

ГУМУСОВЫЕ ВЕЩЕСТВА В ФОРМИРОВАНИИ СТРУКТУРНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ ПОЧВ ТЕХНОГЕННЫХ ЛАНДШАФТОВ

Изучены основные уровни структурной организации техноземов и эмбриоземов, созданных на отвалах угольных разрезов Назаровской котловины. Установлено, что компонентами, определяющими стабильность агрегатного уровня исследуемых почв, являются водорастворимые и щелочегидролизующие соединения подвижного гумуса.

Ключевые слова: техногенные ландшафты, техноземы, эмбриоземы, структурная организация почв, гумусовые вещества.

N.L. Kurachenko, M.V. Babaev

HUMIC SUBSTANCES IN THE STRUCTURAL ORGANIZATIONFORMATION OF THE ANTHROPOGENIC LANDSCAPESOILS

The basic levels of structural organization of tehnozemsand embryozemsdeveloped on the coal minedumps in Nazarovskaya basin are studied. It is established that the components determining the stability of the investigated soilaggregate level are water-soluble and alkali-hydrolyzed compounds of mobile humus.

Key words: anthropogenic landscapes, tehnozems, embryozems, soilstructural organization, humic substances.

Введение. Рост добычи ископаемых углей путем использования наиболее эффективного открытого способа разработки ведет к крупным потерям в земельном фонде страны вследствие нарушения почв, пригодных для использования в сельском и лесном хозяйстве. Эти преобразования приводят к появлению техногенных ландшафтов с набором местообитаний, свойства, режимы которых чаще всего лишь отдаленно напоминают аналогичные характеристики естественных экосистем [2, 9]. Изучение особенностей почвообразования в техногенных ландшафтах является актуальным вопросом, так как без восстановления основных почвенно-экологических функций техногенные ландшафты очень длительное время будут негативно влиять на экологическую обстановку в регионе. Исследования структурной организации почв, её формирования с участием гумусовых веществ позволяют оценить степень устойчивости функционирования почв техногенных ландшафтов.

Цель исследований. Изучить роль гумусовых веществ в формировании агрегатного уровня структурной организации почв техногенных ландшафтов, созданных в результате лесной и сельскохозяйственной рекультивации, а также зональных почв Назаровской котловины.

Объекты и методы исследований. Объектами исследований явились почвы, созданные на отвалах вскрышных пород Назаровского угольного разреза различными направлениями и способами рекультивации. Почвы техногенных ландшафтов являются идеальными объектами для определения скорости и направления отдельных стадий и элементарных почвообразовательных процессов. На наш взгляд, эти почвы также весьма удобны для решения теоретических проблем процесса структурообразования. Почвы техногенных ландшафтов изучались на примере Восточного, Сереженского и Бестранспортного отвалов. Объекты располагались на участках отвалов, прошедших лесорастительную и сельскохозяйственную рекультивацию. Восточный внутренний гидроотвал формировался в 1949–1955 гг. путем смыва вскрыши в понижения и был оставлен под естественное зарастание. В 1971 г. здесь были высажены культуры сосны обыкновенной. Сереженский гидроотвал формировался с 1968 по 1981 г. в обширной пойме реки Сережа. На данном отвале проведена сельскохозяйственная рекультивация. Бестранспортный отвал находится в стадии формирования с 1978 г., он представляет собой плакорную возвышенность в окружении системы грядобразных и конусных холмов и увалов из вскрышных пород, понижения заполнены водой. Культуры сосны были созданы в 1985 г. на площади 6 га. Выровненные участки, не покрытые лесными насаждениями, подвергались самозаращению и в настоящее время используются под пастбище. В качестве зональных почв нами рассмотрены старопашотная серая почва (серая лесная), а также агрочерноземы глинисто-иллювиальные (чернозем оподзоленный и выщелоченный), приуроченные к землепользованию ОАО «Назаровское». Почвы на отвалах, прошедших лесную рекультивацию, относятся к стволу постлитогенных [13]. Профили их находятся на начальных стадиях формирования (эмбриоземы), что определяется главным образом малой продолжительностью срока биопедогенного преобразования породы. Почвы техногенных ландшафтов, сформированные технологическими приемами сельскохозяйственной рекультивации и находящиеся в пастбищном использовании, имеют иное классификационное название – техноземы.

Отбор почвенных образцов для определения гранулометрического, микроагрегатного и структурно-агрегатного состава и содержания гумусовых веществ проводился до глубины 70 см методом колонки в каждом 10-сантиметровом слое почвы. Гранулометрический и микроагрегатный состав определялся пипет-методом по Н.А. Качинскому, структурный состав – по методу Н.И. Саввинова в 3-кратной повторности, водопрочность структурных отдельностей определялась на приборе И.М. Бакшеева в 6-кратной повторности [10]. В почвах также определяли следующие компоненты гумусовых веществ: гумус по И.В. Тюрину (Сгумуса) [3]; подвижный гумус (Спов), состоящий из водорастворимого гумуса (С_{Н2О}), – методом бихроматной окисляемости по И.В. Тюрину [3] и гидролизуемого щелочью (С_{NaOH} и в его составе Сгк и Сфк) по И.В. Тюрину в модификации [11].

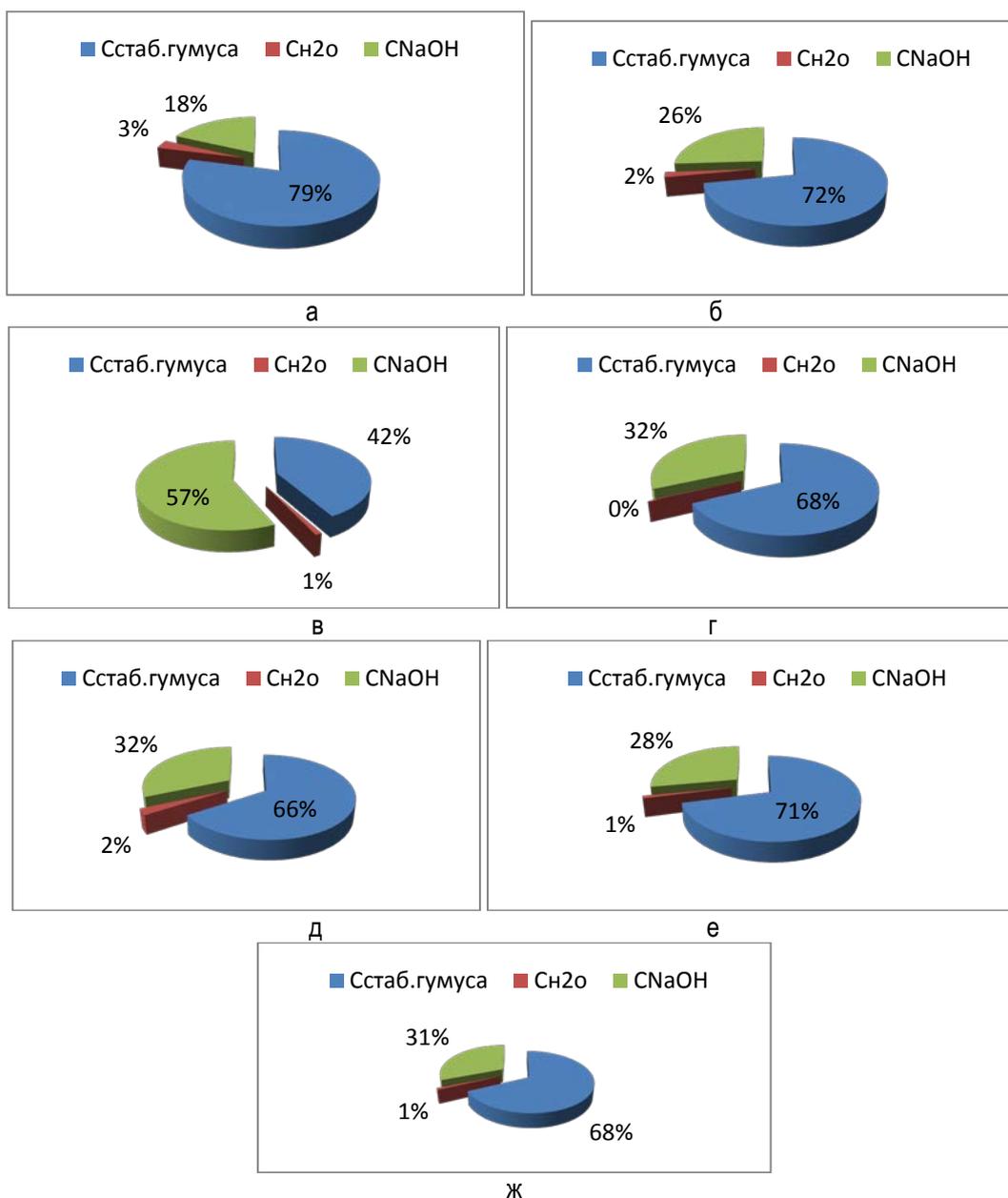
Результаты исследований и их обсуждение. Почва, как и любой объект, характеризуется несколькими уровнями структурной организации [4, 12]. Представление о структурных уровнях базируется на основе взаимоотношений составляющих элементов почвенной массы. На самых низких уровнях такими элементами являются элементарные почвенные частицы, соотношение которых в почве определяет её гранулометрический состав. Гранулометрический состав почв техногенных ландшафтов Назаровской котловины разнообразный, что определяется способом их формирования и характером вскрышных пород. Почва, сформированная на Восточном гидроотвале, диагностируется по гранулометрическому составу как легкосуглинистая иловато-мелкопесчаная. Технозем гумусово-аккумулятивный Сереженского гидроотвала имеет легкоглинистый иловато-пылеватый гранулометрический состав. Почвы Бестранспортного отвала в культурах сосны и на пастбище тождественны по гранулометрическому составу и характеризуются как среднесуглинистые пылевато-мелкопесчаные. Зональные серые почвы региона отличаются тяжелосуглинистым гранулометрическим составом, агрочерноземы – легкоглинистым.

Особенности гранулометрического состава почв определяют различную устойчивость агрегирующих связей микроструктуры. Эмбриозем Восточного гидроотвала характеризуется неудовлетворительной способностью к агрегированию. Почва характеризуется невысоким содержанием истинных микроагрегатов (26–19 %) и низким коэффициентом агрегированности (23–31 %). Микроагрегированность почвы, созданной на Сереженском гидроотвале, выражена хорошо. Она в полной мере соответствует черноземам естественного сложения. Подтверждением этому является высокое содержание истинных микроагрегатов (43–56 %) и высокий коэффициент агрегатности (80–87 %). Уровень микроагрегированности почв Бестранспортного отвала соответствует почве Восточного гидроотвала. Агрегирующая способность здесь выражена слабо. Коэффициент дисперсности под посадками сосны равен 16–20 %. На пастбище способность к образованию устойчивых микроагрегатов снижена более чем в два раза (16–45 %). Тяжелосуглинистый и легкоглинистый гранулометрический состав зональных почв определяет их высокий уровень микроструктурной организации твердой фазы, что определяется низкими коэффициентами дисперсности и высокими значениями содержания истинных микроагрегатов и коэффициента агрегированности.

Структурный состав характеризует более высокий и сложный агрегатный уровень организации почв [5]. Статистический анализ сравнения содержания агрономически ценных фракций и водостойчивых агрегатов свидетельствует, что структурно-агрегатный состав техногенных почв Назаровского угольного разреза различен. Он определяется способом рекультивации и характером произрастающей растительности. После ранжировки средних величин содержания агрономически ценных фракций и водопрочных агрегатов в 0–40-сантиметровом слое установлен следующий ряд техногенных почв Назаровской котловины: технозем Сереженского гидроотвала (85–89 %) > эмбриозем Бестранспортного отвала в культурах сосны (78–70 %) > технозем Бестранспортного отвала на пастбище (72–64 %) > эмбриозем Восточного гидроотвала (55–49 %). Специфика структурно-агрегатного состояния зональных почв Назаровской котловины полностью сопоставима с их морфологическим обликом. Почвы хорошо оструктурены, водопрочность структурных отдельностей имеет отличные и хорошие показатели. Таким образом, наименьшей оструктуренностью среди почв техногенных ландшафтов отличается эмбриозем грубогумусово-аккумулятивный Восточного гидроотвала. Для гумусово-аккумулятивной стадии посттехногенного почвообразования характерно нарастание интенсивности гумификационных процессов и уменьшение количества негумифицированных органических фрагментов [8]. Все это приводит к дифференциации профиля на генетические горизонты. Однако процессы аккумуляции продуктов гумификации и образования, устойчивые к биодegradации органо-минеральных компонентов и микроагрегатов, лимитируются низким содержанием в субстрате тонкодисперсных минеральных частиц.

Количество, состав и свойства органического вещества представляют наиболее важную часть почв, поскольку их накопление, разделение в твердой фазе и оформление специфической органо-минеральной фазы отражают наиболее глубокие стороны почвообразования. Одной из основных функций органического вещества почв является формирование их агрегатного состава. По степени устойчивости к биоразложению органические соединения почвы разделяются на две большие части: группу консервативных устойчивых веществ и группу лабильных соединений [7]. Результаты показывают, что в гумусе исследуемых почв преобладают соединения, составляющие фонд стабильного гумуса (59–79 %) (рис.). Исключение составляет эмбриозем Бестранспортного отвала в культурах сосны, где доля стабильного гумуса снижена до 42 %.

Большая часть углерода здесь представлена подвижными продуктами гумуса (58 %). Полученные результаты вполне согласуются с материалами исследований [6].



Структура гумусовых веществ в эмбриоземе Восточного гидроотвала (а), техноземе Серезенского гидроотвала (б), эмбриоземе Бестранспортного отвала (в – сосна), техноземе Бестранспортного отвала (г – пастбище), серой трансформированной почве (д), агрочерноземе глинисто-иллювиальном элювированном (е), агрочерноземе глинисто-иллювиальном типичном (ж)

На углерод ПОВ минеральной толщи почв техногенных ландшафтов соответственно приходится 21, 28, 32 % на Восточном и Серезенском гидроотвалах, Бестранспортном отвале на пастбище. В зональных почвах доля подвижного гумуса составляет 41 % в серой почве и 29–32 % – в агрочерноземах. Это объясняется более высокой степенью гумификации органического вещества в черноземах. В составе ПОВ доминируют молодые гумусовые кислоты, извлекаемые щелочью. На водорастворимые соединения в исследуемых почвах приходится 1–3 %. Исследованиями установлено, что по запасам гумуса и его подвижных компонентов почвы техногенных ландшафтов распределяются в следующий убывающий ряд: технозем Бестранспортного отвала > эмбриозем Бестранспортного отвала > технозем Серезенского гидроотвала > эмбриозем Восточного гидроотвала (табл. 1).

Таблица 1

Запас гумусовых веществ в почвах техногенных ландшафтов, тС/га (0–40 см)

| Компонент гумуса | Пробная площадь | | | |
|---|-----------------------------|----------------------------------|------------------------------|---------------------------------|
| | Восточный гидроотвал, сосна | Сереженский гидроотвал, пастбище | Бестранспортный отвал, сосна | Бестранспортный отвал, пастбище |
| Сгумуса | 29,70 | 130,57 | 297,34 | 849,89 |
| Спов (СН ₂ О + С _{NaOH}) | 6,39 | 36,81 | 172,86 | 272,73 |
| СН ₂ О | 0,96 | 2,92 | 1,94 | 2,12 |
| С _{NaOH} | 5,43 | 33,89 | 170,92 | 270,61 |
| Сгк | 1,04 | 2,85 | 72,11 | 118,40 |
| Сфк | 4,39 | 30,77 | 99,10 | 152,48 |
| Сстаб.гумуса | 23,31 | 93,76 | 124,48 | 577,16 |

Зональные почвы Назаровской котловины по запасам Сгумуса и Спов распределяются так: агрочернозем глинисто-иллювиальный элювируемый > агрочернозем глинисто-иллювиальный типичный > серая трансформированная почва (табл. 2).

Таблица 2

Запас гумусовых веществ в зональных почвах, тС/га (0–40 см)

| Компонент гумуса | Серая трансформированная | Агрочернозем глинисто-иллювиальный элювируемый | Агрочернозем глинисто-иллювиальный типичный |
|---|--------------------------|--|---|
| Сгумуса | 28,17 | 227,11 | 138,20 |
| Спов (СН ₂ О + С _{NaOH}) | 11,52 | 65,38 | 44,11 |
| СН ₂ О | 0,85 | 1,86 | 1,91 |
| С _{NaOH} | 10,67 | 63,52 | 42,20 |
| Сгк | 1,37 | 19,11 | 9,96 |
| Сфк | 8,55 | 44,38 | 32,48 |
| Сстаб.гумуса | 16,65 | 161,73 | 94,09 |

Серые почвы и агрочерноземы характеризуются близкими запасами гумусовых веществ с почвами отвалов. Выявлено, что в эмбриоземе Восточного гидроотвала и серой почве запасы Сгумуса составляют 30–28 тС/га, техноземе Сереженского гидроотвала и агрочерноземе глинисто-иллювиальном типичном – 131–38 тС/га. Технозем Бестранспортного отвала и агрочернозем глинисто-иллювиальный элювируемый также оцениваются близкими запасами (227–297 тС/га). Существенное превышение запасов Сгумуса по сравнению с зональными почвами определено в 0–40 см толще Бестранспортного отвала на пастбище (850 тС/га).

Процессы формирования и стабилизации агрегатов на различных подуровнях осуществляются разными органическими компонентами. Данное явление находит свое отражение в существовании «иерархии почвенной структуры». Проявлением иерархии является увеличение содержания гумусовых веществ с увеличением размера агрегатов, а также отличие свойств в микро- и макроагрегатах [1]. Исследованиями установлено, что формирование агрегатного уровня структурной организации зональных почв и почв техногенных ландшафтов определяется гумусовыми веществами. Однако их роль в стабилизации подуровней проявляется неоднозначно. В полученных нами уравнениях регрессии представлены стандартизированные коэффициенты регрессии, показывающие степень и направленность влияния компонентов гумусовых веществ на содержание микроагрегатов, агрегатов агрономически ценного размера и водоустойчивых отдельностей. В стандартизированном масштабе уравнение регрессии для 0–40-сантиметрового слоя изученных почв имеет следующий вид:

$$ИМ = 0,260 (Сгумуса) + 0,270 (СН_2О) + 500,60 (С_{NaOH}) - 237,92(Сгк) -$$

$$-272,11 (\text{Сфк}), \text{ при } R = 0,99; R^2 = 0,98; p = 0,232;$$

$$\text{АЦФ}^* = - 1,27(\text{Сгумуса}) + 3,13 (\text{СН}_2\text{О}) - 2986,03 (\text{С}_{\text{NaOH}}) + 1401,75(\text{Сгк}) + +1603,59 (\text{Сфк}), \text{ при } R = 0,99;$$

$$R^2 = 0,99; p = 0,002;$$

$$\text{ВА} = - 0,760(\text{Сгумуса}) + 1,56 (\text{СН}_2\text{О}) - 3459,38 (\text{С}_{\text{NaOH}}) + 1604,76(\text{Сгк}) + +1874,58 (\text{Сфк}), \text{ при } R = 0,93;$$

$$R^2 = 0,87; p = 0,568,$$

- где ИМ – содержание истинных микроагрегатов, %
 АЦФ – содержание агрегатов агрономически ценного размера, %
 ВА – содержание водопрочных агрегатов, %
 R – коэффициент множественной регрессии;
 R² – коэффициент множественной детерминации;
 p – уровень значимости уравнения регрессии;
 * – достоверный уровень значимости уравнения регрессии.

Уравнение регрессии показывает, что содержание агрегатов агрономически ценного размера с большой долей вероятности ($p = 0,002$) определяется гумусовыми веществами. Их вклад в формирование АЦФ оценивается на уровне 99 %. Существенную роль в структурообразование вносят щелочегидролизуемые соединения гумуса, в т.ч. гуминовые и фульвокислоты в их составе. Наличие связей между гумусовыми веществами, содержанием микроагрегатов и водостойчивых фракций также подтверждается высоким коэффициентом множественной регрессии ($R = 0,99-0,93$). Однако вероятность таких связей в полученной модели оценивается на уровне 23–57 %. Содержание истинных микроагрегатов и водостойчивых фракций в большей степени сопряжено с подвижными гумусовыми веществами, обуславливающими агрегацию почвенных частиц. Таким образом, агрегатный уровень структурной организации техноземов и эмбриоземов глинистого и среднесуглинистого гранулометрического состава соответствует зональным почвам Назаровской котловины. Его формирование обусловлено водорастворимыми и щелочегидролизуемыми соединениями подвижного гумуса. Стабильная структура и устойчивое функционирование органического вещества почв техногенных ландшафтов поддерживается за счет соединений, отличающихся лабильностью.

Литература

1. Алексеева Т.В. Микроструктурная организация почв и факторы её формирования // Почвоведение. – 2007. – № 6. – С. 721–732.
2. Андроханов В.А. Специфика и генезис почвенного покрова техногенных ландшафтов // Сиб. экол. журн. – 2005. – № 5. – С. 795–800.
3. Аринушкина Е.В. Руководство по химическому анализу почв. – М.: Изд-во МГУ, 1970. – 487 с.
4. Воронин А.Д. Методологические принципы и методическое значение концепции иерархии уровней структурной организации почвы // Вестн. МГУ. – 1979. – № 1. – С. 23–29.
5. Воронин А.Д. Основы физики почв. – М.: Изд-во МГУ, 1986. – 244 с.
6. Горбунова Ю.В. Структура органического вещества инициальных почв техногенных ландшафтов // Исследования компонентов лесных экосистем Сибири. – Красноярск, 2006. – С. 20–23.
7. Козут Б.М. Принципы и методы оценки содержания трансформируемого органического вещества в пахотных почвах // Почвоведение. – 2003. – № 3. – С. 308–316.
8. Куляпина Е.Д. Специфика процессов посттехногенной трансформации субстрата породных отвалов Южного Кузбасса // Почвы – национальное достояние России: мат-лы IV съезда Докучаевского общества почвоведов. – Новосибирск, 2004. – Кн. 2. – С. 560.
9. Специфика почвенного покрова техногенных ландшафтов Кузбасса /В.М. Курачев, В.А. Андроханов, И.Н. Госсен [и др.] // Сиб. экол. журн. – 2004. – № 3. – С. 337–344.
10. Методическое руководство по изучению почвенной структуры. – Л.: Колос, 1969. – 430 с.
11. Пономарева В.В., Плотникова Т.А. Гумус и почвообразование. – Л.: Наука, 1980. – С. 119–121.
12. Розанов Б.Г. Морфология почв. – М.: Изд-во МГУ, 1983. – 320 с.
13. Чупрова В.В., Шугалей Л.С. Особенности макроморфогенеза почв на отвалах угольных разрезов Назаровской котловины // Вестн. КрасГАУ. – 2007. – № 1. – С. 61–70.