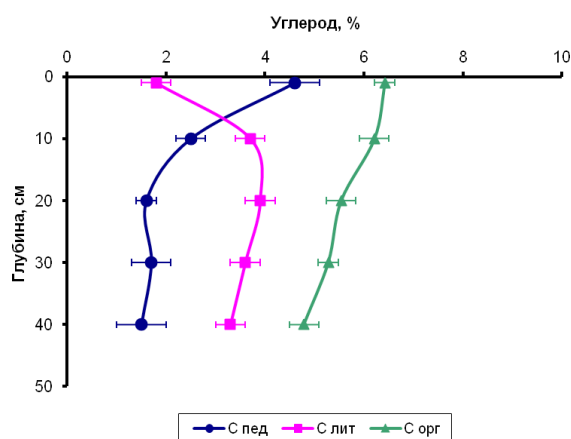


Рис. 4. Распределение педогенного и литогенного углерода в профиле гумусово-аккумулятивного эмбриозема на участках естественного зарастания

фикации и закрепляется в почвенном профиле. Интенсивность этих процессов, как указывалось выше, зависит от биомассы растений (таблица) и наличия в почве специфических микроорганизмов, которые регулируют эти процессы [7]. Так как на начальных этапах почвообразования фито- и микробоценозы развиты недостаточно, то процессы гумификации выражены слабо, и поэтому в эмбриоземе изначально наблюдается самое низкое содержание $C_{\text{пед}}$.

Анализируя распределение $C_{\text{пед}}$ и $C_{\text{лит}}$ в профилях органоаккумулятивных эмбриоземов, можно заметить, что соотношение их значений резко отличается, если сравнивать различные технологии рекультивации (рис. 2). По нашему мнению, такая зависимость обусловлена не спецификой распределения этих категорий, а содержанием в почвах азота и интенсивностью его потребления

растениями. Так, для участков лесной рекультивации, где потребление азота минимально, содержание в слое 0–10 см $C_{\text{пед}}$ вдвое превышает $C_{\text{лит}}$ (см. рис. 2, в). На участках сельскохозяйственной рекультивации, для которых характерна наибольшая величина надземной фитомассы (см. таблицу), а соответственно и больший вынос азота, содержание азота в верхней части профиля $C_{\text{пед}}$ практически вдвое ниже $C_{\text{лит}}$ (см. рис. 2, б).

В данном случае об интенсивности процессов образования педогенного органического вещества можно судить только по увеличению содержания $C_{\text{орг}}$ в верхней части почвенного профиля (см. рис. 2, а–в). Получается, что по мере развития фитоценоза происходит увеличение поступления органических веществ в субстрат отвала.

Проведенные исследования дифференциации $C_{\text{пед}}$ и $C_{\text{лит}}$ в профилях дерновых эмбриоземов на участках естественного зарастания и сельскохозяйственной рекультивации показывают, что соотношение их значений, так же как и в случае с предыдущим типом почв, отличаются при сравнении различных технологий рекультивации (рис. 3). Однако в верхней части профиля оба исследуемых объекта характеризуются большим содержанием $C_{\text{пед}}$. Разница между значениями $C_{\text{пед}}$ и $C_{\text{лит}}$ минимальна там, где выше величина надземной фитомассы, в данном случае на участке естественного зарастания (см. рис. 3, а).

Как показывают графики, отображающие распределение $C_{\text{пед}}$ и $C_{\text{лит}}$ в профиле следующего типа эмбриозема, для гумусово-аккумулятивной стадии формирования почв характерно значительное преобладание педогенного органического вещества (рис. 4). Причем такое соотношение со-

храняется при максимальной по сравнению с другими участками величине надземной фитомассы, что говорит о сбалансированности образовавшихся систем гумусовых веществ в рассматриваемом типе эмбриоземов.

Следует также обратить внимание на распределение $C_{орг}$. В данном случае мы видим схожий с зональными почвами профиль, характеризующийся постепенным уменьшением с глубиной содержания углерода. При этом важно отметить, что кривая, отражающая распределение $C_{орг}$, не имеет переломов в средней части профиля, как в ранее рассмотренных примерах. Это говорит о том, что на данной стадии происходит стабилизация процессов гумификации и минерализации.

В целом можно отметить, что материал отвалов исследуемых участков обогащен углеродом. Причем наибольшее количество $C_{орг}$ приходится на углистые частицы. Использование $C_{орг}$ для оценки гумусного состояния участков рекультивации неадекватно, так как углерод каменных углей и других пород практически не участвует в формировании плодородия исследуемых почв. Об этом свидетельствуют различные отношения $C_{пед}$ и $C_{лит}$, которые показывают степень преобразованности литогенного органического вещества, а также его азотонасыщенность.

ВЫВОДЫ

1. Специфику трансформации систем органических веществ в почвах отвалов каменноугольных разрезов характеризует распределение по профилю азотсодержащих органических веществ ($C_{пед}$). Этот показатель наиболее

достоверен при оценке содержания гумуса в инициальных эмбриоземах, где потребление азота растениями минимально, и в гумусово-аккумулятивных эмбриоземах, где происходит депонирование педогенного органического вещества.

2. На инициальной стадии формирования почв содержание гумуса существенно уступает содержанию литогенного углерода и характеризуется наименьшими значениями (в среднем 2,4%). В органоаккумулятивных и дерновых эмбриоземах содержание гумуса существенно увеличивается (от 3,6 до 4,2%) и может превысить содержание литогенного углерода. Однако, поскольку в органоаккумулятивных и дерновых эмбриоземах формирование горизонтов аккумуляции педогенных органических веществ не происходит, оценку гумусного состояния необходимо проводить с учетом потребления почвенного азота.
3. Гумусово-аккумулятивные эмбриоземы характеризуются максимальными значениями содержания педогенного углерода (более 4,7%). На данной стадии развития происходит стабилизация процессов гумификации и минерализации органического вещества.
4. Наиболее благоприятным почвенно-экологическим состоянием характеризуется участок естественного зарастания. Гумусное состояние почв отвалов каменноугольных разрезов в большей степени зависит от применяемой технологии рекультивации и стадии почвообразования, и в меньшей степени – от состояния системы органических веществ, унаследованной от почвообразующих пород.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Геоэкология угледобывающих районов Кузбасса* / В. П. Потапов, В. П. Мазикин, Е. Л. Счастливцев, Н. Ю. Вашлаева. – Новосибирск: Наука, 2005. – 660 с.
2. *Ильин Р. С.* К изучению Кузнецких угленосных отложений // Вестн. Зап.-Сиб. геологоразвед. упр. – 1931. – Вып. 2. – С. 30–35.
3. *Кононова М. М.* Органическое вещество почвы. – М.: Изд-во АН СССР, 1963. – 314 с.
4. *Хмелев В. А., Танасиенко А. А.* Черноземы Кузнецкой котловины. – Новосибирск: Наука, 1983. – 256 с.
5. *Всесоюзная перепись населения 1926 г.* – М.: ЦСУ СССР, 1928. – Т. II. – 309 с.
6. *Андроханов В. А., Курачев В. М.* Почвенно-экологическое состояние техногенных ландшафтов: динамика и оценка. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2010. – 224 с.
7. *Гумусообразование в техногенных экосистемах.* – Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1986. – 165 с.
8. *Костенков Н. М., Пуртова Л. Н.* Общие закономерности формирования почв на отвальных породах и их гумусовое состояние // Вестн. КрасГАУ. – 2009. – № 6. – С. 17–23.
9. *Комачкова И. В., Пуртова Л. Н.* Гумусное состояние и энергозапасы почв техногенных ландшафтов юга Приморья // Вестн. ТГУ. Биология. – 2012. – № 3. – С. 7–17.
10. *Шугалей Л. С., Горбунова Ю. В.* Формирование гумусовой системы инициальных почв техногенных ландшафтов под культурами сосны // Вестн. КрасГАУ. – 2006. – № 5. – С. 79–86.

11. Полохин О.В. Гумусное состояние молодых почв техногенных ландшафтов // Вестн. КрасГАУ. – 2010. – № 10. – С. 40–44.
 12. Фаткулин Ф.А. Органическое вещество молодых почв техногенных экосистем Кузбасса: автореф. дис. ... канд. биол. наук. – Новосибирск, 1988. – 17 с.
 13. Дзуреченский В.Г. Особенности содержания гумуса в эмбриоземах техногенных ландшафтов и в зональной почве лесостепной зоны Кузбасса // Сиб. эколог. журн. – 2011. – № 5. – С. 471–477.
 14. Махонина Г.И. Экологические аспекты почвообразования в техногенных экосистемах Урала. – Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2003. – 356 с.
 15. Quantification of lignite- and vegetation-derived soil carbon using ^{14}C activity measurements in a forested chronosequence / C. Rumpel, J. Balesdent, P. Grootes [et al.] // Geoderma. – 2003. – № 112. – P. 155–166.
 16. Ussiri D.A.N., Lal R. Method for determining coal carbon in the reclaimed mines soils contaminated with coal // Soil science society of America journal. – 2008. – № 72. – P. 231–237.
 17. Morphological and chemical properties of black carbon in physical soil fractions as revealed by scanning electron microscopy and energy-dispersive X-ray spectroscopy / S. Brodowski, W. Amelung, L. Haumaier [et al.] // Geoderma. – 2005. – № 128. – P. 116–129.
 18. Comparative analysis of black carbon in soils / M.W.I. Schmidt, J.O. Skjemstad, C.I. Czimczik [et al.] // Global Biogeochemical Cycles. – 2001. – № 15. – P. 163–167.
 19. Соколов Д.А. Окислительно-восстановительные процессы в почвах техногенных ландшафтовиков: автореф. дис. ... канд. биол. наук. – Новосибирск, 2009. – 17 с.
 20. Семина И.С. Оценка и рациональное использование природных ресурсов для рекультивации почв в горно-таежной зоне Кузбасса: автореф. дис. ... канд. биол. наук. – Новосибирск, 2011. – 19 с.
 21. Соколов Д.А. Специфика определения органических веществ педогенной природы в почвах техногенных ландшафтов Кузбасса // Вестн. ТГУ. Биология. – 2012. – № 2 (18). – С. 17–25.
 22. Ussiri D.A.N., Lal R. Methods for determination of coal carbon in reclaimed mines soils // Geoderma. – 2014. – № 214. – P. 155–167.
 23. Тюрин И.В. Органическое вещество почв и его роль в почвообразовании и плодородии. Учение о почвенном гумусе. – М.: Сельхозгиз, 1937. – 287 с.
 24. Угольная база России. Т. 2: Угольные бассейны и месторождения Западной Сибири (Кузнецкий, Горловский, Западно-Сибирский бассейны; месторождения Алтайского края и Республики Алтай). – М.: ООО «Геоинформцентр», 2003. – 604 с.
 25. Коммисаров И.Д., Логинов Л.Ф. Структурная схема и моделирование макромолекул гуминовых кислот // Гуминовые препараты: науч. тр. Тюмен. СХИ. – 1971. – Т. 14. – С. 131–142.
 26. Гаджиев И.М., Курачев В.М. Экология и рекультивация техногенных ландшафтов. – Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1992. – 305 с.
 27. Агрохимические методы исследования почв. – М.: Наука, 1975. – 436 с.
1. Geoekologiya ugledobyvayushchikh rayonov Kuzbassa. V.P. Potapov, V.P. Mazikin, E.L. Schastlivtsev, N. Yu. Vashlaeva. Novosibirsk: Nauka, 2005. 660 p.
 2. Il'in R.S. K izucheniyu Kuznetskikh uglennykh otlozheniy. Vestn. Zap.-Sib. geologorazved. upr. 1931. Вып. 2. pp. 30–35.
 3. Kononova M.M. Organicheskoe veshchestvo pochvy. M.: Izd-vo AN SSSR, 1963. 314 p.
 4. Khmelev V.A., Tanasienko A.A. Chernozemy Kuznetskoy kotloviny. Novosibirsk: Nauka, 1983. 256 p.
 5. Vsesoyuznaya perepis' naseleniya 1926 g. M.: TsSU SSSR, 1928. T. II. 309 p.
 6. Androkhonov V.A., Kurachev V.M. Pochvenno-ekologicheskoe sostoyanie tekhnogennykh landshaftov: dinamika i otsenka. Novosibirsk: Izd-vo SO RAN, 2010. 224 p.
 7. Gumusobrazovanie v tekhnogennykh ekosistemakh. Novosibirsk: Nauka. Sib. otd-nie, 1986. 165 p.
 8. Kostenkov N.M., Purtova L.N. Obshchie zakonomernosti formirovaniya pochv na otval'nykh porodakh i ikh gumusovoe sostoyanie. Vestn. KrasGAU. 2009. № 6. pp. 17–23.
 9. Komachkova I.V., Purtova L.N. Gumusnoe sostoyanie i energozapasy pochv tekhnogennykh landshaftov yuga Primor'ya. Vestn. TGU. Biologiya. 2012. № 3. pp. 7–17.
 10. Shugaley L.S., Gorbunova Yu.V. Formirovanie gumusovoy sistemy initial'nykh pochv tekhnogennykh landshaftov pod kul'turami sosny. Vestn. KrasGAU. 2006. № 5. pp. 79–86.

11. Polokhin O.V. *Gumusnoe sostoyanie molodykh pochv tekhnogennykh landshaftov*. Vestn. KrasGAU. 2010. № 10. pp. 40–44.
12. Fatkulina F.A. *Organicheskoe veshchestvo molodykh pochv tekhnogennykh ekosistem Kuzbassa*: avtoref. dis. ... kand. biol. nauk. Novosibirsk, 1988. 17 p.
13. Dvurechenskiy V.G. *Osobennosti soderzhaniya gumusa v embriozemakh tekhnogennykh landshaftov i v zonal'noy pochve lesostepnoy zony Kuzbassa*. Sib. ekolog. zhurn. 2011. № 5. pp. 471–477.
14. Makhonina G.I. *Ekologicheskie aspekty pochvoobrazovaniya v tekhnogennykh ekosistemakh Urala*. Ekaterinburg: Izd-vo Ural. un-ta, 2003. 356 p.
15. *Quantification of lignite- and vegetation-derived soil carbon using ¹⁴C activity measurements in a forested chronosequence*. C. Rumpel, J. Balesdent, P. Grootes [et al.]. Geoderma. 2003. № 112. pp. 155–166.
16. Ussiri D.A.N., Lal R. *Method for determining coal carbon in the reclaimed mines soils contaminated with coal*. Soil science society of America journal. 2008. № 72. pp. 231–237.
17. *Morphological and chemical properties of black carbon in physical soil fractions as revealed by scanning electron microscopy and energy-dispersive X-ray spectroscopy*. S. Brodowski, W. Amelung, L. Haumaier [et al.]. Geoderma. 2005. № 128. pp. 116–129.
18. *Comparative analysis of black carbon in soils*. M.W.I. Schmidt, J.O. Skjemstad, C.I. Czimczik [et al.]. Global Biogeochemical Cycles. 2001. № 15. pp. 163–167.
19. Sokolov D.A. *Okislitel'no-vosstanovitel'nye protsessy v pochvakh tekhnogennykh landshaftovikov*: avtoref. dis. ... kand. biol. nauk. Novosibirsk, 2009. 17 p.
20. Semina I.S. *Otsenka i ratsional'noe ispol'zovanie prirodnnykh resursov dlya rekul'tivatsii pochv v gornotaezhnoy zone Kuzbassa*: avtoref. dis. ... kand. biol. nauk. Novosibirsk, 2011. 19 p.
21. Sokolov D.A. *Spetsifika opredeleniya organicheskikh veshchestv pedogennoy prirody v pochvakh tekhnogennykh landshaftov Kuzbassa*. Vestn. TGU. Biologiya. 2012. № 2 (18). pp. 17–25.
22. Ussiri D.A.N., Lal R. *Methods for determination of coal carbon in reclaimed mines soils*. Geoderma. 2014. № 214. pp. 155–167.
23. Tyurin I.V. *Organicheskoe veshchestvo pochv i ego rol' v pochvoobrazovanii i plodorodii. Uchenie o pochvennom gumuse*. M.: Sel'khozgiz, 1937. 287 p.
24. *Ugol'naya baza Rossii*. T. 2: Ugol'nye basseyny i mestorozhdeniya Zapadnoy Sibiri (Kuznetskiy, Gorlovskiy, Zapadno-Sibirskiy basseyny; mestorozhdeniya Altayskogo kraya i Respubliki Altay). M.: OOO «Geoinformtsentr», 2003. 604 p.
25. Kommisarov I.D., Loginov L.F. *Strukturnaya skhema i modelirovanie makromolekul guminovykh kislot. Guminovye preparaty*: nauch. tr. Tyumen. SKhI. 1971. T. 14. pp. 131–142.
26. Gadzhiev I.M., Kurachev V.M. *Ekologiya i rekul'tivatsiya tekhnogennykh landshaftov*. Novosibirsk: Nauka. Sib. otd-nie, 1992. 305 p.
27. *Agrokhimicheskie metody issledovaniya pochv*. M.: Nauka, 1975. 436 p.

ESTIMATION OF HUMUS CONTENT IN THE SOILS OF COAL SECTION RECLAIMED HEAPS IN KUZBASS

I. N. Gossen, D. A. Sokolov

Key words: humus, embryoearts, (initial, organ-accumulative, cespitose, humus-accumulative), technogenic landscapes, soil nitrogen, reclamaiton, lithogenic organic substance, pedogenic organic substance

Summary. *On the basis of the approach suggested by the authors and resting on functional characteristics of pedogenic organic substance the content of humus is determined in soil heaps of coal-mining sections reclaimed following different technologies. It is shown that the distribution of nitrogen-containing organic substances across the profile reflects the specificity of organic substances transformation systems in the soils examined. This index is the most reliable in estimating the content of humus in initial embryoearts where nitrogen consumption by plants is minimum and in humus-accumulative ones where pedogenic organic substance is deposited. The humus content increase is revealed in the evolutionary series of soils, on average, from 2.4% in the initial soils to 3.6 and 4.2% in organ-accumulative and cespitose soils, respectively, the 4.7% increase being marked in humus-accumulative embryoearts. The content of humus in embryoearts is identified to depend much more on reclamation technology applied and soil formation stage, the same content depends much less on organic substances system status inherited from soil formation rocks.*