

## Сравнительная характеристика фракционного и группового состава гумуса в эмбриоземах техногенных ландшафтов горно-таежного пояса Кузбасса

В. Г. ДВУРЕЧЕНСКИЙ<sup>1,3</sup>, В. П. СЕРЕДИНА<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Институт почвоведения и агрохимии СО РАН  
630090, Новосибирск, просп. академика Лаврентьева, 8/2  
E-mail: dvu-vadim@mail.ru*

<sup>2</sup> *Томский государственный университет  
634050, Томск, просп. Ленина, 36  
E-mail: seredina-v@mail.ru*

<sup>3</sup> *Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет  
630008, Новосибирск, ул. Ленинградская, 113*

Статья поступила 30.03.2015

Принята к печати 21.05.2015

### АННОТАЦИЯ

Изучение почв техногенных ландшафтов показало, что фракционный и групповой составы гумуса в профилях разных типов эмбриоземов, в отличие от фоновых бурых таежных почв, имеют определенную специфику. Она обусловлена тем, что эмбриоземы, будучи молодыми почвенными образованиями, являются сингенетическим отражением той или иной стадии сукцессии фито-, микро- и других ценозов. В результате проведенных исследований удалось определить тенденции направленности процессов гумусообразования в почвах техногенных ландшафтов низкогорного горно-таежного пояса Кузбасса.

**Ключевые слова:** техногенные ландшафты, эмбриоземы, техноземы, гумус, групповой и фракционный составы гумуса, направленность почвообразования.

Статья посвящается памяти химика, почвовед, кандидата биологических наук Фариды Абдуллаевича Фаткулина, изучавшего органическое вещество молодых почв техногенных экосистем Красногорского угольного разреза в конце XX в.

В настоящее время в регионах с высокой техногенной нагрузкой созданы сотни гекта-

ров техногенно нарушенных земель, свойства и режимы функционирования которых не соответствуют данной природно-климатической обстановке. Поэтому такие территории представляют собой экоклин в природных ландшафтах региона. Технические средства и технологии постоянно совершенствуются, в связи с этим интенсивность добычи и пере-

работки полезных ископаемых увеличивается, в результате чего возрастают побочные эффекты и потенциальные опасности – загрязнение воздуха, воды, образование гигантских отвалов промышленных отходов. В то же время происходит концентрация населения на территории, где ограничены экологически безопасные места проживания и отдыха.

Снижение негативных последствий техногенного преобразования естественных ландшафтов возможно методами биологической рекультивации различного направления. После проведения рекультивационных работ в большинстве случаев дальнейшее восстановление происходит естественным образом, путем развития растительности и процессов почвообразования на нарушенных территориях. При этом в зависимости от вида техногенных объектов и направления рекультивационных работ скорость восстановления может значительно различаться, что определяется наличием ресурсов рекультивации на данной территории, технологий рекультивационных работ и почвенно-экологическим состоянием нарушенных территорий. Под почвенно-экологическим состоянием техногенных ландшафтов понимается способность данного местообитания создавать перспективы рекультивации посредством развития процессов почвообразования и функционирования биогенной составляющей экосистем.

Подчиняясь законам классического почвоведения, почвы эволюционируют согласно воздействию на них зональных факторов почвообразования, в связи с чем происходит смена сукцессий фито-, микробо- и других ценозов от простых группировок к более сложным. В результате смен ценозов, которые происходят неравномерно, мозаичность почвенного покрова в ландшафте имеет пестрый характер, который обусловлен разнообразием макро- и микроклимата, мезо- и микрорельефа, растительности, почвообразующих пород, жизнедеятельности живых организмов, другими словами, биотических и абиотических факторов почвообразования. Повсеместный характер такой мозаичности определил необходимость введения в почвоведение такого понятия, как структура почвенного покрова, под которой понимается совокупность всех однообразных неоднородностей

почвенного покрова суши [Фридланд, 1984]. Перед началом исследования предполагалось, что: 1) мозаичность почвенного покрова техногенных ландшафтов связана с темпом накопления органического вещества; 2) формирование почв на отвалах угольных разрезов будет происходить по зональному типу. Выяснить это возможно, сравнив один из основных критериев почв, которым является качество и количество гумуса.

В техногенных ландшафтах мозаичность формирующегося почвенного покрова проявляется в наибольшей степени по следующим причинам: 1) смеси вмещающих и вскрышных пород, из которых формируются отвалы, имеют разные физические и химические свойства; 2) каждый отвал отличается специфичностью макро-, мезо- и микрорельефа; 3) разнообразие в заселении отвала растениями и живыми организмами во многом определяется разным направлением ветров и неодинаковой степенью инсоляции каждого конкретного участка, его высотой и площадью [Махонина, 2003]; 4) темп накопления органического вещества в техногенном ландшафте неодинаков вследствие первых трех причин.

В данной работе изучался групповой и фракционный составы гумуса в эмбриоземах техногенных ландшафтов, которые сформировались 40 лет назад в юго-восточной части Кузбасса (горно-таежная биоклиматическая зона или низкогорный горно-таежный пояс Кузнецкой котловины). Неоднородность почвенного покрова предполагает различия в скорости накопления органического вещества, качественного состава гумуса как между различными типами эмбриоземов, так и между эмбриоземами и фоновыми почвами.

Научных работ по групповому и фракционному составам гумуса в эмбриоземах техногенных экосистем горно-таежного пояса Кузбасса явно недостаточно. В 70-х и 80-х гг. прошлого века сотрудниками лаборатории рекультивации почв ИПА СО РАН проводились исследования по содержанию гумуса в почвах данного региона [Таранов, Комиссаров, 1974; Трофимов, Фаткулин, 1977; Фаткулин, 1980], которые продолжились в начале XXI в. [Соколов, 2012]. В течение всего времени существования техногенного ландшафта почвообразовательные процессы про-

должают развиваться, совершенствуются методики определения гумуса и его фракций, увеличивается техногенное воздействие на естественные экосистемы. Таким образом, изучение свойств гумуса в почвах техногенных ландшафтов горной тайги Кузбасса не утратило своей актуальности.

Таким образом, цель исследования – выявление особенностей содержания гумуса, его группового и фракционного составов, сравнение данных параметров в различных типах эмбриоземов и фоновой почве для определения направленности почвообразования в техногенных ландшафтах низкогорного горно-таежного пояса Кузбасса.

#### МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Объектами исследования послужили эмбриоземы и техноземы, формирующиеся на транспортных отвалах Красногорского угольного разреза, расположенного вблизи г. Междуреченска Кемеровской обл.: эмбриозем инициальный типичный (разрез 2); эмбриозем органо-аккумулятивный типичный фрагментарный (разрез 3); эмбриозем дерновый типичный фронтальный (разрез 4); эмбриозем гумусово-аккумулятивный типичный фронтальный (разрез 5); технозем недифференцированный (разрез 6). Эталонами послужили наиболее распространенные в окрестностях Красногорского углеразреза бурые горно-таежные почвы (разрез 1).

Для реализации поставленной цели исследования в работе применялась классификация почв техногенных ландшафтов, разработанная в лаборатории рекультивации почв Института почвоведения и агрохимии СО РАН (г. Новосибирск) [Курачев, Андроханов, 2002]. В процессе использовались следующие методы: сравнительно-генетические, сравнительно-аналитические, сравнительно-географические. Данные методы исследования позволили сопоставить почвенный и растительный покровы исследуемых объектов, дать морфологическую характеристику профилей изученных эмбриоземов и фоновых почв и сопоставить их изучаемые параметры. Групповой и фракционный составы гумуса определялись по схеме И. В. Тюрина в модификации В. В. Пономаревой и Т. А. Плотниковой [1980].

#### РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Исследованные бурые таежные почвы, выступающие в качестве фоновых, формируются на элюво-делювии плотных горных пород. Их формирование происходит по типу буроземообразования, основными слагающими которого являются гумусово-аккумулятивный процесс, оглинивание и лессиваж. Важнейшим процессом, составляющим основу буроземообразования, является преобразование минеральной массы почв. Несмотря на некоторые различия в толковании сущности буроземов, считаем возможным выделить следующие их общие свойства: интенсивный биологический круговорот веществ, большая доля наземного опада в общей его массе, миграция элементов за пределы почвенного профиля в условиях промывного режима, выщелоченность профиля от легкорастворимых солей, в том числе карбонатов (не всегда), интенсивное физико-химическое выветривание исходного материала. Однако одним из ведущих почвенных процессов, приводящим к образованию буроземов, принято считать оглинивание почвенного профиля, в особенности средней его части с образованием метаморфического горизонта *Bm*. При этом основным механизмом процесса оглинивания является физическое дробление песчаных и пылеватых частиц, содержащих глинистые минералы, образованные постмагматическими процессами [Двуреченский, 2011].

Типодиагностическим горизонтом данных почв является слабовыраженный гумусово-аккумулятивный (5–15 см) при отсутствии четко выраженного элювиального горизонта. Отсутствие или слабая выраженность оподзоливания бурых лесных почв в условиях горного рельефа многими авторами связывается преимущественно с хорошим дренажем или с обновлением почвы механическим приносом свежего материала по склону, или с молодым возрастом горных почв. Бурые таежные почвы обладают высокой биологической продуктивностью [Двуреченский, Середина, 2014], несмотря на кислую или слабокислую реакцию среды. Поскольку эти почвы формируются на плотных породах, то в их профиле присутствуют щебнистые частицы, содержание которых увеличивается с глубиной.

Разрез 1 (бурая горно-таежная почва) заложен на выположенном участке северо-западного склона горы с естественной растительностью в окрестностях Красногорского угольного разреза. Растительность: древесный ярус – пихта, береза, осина; кустарниковый ярус – черемуха, рябина, малина; травянистый ярус – борщевик, бодяк, борец, володушка, дудник, скерда, вейник, овсяница.

A<sub>0</sub> 0–5 см. Подстилка, состоящая из свежего, полуразложившегося опада древесной и травянистой растительности этого года и разложившегося опада прошлого года.

A<sub>1</sub> 5–17 см. Серовато-бурый, с множеством мелких и крупных корней, мелкокомковатый, среднесуглинистый, свежий, рыхлый. Переход по плотности и окраске резкий.

B<sub>1</sub> 17–42 см. Бурый, со светло-бурыми глинистыми кутанами и охристыми пятнами окиси железа, с множеством корней, присутствуют включения в виде мелкого и среднего щебня, комковато-ореховатый, среднесуглинистый, плотнее предыдущего. Переход по плотности и окраске резкий.

BC 42–65 см. Бурый, с единичными корнями древесной растительности, присутствуют включения в виде среднего щебня, мелкоореховатый, тяжелосуглинистый, плотнее предыдущего. Переход по плотности и окраске резкий.

C > 65 см. Сплошной слой из среднего и крупного щебня.

Характерными особенностями морфологического строения исследованной горно-таежной бурой почвы являются незначительная мощность почвенного профиля (65 см) и слабая его дифференциация на генетические горизонты, высокая щебнистость, достигающая в нижних горизонтах 90 % и более, бурый цвет всего профиля, отсутствие иллювиально-карбонатного горизонта. На поверхности горно-таежной бурой почвы накапливается опад, который в ходе интенсивных биологических процессов минерализуется с накоплением подстилки в виде органо-перегнойных остатков, мощность 0–5 см. Далее идет гумусово-аккумулятивный горизонт A<sub>1</sub>, небольшой мощности (12 см), сменяясь метаморфическим горизонтом B<sub>1</sub>. Отмечается боль-

шое содержание корней травянистой растительности в гумусовом горизонте и даже в горизонте B<sub>1</sub>, свидетельствующее о развитии дернового процесса. Затем следует горизонт BC, переходный к почвообразующей породе, и C – материнская порода, которая представлена суглинистым каменисто-щебнистым элювием и элюво-делювием плотных пород. Горно-таежная бурая почва характеризуется кислой реакцией среды (рН<sub>с.о.л.</sub> 3,6–4,0), высокими значениями гидролитической кислотности (9,2–18,8 мг-экв. на 100 г почвы), ненасыщенностью основаниями. Степень насыщенности основаниями колеблется в пределах 43–46 %.

В посттехногенный период развития ландшафта при проведении рекультивационных работ или в результате естественного восстановления нарушенных земель формируется специфический почвенный покров. В составе формирующегося почвенного покрова техногенных ландшафтов в условиях горно-таежного пояса преобладают четыре основных типа эмбриоземов.

Эмбриоземы инициальные – эволюционно молодой тип почв, морфологическим признаком которого является отсутствие биогенного горизонта. Примитивность (или отсутствие) профиля данного типа обусловлена недостаточной интенсивностью преобразования субстрата, составляющего отвал, вследствие отсутствия или слабого развития на его поверхности биоценозов.

Разрез 2 заложен на выположенной вершине самозарастающего автомобильного отвала. Растительность: кустарниковый ярус – ива; травянистый ярус – фрагментарно мать-и-мачеха, мхи, лишайники.

Принадлежность в соответствии с классификацией почв – техногенные ландшафты [Курачев, Андроханов, 2002]. Ствол: постлитогенные почвы; класс: биогенно-неразвитые; тип: эмбриозем инициальный; подтип: типичный; род: обычный; вид: не выделяется.

C 0–30 см. Мелкозем темно-серый, бесструктурный, легкосуглинистый, рыхлый, сухой. Крупнозем представлен алевролитами, песчаниками, аргиллитами, присутствует большое количество углистых частиц. Каменистость 87 %. Ниже – сплошной слой крупных камней.

Эмбриоземы органо-аккумулятивные – следующая стадия развития почв техногенных ландшафтов. В данном типе эмбриозем профиль еще не дифференцирован, но на поверхности формирующейся почвы уже присутствует типодиагностический горизонт, представляющий собой слой неразложившейся подстилки. Гумификация аккумулярованных растительных остатков ограничивается незначительным количеством организмов-деструкторов.

Разрез 3 заложен на выположенной вершине самозарастающего автомобильного отвала. Растительность: древесный ярус – сосна, береза, осина; кустарниковый ярус – черемуха, ива; травянистый ярус – земляника лесная, осока, мох, лишайник.

Ствол: постлитогенные почвы; класс: биогенно-неразвитые; тип: эмбриозем органо-аккумулятивный; подтип: типичный; род: обычный; вид: фрагментарный.

A<sub>0</sub> 0–1 см. Полуразложившийся настоящего и разложившийся прошлого года опад древесной и травянистой растительности, свежий. Четкий переход по смене состава субстрата.

C<sub>1</sub> 1–12 см. Мелкозем буровато-серый, с множеством мелких и крупных корней, присутствует большое количество углистых частиц, неяснокомковатый, легкосуглинистый, свежий. Крупнозем составляет 96 %. Переход по плотности и окраске постепенный.

C<sub>2</sub> 12–30 см. Мелкозем серый, с множеством мелких корней, присутствует большое количество углистых частиц, бесструктурный, среднесуглинистый, очень плотный, свежий. Крупнозем составляет 85 %.

В эмбриоземах дерновых наблюдается профильная дифференциация минерального субстрата, которая диагностируется по биогенному горизонту A<sub>д</sub>, представляющему собой дернину. При его возникновении начинается активное преобразование физических и химических свойств субстрата.

Разрез 4 заложен на выположенной вершине самозарастающего автомобильного отвала. Растительность: травянистый ярус – земляника лесная, клевер, зверобой, осока, пижма, ежа сборная, нивяник, полынь, лю-

тик, кипрей, мышиный горошек, тимopheеvка, полевица.

Ствол: постлитогенные почвы; класс: биогенно-неразвитые; тип: эмбриозем дерновый; подтип: типичный; род: обычный; вид: фронтальный.

A<sub>0</sub> 0–1 см. Фрагментарный слой подстилки, состоящий из полуразложившихся остатков травянистой растительности, свежий. Переход заметный по характеру органического вещества.

A<sub>д</sub> 1–2 см. Слой дернины. Мелкозем темно-серый, с множеством мелких и крупных корней, присутствует большое количество углистых частиц, мелкокомковатый, среднесуглинистый, свежий. Крупнозем составляет 93 %. Переход по плотности и окраске резкий, количество корней книзу заметно уменьшается.

C<sub>1</sub> 2–14 см. Мелкозем темно-серый, с множеством корней, присутствует большое количество углистых частиц, неяснокомковатый, среднесуглинистый, рыхлый, свежий. Крупнозем составляет 96 %. Переход по плотности и окраске постепенный.

C<sub>2</sub> 14–20 см. Сплошной слой крупных камней, d ≥ 40 см.

Эмбриоземы гумусово-аккумулятивные – эволюционно наиболее развитые почвы техногенных ландшафтов. Они обладают развитым профилем, в котором морфологически выделяются как дернина (горизонт A<sub>д</sub>), так и гумусово-аккумулятивный горизонт (A<sub>1</sub>), что свидетельствует о глубокой степени трансформации почвообразующего субстрата под воздействием процессов разложения и синтеза органического вещества. Появление эмбриоземов гумусово-аккумулятивных в техногенных ландшафтах горно-таежного пояса Кузбасса определяет начало квазистационарной (или метастабильной) фазы почвообразования.

Разрез 5 заложен на выположенной вершине самозарастающего автомобильного отвала. Растительность: кустарниковый ярус – малина; травянистый ярус – мятлик, нивяник, ежа сборная, клевер, тысячелистник, полынь, земляника лесная, лютик, зверобой, осока, кипрей.

Ствол: постлитогенные почвы; класс: биогенно-неразвитые; тип: эмбриозем гумусово-аккумулятивный; подтип: типичный; род: обычный; вид: фронтальный.

- A<sub>0</sub> 0–1 см. Полуразложившийся опад настоящего и прошлого года, свежий. Переход заметный по характеру органического вещества.
- A<sub>д</sub> 1–5 см. Слой дернины. Темно-серый, с множеством корней травянистой растительности, мелкокомковатый, среднесуглинистый, плотнее предыдущего, свежий. Переход по плотности и окраске резкий.
- A<sub>1</sub> 5–8 см. Неоднородный, мелкозем темно-серый, среднесуглинистый, рыхлый, свежий, неясно выраженная комковато-зернисто-пылеватая структура, с множеством мелких корней, присутствует большое количество углистых частиц. Переход постепенный по плотности и окраске. Количество мелких и средних камней книзу увеличивается.
- C 8–50 см. Мелкозем темно-серый, среднесуглинистый, свежий, бесструктурный, с большим количеством углистых частиц. Крупнозем составляет 91 %.

Разрез 6 заложен на выположенной вершине автомобильного отвала, под искусственными посадками сосны. Отсыпка потенциально плодородной породы не проводилась. Растительность: древесный ярус – сосна; травянистый ярус – мятлик, нивяник, ежа сборная, клевер, земляника лесная, лютик, осока, кипрей.

Ствол: постлитогенные почвы; класс: техноземы; тип: технозем недифференцированный; подтип: органогенный; род: обычный; вид: маломощный.

- A<sub>0</sub> 0–5 см. Полуразложившийся и разложившийся опад древесной и травянистой растительности, свежий. Четкий переход по смене состава субстрата.
- C<sub>1</sub> 5–20 см. Мелкозем темно-серый, с множеством корней, с большим количеством углистых частиц, неяснокомковатый, среднесуглинистый, рыхлый, свежий. Крупнозем составляет 93 %. Переход по плотности и окраске постепенный.
- C<sub>2</sub> 20–30 см. Мелкозем темно-бурый, с множеством корней, среднесуглинистый, рыхлый, свежий. Крупнозем – до 96 %.

Таким образом, как морфологические особенности, так и выраженность биогенно-аккумулятивных процессов подчеркивают ведущую роль биологических процессов в формировании профиля почв техногенных ландшафтов, а также указывают на генетическую подчиненность всех других профилеобразующих процессов биологическим. Биологические процессы в эмбриоземах и техноземах по сравнению с зональными почвами специфичны. Если в почвах естественных ландшафтов процессы синтеза и аккумуляции, минерализации и гумификации органического вещества сбалансированы, то в молодых “почвоподобных” образованиях, каковыми являются эмбриоземы и техноземы, они явно преобладают над минерализацией и гумификацией [Махонина, 2003]. В связи с этим подстилка в эмбриоземах и техноземах сохраняется значительно дольше, чем в естественных почвах, мелкозем в дерновом горизонте довольно слабо пропитан гумусом, структурообразовательные процессы практически не выражены.

Глубокие преобразования, происходящие в минеральной части эмбриоземов и техноземов, такие как интенсивное выветривание первичных минералов, перераспределение по профилю отдельных элементов и др., протекают при непосредственном воздействии гумусовых веществ, играющих роль мощного агента выветривания и почвообразования. Как известно, гумусообразование – это процесс формирования в почве системы гумусовых веществ, которая специфична для каждого конкретного горизонта почвы, но в то же время ему присущи общие закономерности, которые объединяют системы гумусовых веществ отдельных горизонтов в систему гумусовых веществ почвы в целом. Направление и тип гумусообразования определяется особенностями поступающих в почву растительных остатков, биологическими и гидро-термическими условиями их разложения и гумификации [Александрова, 1980]. В составе почвенного гумуса центральное место занимают специфические соединения: гуминовые (ГК) и фульвокислоты (ФК). Особая роль гуминовых кислот в почвообразовании определяется их термодинамической устойчивостью [Орлов, 1990]. Существовая в почвах тысячи лет [Östund, 1960], ГК придают им ста-

бильность, своеобразную буферность, определенный биохимический фон [Von Lutzow et al., 2006; Schmidt et al., 2011; Семенов и др., 2013]. И хотя неспецифические компоненты органического вещества, часто более активные и лабильные, могут определять конкретную биохимическую ситуацию в каждый конкретный отрезок времени [Janhen, 2006], однако именно с гумусовыми кислотами связаны важнейшие типовые признаки почв. Гуминовые и фульвокислоты образуют в почве единую трансаккумулятивную систему, где первые являются аккумулятивным компонентом и закрепляются минеральной частью там, где они образовались, а вторые частично связываются в комплексы с гуминовыми кислотами, а частично мигрируют в глубину профиля [Дергачева, 1984]. Групповой состав гумуса определяется содержанием и соотношением основных компонентов гумуса, т. е. гуминовых кислот, фульвокислот и негидролизуемых форм гумусовых веществ, так называемого негидролизуемого остатка (НО).

Своеобразие гумусообразования в фоновых бурых таежных почвах, сформированных в условиях рельефа горно-таежного пояса Кузнецкой котловины, связано со специфичностью процессов, которые следует выделить в самостоятельную форму горного почвообразования [Владыченский, 1998]. При этом ведущая роль среди факторов почвообразования принадлежит рельефу и растительности. Основная особенность горно-таежного почвообразования и, соответственно, бурых горно-таежных почв – формирование особого органического горизонта (подстилки на поверхности почв), обогащенного органическим веществом (табл. 1), а также склоновые процессы, определяющие зависимость формирования морфогенетических показателей от положения почв по склонам с различным уклоном и экспозицией. Большое влияние на протекание гумусообразовательных процессов оказывает видовой состав опада и сформированная подстилка.

В составе гумуса бурых горно-таежных почв доминируют фульвокислоты (54,3 %). В группе ФК преобладает первая фракция свободных, тесно связанных с первой фракцией гуминовых кислот. Агрессивные фракции ФК (1a) присутствуют в количестве 0,8–

Т а б л и ц а 1  
Фракционно-групповой состав гумуса фоновой почвы горно-таежного пояса Кузбасса

| Горизонт (глубина, см) | Общий орг. С <sub>общ</sub> , % | Гуминовые кислоты, % к С <sub>общ</sub> |     |     |      |      | Фульвокислоты, % к С <sub>общ</sub> |      |      |     |      | НО, % к С <sub>общ</sub> | С <sub>ТК</sub> : С <sub>ФК</sub> |   |
|------------------------|---------------------------------|---|-----|-----|------|------|-------------------------------------|------|------|-----|------|--------------------------|-----------------------------------|---|
|                        |                                 | фракции                                 |     |     | Σ    | 1a   | фракции                             |      |      | Σ   |      |                          |                                   |   |
|                        |                                 | 1                                       | 2   | 3   |      |      | 1                                   | 2    | 3    |     |      |                          |                                   |   |
| A <sub>0</sub> (0–5)   | 12,15                           | –                                       | –   | –   | –    | –    | –                                   | –    | –    | –   | –    | –                        | –                                 | – |
| A <sub>1</sub> (5–15)  | 9,85                            | 13,7                                    | 0,0 | 6,1 | 19,8 | 11,9 | 27,4                                | 10,0 | 10,0 | 5,0 | 54,3 | 25,9                     | 0,36                              |   |
| B <sub>1</sub> (22–32) | 4,30                            | 11,9                                    | 0,0 | 3,6 | 15,5 | 15,7 | 15,7                                | 11,8 | 11,8 | 9,4 | 52,6 | 31,9                     | 0,30                              |   |
| BC (45–55)             | 3,30                            | 2,3                                     | 0,0 | 1,2 | 3,5  | 2,6  | 7,8                                 | 5,4  | 5,4  | 9,2 | 25,0 | 71,5                     | 0,14                              |   |
| C (>60)                | 1,09                            | 0,9                                     | 0,0 | 0,5 | 1,4  | 0,8  | 3,3                                 | 1,6  | 1,6  | 8,7 | 14,4 | 84,2                     | 0,10                              |   |

Бурая таежная почва, разрез 1

П р и м е ч а н и е. Прочерк – определение не проводилось.

11,9 %. Гуминовые кислоты представлены первой и второй фракциями, т. е. бурыми и связанными с устойчивыми полуторными оксидами и глинистыми минералами. Тип гумуса – фульватный ( $C_{ГК} : C_{ФК} = 0,36$ ). В бурых таежных почвах гуминовые кислоты очень близки по свойствам к фульвокислотам и, таким образом, вся система гумусовых веществ в известной мере представляет собой единое целое, т. е. слабо дифференцируется в вертикальном направлении.

Роль органического вещества в процессах почвообразования и формирования профиля техногенных почв определяется различными микро- и мезоклиматическими условиями, минеральным составом субстрата отвала, высокой миграционной способностью гумусовых кислот, обусловленной их специфическим составом. Изучение содержания общего углерода, группового и фракционного составов гумуса в эмбриоземах проводилось, исходя из следующих предположений: 1) распределение данных компонентов в профиле неоднородно; 2) содержание изучаемых параметров в различных типах эмбриоземов будет иметь свои отличительные особенности.

Источником гумуса в техногенных почвах являются органические остатки наземного и корневого опада и водорастворимые продукты их разложения, содержащиеся преимущественно в верхних горизонтах. Смесь этих компонентов создает разнообразие состава и свойств органического вещества каждого генетического горизонта. Почвообразовательный процесс, протекающий на отвалах вскрышных пород, характеризуется значительной пространственной изменчивостью по различным показателям химического состояния почв, и, прежде всего, по углероду (табл. 2).

В верхних горизонтах изученных эмбриоземов – инициальных, органо-аккумулятивных и дерновых – содержание органического углерода колеблется от 5,6 до 11,4 %, в эмбриоземах гумусово-аккумулятивных его величина составляет 2,5 %. В то же время в верхней части профиля фоновых бурых таежных почв, в отличие от эмбриоземов, содержание органического углерода достигает 12,2 %.

Одной из специфических особенностей в характере поведения органического углерода в исследуемых техногенных почвах является неоднородность его внутрипрофильно-

го распределения. Подобная картина в содержании и распределении органического углерода различных типов эмбриоземов объясняется тем, что в результате неселективного отвалообразования в породе, образующую отвал, попадает смесь вскрышных и вмещающих пород, а также плодородный слой почвы. Известно, что материал отвалов угольных разрезов в той или иной степени обогащен углеродистым материалом, причем вмещающие породы в большинстве случаев содержат больше углистых частиц. По петрографическому составу основные вмещающие породы и их техногенный элювий, являющиеся субстратом для поселения живых организмов и формирования почв в техногенных экосистемах, представлены, по данным В. М. Попова с соавт. [1970], алевролитами и аргиллитами, а вскрышные породы – бурыми некарбонатными глинами и лессовидными суглинками. В связи с этим общее содержание органического углерода в эмбриоземах, значительная вариабельность накопления гумуса в молодых почвах и высокая изменчивость в его содержании обусловлены не только спецификой гумусово-аккумулятивных процессов, сложностью макро- и микрорельефа, характером восстановления растительного покрова, но и особенностями минерального субстрата отвала, пестротой состава вскрышных пород.

Качественный состав гумуса различных типов исследуемых эмбриоземов неодинаков и для большинства фракций с глубиной меняется неадекватно изменению содержания общего углерода. Помимо неоднородности внутрипрофильного распределения гумуса, на групповой и фракционный составы гумуса эмбриоземов оказывают влияние включения в виде частиц угля, которые хаотично распределены во всех профилях техногенных почв. Для эмбриоземов инициальных характерен фульватный тип гумуса ( $C_{ГК} : C_{ФК} = 0,3$ ). В качественном составе гумуса отмечается преобладание фульвокислот (26,1–30,8 %), в основном второй и третьей фракции; содержание гуминовых кислот незначительное (10,3 %), снижается с глубиной. Большая доля в составе гумуса (58,9–72,7 %) приходится на негидролизующий остаток, объединяющий условную группу соединений, количество которых зависит от силы воздействия на почву принятых растворителей. Вследствие этого



## Фракционно-групповой состав гумуса эмбриоземов горно-таежного пояса Кузбасса

| Горизонт<br>(глубина,<br>см) | Общий<br>орг. С <sub>общ</sub><br>% | Гуминовые кислоты, % к С <sub>общ</sub> |      |     |      |         |     | Фульвокислоты, % к С <sub>общ</sub> |      |      |      |  |  | НО,<br>% к С <sub>общ</sub> | С <sub>ТК</sub> : С <sub>Фк</sub> |
|------------------------------|-------------------------------------|---|------|-----|------|---------|-----|-------------------------------------|------|------|------|--|--|-----------------------------|-----------------------------------|
|                              |                                     | фракции                                 |      |     | Σ    | фракции |     |                                     | Σ    |      |      |  |  |                             |                                   |
|                              |                                     | 1                                       | 2    | 3   |      | 1а      | 1   | 2                                   |      | 3    |      |  |  |                             |                                   |
| С <sub>1</sub> (0-5)         | 10,69                               | 2,8                                     | 2,8  | 4,7 | 10,3 | 2,8     | 5,6 | 11,2                                | 30,8 | 58,9 | 0,30 |  |  |                             |                                   |
| С <sub>2</sub> (10-20)       | 10,69                               | 0,0                                     | 0,6  | 0,6 | 1,2  | 1,7     | 1,2 | 12,4                                | 26,1 | 72,7 | 0,05 |  |  |                             |                                   |
| С <sub>1</sub> (2-6)         | 11,38                               | 1,1                                     | 5,5  | 4,4 | 11,0 | 1,6     | 2,2 | 2,2                                 | 17,0 | 72,0 | 0,60 |  |  |                             |                                   |
| С <sub>2</sub> (20-30)       | 8,11                                | 1,1                                     | 0,2  | 1,6 | 2,9  | 0,6     | 1,6 | 1,6                                 | 8,5  | 88,6 | 0,30 |  |  |                             |                                   |
| А <sub>д</sub> (2-5)         | 5,58                                | 5,8                                     | 1,2  | 4,5 | 11,5 | 2,1     | 6,9 | 8,2                                 | 27,8 | 60,7 | 0,40 |  |  |                             |                                   |
| С <sub>1</sub> (6-16)        | 1,88                                | 0,6                                     | 10,1 | 5,8 | 16,5 | 0,4     | 1,7 | 2,2                                 | 13,1 | 70,4 | 1,20 |  |  |                             |                                   |
| С <sub>2</sub> (25-35)       | 4,39                                | 0,2                                     | 6,4  | 2,1 | 8,7  | 0,7     | 0,0 | 0,9                                 | 13,0 | 78,3 | 0,70 |  |  |                             |                                   |
| А <sub>д</sub> (1-5)         | 2,49                                | 5,2                                     | 11,2 | 4,4 | 20,8 | 1,2     | 5,2 | 0,4                                 | 13,6 | 65,6 | 1,50 |  |  |                             |                                   |
| А <sub>1</sub> (5-8)         | 0,96                                | 1,0                                     | 10,0 | 1,0 | 12,0 | 2,1     | 0,0 | 4,2                                 | 16,3 | 71,7 | 0,70 |  |  |                             |                                   |
| С (20-30)                    | 0,53                                | 0,0                                     | 11,3 | 1,9 | 13,2 | 3,8     | 0,0 | 15,1                                | 30,2 | 56,6 | 0,40 |  |  |                             |                                   |

Эмбриозем инициальный, разрез 2

Эмбриозем органо-аккумулятивный, разрез 3

Эмбриозем дерновый, разрез 4

Эмбриозем гумусово-аккумулятивный, разрез 5

распределение относительного его содержания по профилю является зеркальным отражением профильного распределения фракций гумусовых кислот. В связи с тем, что на начальных этапах почвообразования фитоценоз и микробоценоз техногенных экосистем развит недостаточно, процессы гумификации в таких почвах развиты слабо. Вследствие этого, как показано выше, инициальные эмбриоземы характеризуются отсутствием типодиагностического горизонта, и их морфологический профиль представлен только горизонтом С, т. е. почвообразующей породой. По этой причине в эмбриоземах инициальных каких-либо закономерностей в содержании органического углерода, связанных с особенностями биологического круговорота, не отмечается. Поскольку профиль данного типа эмбриоземов представлен в основном хаотичным набором минеральной и углистой составляющих с незначительным содержанием почвенного мелкозема (13 %), то групповой и фракционный составы гумуса инициальных эмбриоземов определяются в основном литогенными свойствами пород, слагающих отвалы техногенных ландшафтов.

В составе гумуса эмбриоземов органо-аккумулятивных отмечается довольно низкое содержание гуминовых (11,0 %) и фульвокислот (17,0 %), количество которых уменьшается с глубиной профиля. Как и в типе эмбриоземов инициальных, в составе ГК и ФК преобладают фракции, связанные с устойчивыми полуторными оксидами и глинистыми минералами. Следует отметить высокие значения в данных почвах негидролизованного остатка (72,0–88,6 %), что связано с наличием углистых частиц (определяемых во всех типах эмбриоземов), хаотично распределенных во всех частях профиля, а также с особенностями химического состава опада, в составе которого присутствуют сложные соединения, имеющие невысокую степень преобразованности.

Особенностью дерновой стадии почвообразования техногенных экосистем является резкое преобладание в минеральном профиле процессов аккумуляции остатков растительной биомассы над процессами их разложения и гумификации, что приводит к дифференциации профиля и появлению типодиагностического дернового горизонта, в котором

накапливается значительное количество органического вещества. В эмбриоземах дерновых профильное распределение общего углерода, а также групповой и фракционный составы гумуса имеют следующие отличительные особенности. Содержание общего органического углерода в верхних горизонтах достигает 5,58 %, снижаясь в нижележащем горизонте до 1,88 %. Тип гумуса, судя по мольному отношению  $C_{ГК} : C_{ФК}$ , – фульватный. В верхней части профиля, в частности в дерновом горизонте, преобладают фульвокислоты (27,8 %), в нижней части, на глубине 6–16 см, – гуминовые кислоты (16,5 %), что можно объяснить не только повышением количества углистых частиц, но и возможной миграцией продуктов гумификации из верхних горизонтов в нижележащие. В группе фульвокислот отмечается профильное варьирование доли ФК-3 с максимумом в верхней части (горизонт  $A_d$ ) и равномерным падением с глубиной. Величина негидролизованного остатка остается высокой (до 60,7–78,3 %). Доминирование в составе гумуса негидролизующих соединений может быть обусловлено, с одной стороны, тем, что он представлен дегидратированными формами гуминовых кислот, содержащихся в угле, с другой, трудно-разлагающимся лигнифицированным веществом исходных органических остатков [Полохин, 2010]. Можно предполагать, что в специфических условиях горно-таежного пояса Кузбасса в связи с большим количеством осадков в теплый период процесс окисления углистых идет интенсивнее, чем опада. Образование подвижных гумусовых веществ в почвах техногенных ландшафтов осуществляется медленно или вообще не происходит.

В эмбриоземах гумусово-аккумулятивных распределение общего углерода, а также групповой и фракционный составы гумуса имеют следующие закономерности. Содержание общего углерода колеблется в пределах от 2,5 % в верхних, биогенно-аккумулятивных горизонтах до 1,0–0,5 % в нижних. На глубине всего профиля гумусово-аккумулятивных эмбриоземов присутствует большое количество углистых частиц, которые, являясь источниками гуминовых кислот, влияют на групповой состав гумуса. Для поверхностного горизонта ( $A_d$ ) характерно преобладание гуминовых кислот (20,8 %) над фульво-

кислотами (13,6 %). Тип гумуса – фульватно-гуматный ( $C_{ГК} : C_{ФК} = 1,5$ ), изменяясь с глубиной сначала на гуматно-фульватный, а затем, в нижней части профиля, – на фульватный. В сформировавшихся органогенных горизонтах ( $A_d$  и  $A_1$ ) в целом увеличивается не только количество гуминовых кислот по сравнению с таковыми выше описанных эмбриоземов, но и доля гуминовых кислот, связанных с кальцием, что свидетельствует о более интенсивном включении кальция в биологический круговорот. Поведение фракций фульвокислот менее определенное и зависит, вероятно, от конкретных частных факторов и условий, например, характера взаимодействия органических веществ с минеральной частью почвы, влияющих на растворимость и подвижность отдельных фракций гумусовых кислот. Однако в данном типе эмбриоземов соотношение между различными фракциями ФК складывается в пользу фракции 3, связанной с устойчивыми полуторными оксидами и глинистыми минералами. Судя по данным гумусного состояния, можно утверждать, что в данном типе эмбриоземов процессы гумификации преобладают над минерализацией органического вещества.

Аккумуляция органического вещества на ранних стадиях почвообразования в значительной степени зависит от сингенетической стадии формирования фитоценоза, и если это происходит в естественных условиях, то процесс образования органогенного гумусного горизонта в почвах техногенных экосистем достаточно длительный [Махонина, 2003; Андроханов, Курачев, 2010]. Интерес к этому вопросу можно рассматривать как с позиций современного теоретического почвоведения, так и с чисто практической точки зрения – разработки технологий биологической рекультивации. Результаты подобных исследований позволяют объективно оценить скорость накопления органического вещества, являющегося депонентом элементов питания, необходимых для жизнедеятельности биоты. При проведении хотя бы горнотехнических рекультивационных работ этот этап осуществляется значительно быстрее, чем при естественном зарастании. Иллюстрацией этого могут служить данные по изучению группового и фракционного составов гумуса техноземов недифференцированных (табл. 3).

Т а б л и ц а 3  
Фракционно-групповой состав гумуса технозема

| Глубина, см                             | Общий орг. С, % | Гуминовые кислоты, % к $C_{общ}$ |      |     | Фульвокислоты, % к $C_{общ}$ |     |     | НО, % к $C_{общ}$ | $C_{ГК} : C_{ФК}$ |          |      |
|---|-----------------|----------------------------------|------|-----|------------------------------|-----|-----|-------------------|-------------------|----------|------|
|   |                 | фракции                          |      |     | фракции                      |     |     |                   |                   |          |      |
|   |                 | 1                                | 2    | 3   | 1a                           | 2   | 3   |                   |                   | $\Sigma$ |      |
| 0–5                                     | 5,47            | 1,3                              | 16,1 | 1,9 | 2,2                          | 7,2 | 6,7 | 4,0               | 20,1              | 60,6     | 0,97 |
| 5–20                                    | 4,97            | 1,1                              | 16,0 | 1,2 | 1,9                          | 7,0 | 5,2 | 3,2               | 17,3              | 64,4     | 1,06 |
| 20–30                                   | 4,41            | 2,1                              | 13,6 | 1,0 | 1,1                          | 6,6 | 5,2 | 3,0               | 15,9              | 67,4     | 1,05 |
| Технозем недифференцированный, разрез 6 |                 |                                  |      |     |                              |     |     |                   |                   |          |      |

При проведении горнотехнического этапа рекультивационных работ в почвах техногенных ландшафтов состав фракций гуминовых и фульвокислот претерпевает качественные изменения, одним из которых является выравнивание их содержания по отношению друг к другу. В отличие от техногенных почв, формирующихся при естественном зарастании, образование гумуса техноземов происходит по фульватно-гуматному типу ( $C_{ГК} : C_{ФК} > 1$ ). Различия состоят в характере связи органического вещества с минеральной основой в органоминеральном комплексе – содержание свободных гуминовых кислот снижается, а наиболее ценной фракции гуминовых кислот, связанных с кальцием, увеличивается. Как следует из приведенных данных, при формировании системы гумусовых веществ в техноземах наблюдается положительная тенденция в направлении создания органического вещества, близкого по свойствам к таковому эмбриоземов гумусово-аккумулятивных.

Таким образом, особенностью процессов гумусообразования в молодых почвах техногенных экосистем Кузбасса является высокая вариабельность темпов и скорости, обусловленная наличием сложного сочетания склоновых поверхностей, выраженностью микро- и нанорельефа, пестротой минерального состава техногенного элювия. Исследования, проведенные в горно-таежном поясе Кузбасса, подтверждают положение о том, что формирование почв техногенных ландшафтов происходит с различной интенсивностью аккумуляции органического углерода. Если эмбриоземы инициальные и органо-аккумулятивные можно отнести к генетическому ряду примитивных почв, находящихся на ранних стадиях почвообразования, то эмбриоземы дерновые и особенно гумусово-аккумулятивные являются наиболее генетически развитыми почвами техногенных ландшафтов, в верхних корнеобитаемых горизонтах которых более интенсивно протекают процессы гумусонакопления, сопровождающиеся увеличением в составе гумуса доли гуминовых кислот. В целом в групповом составе гумуса, в отличие от фоновых горно-таежных почв, доминируют негидролизуемые формы гумусовых веществ (57,0–

89,0 % от общего углерода) при низком относительном содержании гуминовых и фульвокислот. Выявленные особенности группового и фракционного составов гумуса указывают на то, что в ходе почвообразования роль органических кислот в процессах разрушения силикатов, составляющих минеральную основу эмбриоземов, образовании в них органоминеральных комплексов с железом, алюминием и другими элементами, а также в миграции этих элементов по профилю незначительна.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Темпы накопления органического вещества, особенности группового и фракционного составов гумуса эмбриоземов, которые определяются сукцессиями биоценозов, обуславливают высокую скорость формирования почвенного покрова техногенных ландшафтов на ранних стадиях почвообразования.

Поскольку биотические и абиотические процессы в техногенных экосистемах развиваются в направлении устойчивых в данной природно-климатической зоне почвенных образований, т. е. стремятся к зональному типу [Андроханов, Курачев, 2010; Середина и др., 2012], то в этом же направлении должно происходить развитие эмбриоземов и техноземов. Однако в результате влияния лимитирующих факторов, таких как инсоляция поверхности, крутизна склонов отвалов, каменистость субстрата, дефицит влаги, скорость развития эмбриоземов и техноземов сильно замедляется.

Формируется экосистема с набором собственных только ей почв [Двуреченский, 2015]. Можно предположить, что по прошествии 40 лет экосистема находится в метастабильном состоянии. Таким образом, почвы, которые диагностируются в ее составе, в дальнейшем будут развиваться по индивидуальной генетической программе, заложенной почвообразующими факторами и свойствами. Это подтверждается групповым и фракционным составом гумуса, в частности, большей гуматностью гумусово-аккумулятивных эмбриоземов по сравнению с фоновыми почвами естественных наземных экосистем горно-таежного пояса Кузбасса.

Для ускорения восстановления почвенно-растительного покрова необходимо проведение рекультивационных работ, направленных на улучшение условий почвообразования в техногенных ландшафтах, тем самым возможно обеспечить долгосрочное функционирование фитоценозов. Одним из вариантов успешной рекультивации является создание органоинеральных смесей и отсыпка их на поверхность техногенных объектов с последующей биологической рекультивацией. Другим вариантом рационального способа восстановления почв является формирование техноземов с отсыпкой смеси потенциально плодородной породы (ППП) и плодородного слоя почвы (ПСП). Данная смесь, имея свойства горизонта  $A_1$  и горизонта В естественных почв, в процессе эволюции будет генетически предопределять свое дальнейшее развитие в зависимости от условий почвообразования.

#### ЛИТЕРАТУРА

- Александрова Л. Н. Органическое вещество почвы и процессы его трансформации. Л.: Наука. Ленингр. отд-ние, 1980. 287 с.
- Андроханов В. А., Курачев В. М. Почвенно-экологическое состояние техногенных ландшафтов: динамика и оценка. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2010. 224 с.
- Владыченский А. С. Особенности горного почвообразования. М.: Наука, 1998. 187 с.
- Двуреченский В. Г. Географо-генетическая характеристика форм железа в эмбриоземах Кузбасса: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Новосибирск, 2011. 19 с.
- Двуреченский В. Г. Динамика группового состава железа в почвах техногенных ландшафтов лесостепных участков Кузнецкой котловины // Сиб. экол. журн. 2015. № 1. С. 136–144 [Dvurechenskiy V. G. Dynamics of Iron Content in the Soils of Technogenic Landscapes of Forest-Steppe Areas in the Kuznetsk Basin // Contemporary Problems of Ecology. 2015. Vol. 2, N 1. P. 112–117].
- Двуреченский В. Г., Середина В. П. Характеристика почвенного покрова техногенных ландшафтов Красноярского каменноугольного разреза // Вестн. Том. гос. ун-та. 2014. № 387. С. 257–265.
- Дергачева М. И. Органическое вещество почв: статика и динамика (на примере Западной Сибири). Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1984. 352 с.
- Курачев В. М., Андроханов В. А. Классификация почв техногенных ландшафтов. // Сиб. экол. журн. 2002. № 3. С. 255–261 [Kurachev V. M., Androkhonov V. A. Classification of Soils of Technogenous Landscapes // Contemporary Problems of Ecology. 2002. N 3. P. 255–261].
- Махонина Г. И. Экологические аспекты почвообразования в техногенных экосистемах Урала. Екатеринбург: Изд-во УрГУ, 2003. 356 с.
- Орлов Д. С. Гумусовые кислоты почв и общая теория гумификации. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1990. 326 с.
- Полохин О. В. Гумусное состояние почв техногенных ландшафтов // Вестн. КрасГАУ. 2010. № 10. С. 40–44.
- Пономарева В. В., Плотникова Т. А. Гумус и почвообразование (методы и результаты изучения). Л.: Наука. Ленингр. отд-ние, 1980. 221 с.
- Попов В. М., Рагим-Заде Ф. К., Трофимов С. С. Классификация вскрышных пород Кузбасса по пригодности для биологической рекультивации // Рекультивация в Сибири и на Урале. Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1970. С. 25–41.
- Семенов В. М., Тулина А. С., Семенова Н. А., Иванникова Л. А. Гумификационные и негумификационные пути стабилизации органического вещества в почве (обзор) // Почвоведение. 2013. № 4. С. 393–407.
- Середина В. П., Алексеева Т. П., Сысоева Л. Н., Трунова Н. М., Бурмистрова Т. И. Исследование процессов формирования органического вещества в нарушенных при угледобыче почвах // Вестн. Том. гос. ун-та. Биология. 2012. № 1 (17). С. 18–31.
- Соколов Д. А. Специфика определения органических веществ педогенной природы в почвах техногенных ландшафтов Кузбасса // Там же. № 2 (18). С. 17–25.
- Таранов С. А., Комиссаров И. Д. Состав гумуса первичных почв, формирующихся на ранних стадиях онтогенеза биогеноценозов отвалов угольных разрезов Южного Кузбасса // Проблемы рекультивации земель в СССР. Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1974. С. 209–215.
- Трофимов С. С., Фаткулин Ф. А. Состав гумуса молодых почв техногенных отвально-карьерных ландшафтов Центрального и Южного Кузбасса // Восстановление техногенных ландшафтов Сибири (теория и технология). Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1977. С. 113–119.
- Фаткулин Ф. А. Энергетика гумусонакопления и качественный состав гумуса молодых почв, формирующихся на отвалах углеразрезов Кузбасса // Рекультивация ландшафтов, нарушенных промышленной деятельностью: мат-лы VII Междунар. симпоз. Катовице. 1980. Т. 1. С. 306–323.
- Фридланд И. М. Структуры почвенного покрова Мира. М.: Мысль, 1984. 235 с.
- Janhen H. H. The soil carbon dilemma: Shall we hoard it or use it? // Soil Biol. Biochem. 2006. Vol. 38, N 3. P. 4416–4424.
- Schmidt M. W. I., Torn M. S., Abiven S., Dittmar T., Guggenberger G., Janssens I. A., Kogel-Knabner I., Lehmann J., Manning D. A., Nannipieri P., Rasse D. P., Weiner S., Trumbore S. E. Persistence of soil organic matter as an ecosystem property // Nature. 2011. Vol. 478. P. 49–56.

Östund H. Radiocarbon dating of soil humus // *Ibid.* 1960.  
Vol. 185. P. 706.

Von Lutzow M., Kogel-Knabner I., Ekschmitt K., Matzner  
E., Guggenberger G., Marschner B., Flessa H. Sta-

bilization of organic matter in temperate soils: Me-  
chanisms and their relevance under different soil con-  
dition – a review // *Europ. Journ. Soil Sci.* 2006.  
Vol. 57, N 4. P. 426–445.

## **Comparative Characteristics of the Fractional and Group Composition of Humus in Embryozems of Technogenic Landscapes in the Mountain-Forest Zone of the Kuznetsk Basin**

V. G. DVURECHENSKIY<sup>1,3</sup>, V. P. SEREDINA<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Institute of Soil Science and Agrochemistry, SB RAS*  
630090, Novosibirsk, Lavrentieva ave., 8/2  
E-mail: [dvu-vadim@yandex.ru](mailto:dvu-vadim@yandex.ru)

<sup>2</sup> *Tomsk State University*  
634050, Tomsk, Lenina ave., 36  
E-mail: [seredina-v@mail.ru](mailto:seredina-v@mail.ru)

<sup>3</sup> *Novosibirsk State University of Architecture and Civil Engineering*  
630008, Novosibirsk, Leningradslaya str., 113

The study of soils of technogenic landscapes showed that the fractional and group composition of humus in different types of embryozems, unlike reference brown taiga soils, had a certain specificity. This specificity was due to the fact that embryozems, being young soil formations, served as a syngenetic reflection of a particular successional stage of phytocenosis, microbiota and other cenoses. The study showed the trends of humus formation in the soils of technogenic landscapes of mountain taiga belt of Kuzbass.

**Key words:** technogenic landscapes, embryozems, technozems, humus, group and fractional composition of humus, trends of soil formation.