

Проблемы классификации и диагностики техногенных почв при составлении крупномасштабных карт

© 2013. А. В. Пастухов, к.г.н., н.с.,

Институт биологии Коми научного центра Уральского от деления РАН,
e-mail: alpast@mail.ru

В статье рассматриваются проблемы классификации и диагностики техногенных почв и почвенных образований при крупномасштабном картографировании. Показано, что применение «Классификации и диагностики почв России» 2004 г. позволяет наиболее объективно отразить структуру почвенного покрова, трансформированного хозяйственной деятельностью.

The paper considers classification and diagnosis problems of soil and soil-like formations for large scale mapping. It is shown that it is expedient to use the new «Classification and diagnosis of soil of Russia» in 2004, which allows more objectively reflect the real natural and anthropogenic soil cover and occurring soil-forming processes.

Ключевые слова: классификация, техногенные почвы, техногенные поверхностные образования, химически загрязнённые почвы, эмбриозёмы

Keywords: classification, anthropogenic soils, soil-like formations, chemically polluted soils, embriosoils

Введение

В настоящее время почвенное картографирование в нашей стране, в том числе крупномасштабное, проводится на основе «Классификации и диагностики почв СССР» 1977 г. [1], а иногда и «Указаний по классификации и диагностике почв» 1967 г. [2]. Эти классификационные системы построены на факторно-генетической основе, что отвечает традиционным для отечественного почвоведения второй половины XX в. представлениям о жёсткой детерминированной взаимосвязи факторов, процессов и свойств почв [3]. Вместе с тем антропогенно изменённые почвы практически не были отражены в различных классификационных системах до конца XX века. Однако с увеличением техногенной нагрузки доля таких почв значительно возросла, и возникла необходимость классификации не только сельскохозяйственно преобразованных, но и техногенных почв. В эколого-генетическую «Классификацию и диагностику почв СССР» [1] были введены различные агрокультурные подтипы и роды, выделяемые по различной степени окультуренности. Для почв на переотложенных и техногенных субстратах, имеющих мощность более 30 см, была предусмотрена отдельная группа без определённых таксономических категорий. Поэтому в рамках традиционно используемых ныне классификационных систем часто невозможно дать

точное определение той или иной техногенно-преобразованной почве или техногенному поверхностному образованию.

В зарубежных классификационных системах выделяется отдельная группа антросолей (или антропосолей) на уровне высших таксономических единиц для сильно изменённых почв. Мы рассмотрим техногенно-преобразованные почвы и образования на примере двух наиболее распространённых в мире классификаций WRB [4] и Soil Taxonomy [5]. В основе этих классификационных систем лежит совокупность субстантивных свойств, по которым выделяются диагностические горизонты, признаки и материалы (субстраты). При выборе диагностических свойств принимается во внимание их связь с почвообразовательными процессами, то есть с генезисом почв, но факторы почвообразования не используются в диагностике почв. В последнем 11-м издании Soil Taxonomy 2010 г. [5], как и в предыдущих версиях, антропогенно изменённые почвы не выделены на высшем таксономическом уровне – порядке, хотя возможность его выделения обсуждается с начала 90-х годов XX в. В первом издании WRB 1998 г. [6] были выделены лишь антросоли – почвы, сильно трансформированные или созданные в результате сельскохозяйственных мероприятий, то во втором издании 2006 г. [4] впервые на уровне высшей реферативной группы выделяют техносолы, включающие в себя городские

и различные техногенно-преобразованные почвы и почвогрунты. На втором уровне WRB используются многочисленные квалификаторы, отражающие всё разнообразие антропогенно-преобразованных почв.

В новой «Классификации и диагностике почв России» 2004 г. [7] впервые был применён субстантивно-генетический подход в сочетании с так называемым технологическим подходом, выражающийся в определении диагностических критериев генетических горизонтов или слоёв с учётом степени антропогенного воздействия и степени изменённости почвенного профиля для систематики почв. Впервые принципы так называемого технологического подхода были изложены в учебно-методическом пособии «Антропогенные почвы» [8]. Объектом новой «Классификации и диагностики почв России» (КПР) [7] является почва, определяемая как «природное или естественно-антропогенное твёрдофазное тело, экспонированное на поверхности суши, сформированное многолетним взаимодействием процессов, приводящих к дифференциации исходного минерального и органического материала на горизонты». Такое определение лишь дополняет принципы почвоведения, заложенные В. В. Докучаевым, который понимал почву как «самостоятельное естественно историческое тело, которое является результатом чрезвычайно сложного взаимодействия местного климата, растительных и животных организмов, состава и строения материнских горных пород, рельефа местности и возраста страны» [9].

Целью нашей работы являлось составление крупномасштабной почвенной карты территории хвостохранилища радиоактивных отходов. Для данного объекта характерными являются не только природные почвы, которые подверглись химическому загрязнению в результате разливов радиоактивных вод, но и искусственные почвоподобные образования, большинство из которых были сформированы на радиоактивных «чёрных» или «красных» отвалах, перекрытых для дезактивации слоем песка или строительного мусора мощностью от нескольких сантиметров до одного метра. За прошедшие 47 лет с момента проведения дезактивационных мероприятий эти почвы прошли начальную стадию почвообразования и имеют слаборазвитые горизонты – дерновый, торфянистый, подзолистый. Поэтому при картографировании мы использовали КПР [7] как наиболее полно отражающую реальную трансформацию почвенного покрова хвостохранилища.

Объекты и методы исследований

Работа была выполнена на территории пос. Водный Ухтинского района Республики Коми, где с 1931-го по 1957 г. действовал один из самых крупных в мире завод по производству радия из подземных вод, характеризующихся высокой минерализацией, хлоридно-кальциевым составом. Помимо отработанной воды, по технологии производства радия образовывалось два типа твёрдых радиоактивных отходов. При производстве радионуклида из пластовых вод на стадии выщелачивания спёков формировались чёрные отвалы, которые содержали около 1 мг радия на тонну, при производстве радия из отработанной урановой руды – красные отвалы. Отвалы сбрасывали на хвостохранилище радиоактивных отходов. К моменту закрытия завода на центральном заводском хвостохранилище скопилось более 1000 т высокоактивных отвалов [10].

Хвостохранилище представляет собой систему сопряжённых элементарных геохимических ландшафтов, включающих пойму р. Ухта, подножие и склон первой надпойменной террасы, склон и вторую надпойменную террасу, находится непосредственно на территории пос. Водный. Его площадь составляет примерно 3 га. В 1962 г. отвалы были дезактивированы насыпным методом, вследствие чего первоначальный биогеоценоз был полностью нарушен [11]. Однако к настоящему времени значительная часть территории хвостохранилища покрыта сосново-берёзовым лесом с травянистым покровом. Изучение почв проводилось в августе 2009 г. в пределах ключевого участка хвостохранилища радиевых отходов в пос. Водный на основе анализа результатов полевых исследований и картографических материалов с использованием регулярной сети, с заложением почвенных прикопок и разрезов с шагом 20 м. В результате более ранних исследований [13] были построены карты плотности загрязнения ^{226}Ra территории хранилища отходов до глубины 1 м.

Результаты и обсуждение

Почвенный покров хвостохранилища представлен почвами, не затронутыми хозяйственной деятельностью человека: болотно-подзолистыми и аллювиальными типами, химически загрязнёнными почвами, а также техногенными почвами, имеющими механические нарушения и/или химическое загрязнение – эмбриозёмами (табл. 1, рис. 1). радиа-

Таблица 1

Систематический список почв на участке хвостохранилища радиевых отходов в пос. Водный

Группы, типы, подтипы почв	Индекс
Природные почвы:	
1. Болотно-подзолистые почвы: торфянисто-подзолистые глееватые;	Пб ₁
2. Аллювиальные дерновые;	Ад
3. Аллювиальные дерново-глеевые;	Адг
4. Аллювиальные болотные	Аб
Природные химически загрязнённые почвы:	
5. Аллювиальные дерновые химически загрязнённые;	Ад _х
6. Аллювиальные болотные химически загрязнённые	Аб _х
Молодые почвы на техногенных грунтах – эмбриозёмы: формируются на нетоксичных природных насыпных минеральных грунтах:	
7. Эмбриозёмы дерновые литостраты;	ЭДл
8. Эмбриозёмы торфянистые литостраты;	ЭТл
формируются на нетоксичных искусственных материалах промышленного и урбаногенного происхождения:	
9. Эмбриозёмы дерновые индустраты;	ЭДи
формируются на токсичных природных насыпных минеральных грунтах:	
10. Эмбриозёмы дерновые токсилитостраты;	ЭДтл
11. Эмбриозёмы торфянистые токсилитостраты	ЭТтл
12. Эмбриозёмы оподзоленные токсилитостраты	ЭПтл
формируются на токсичных искусственных материалах промышленного и урбаногенного происхождения:	
13. Эмбриозёмы дерновые токсиндустраты	ЭДти

ционный фон на участке в настоящее время достигает 35 мкЗв/ч [12].

Природные почвы на территории хвостохранилища сохранились только на пойме и первой надпойменной террасе, тогда как на второй надпойменной террасе находятся техногенные почвы.

Рельеф пойменной и первой надпойменной террас весьма неоднороден — представляет собой сочетание гривистых возвышений с межгривными понижениями. Это определяет преобладание мелкоконтурных сочетаний аллювиальных почв. Поэтому в зависимости от степени гидроморфизма формируются аллювиальные дерновые, дерново-глеевые и болотные почвы, ведущими почвообразовательными процессами в которых являются дерновый и глеевый. На надпойменных террасах по мере выхода почв из сферы пойменного обводнения в этих почвах развивается подзолистый процесс, и постепенно стираются признаки дернового почвообразования. В северотаёжной подзоне дерновый процесс очень неустойчив, и при выходе из пойменного увлажнения почвы очень быстро теряют гумусовый горизонт. Поэтому здесь для наименее дренированных участков надпойменных террас характерны торфянисто-подзолисто-глееватые почвы (Пб₁), которые имеют наибольшее распространение в естественных природных

условиях в подзоне северной тайги. Оглеение может быть выражено по всему профилю. В формировании этих почв ведущими процессами являются подзолистый и глеевый. Для торфянисто-подзолисто-глееватой иллювиально-гумусовой почвы характерен хорошо дифференцированный профиль с устойчивыми диагностическими признаками. Под слаборазложившейся торфянистой подстилкой выделяется довольно мощный подзолистый горизонт серых оттенков, прокрашенный гумусом из подстилки. Пример описания профиля торфянисто-подзолисто-глееватой почвы приведён в таблице 2.

Все описанные природные почвы сформированы на песчаных породах, подстилаемых средними суглинками, обладают низкой ёмкостью поглощения и слабой устойчивостью к загрязнению различными поллютантами.

На подчинённых участках рельефа – подножие и склон второй надпойменной террасы, а также полосы стока ручьёв – почвы в течение более 40 лет подвергались загрязнению отходами радиевого производства, тем более что основные запасы радиевых отходов сконцентрированы на второй надпойменной террасе. По технологии производства радий в отходах должен был находиться в виде растворимого хлорида – Ва(Ra)Cl₂. При длительном воздействии атмосферных осадков, ветра, грунтовых и павод-

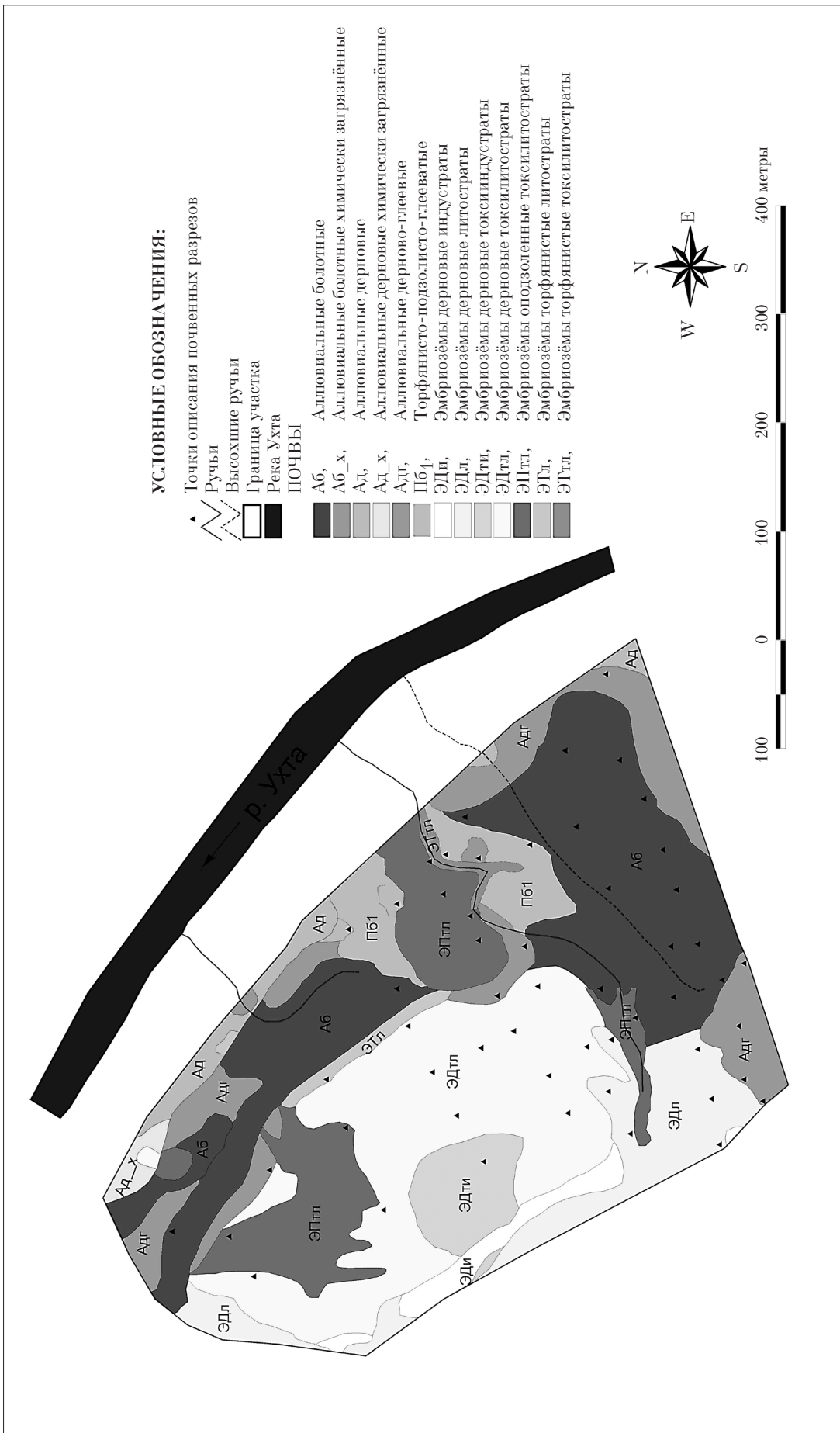


Рис. 1. Почвенная картосхема территории хвостохранилища РАО

ковых вод попавшие в окружающую среду отходы радиового производства подвергались физическому и химическому выветриванию. При этом находящийся в форме легкорастворимого хлорида радий высвобождался и мигрировал в результате смыва в более низкие области [13].

Химически загрязнённые почвы – почвы с естественным профилем, но с высокими концентрациями загрязнителя (радионуклидами), степень которого оценивается как чрезвычайно опасная по принятым нормативам. Для диагностики почв применяются методы геоботанической биоиндикации по косвенным признакам, например, изменению проективного покрытия по сравнению с фоновым участком, выпадению отдельных видов, развитию фитопатологических отклонений, изменениям в лесной подстилке и опаде [8]. Диагностика подтверждается аналитическими методами. В нашем случае хорошо видны следы загрязнения «чёрными отвалами».

Описание профиля аллювиальной болотной химически загрязнённой почвы даётся на примере разреза 8-11 в таблице 2.

Радиоактивные отвалы, перекрытые слоем песка и/или строительного мусора, в основном сконцентрированы на второй надпойменной террасе. С 1962 г., с момента прекращения производства, данная территория заросла сосново-берёзовым лесом и луговой растительностью, а техногенные поверхностные образования (ТПО), сформированные под ними, прошли начальную стадию почвообразования и к настоящему времени имеют маломощный, но достаточно выраженный профиль, характерный для зональных почв.

При диагностике данных почв мы столкнулись с проблемой отсутствия чётких критериев выделения. Долгое время почвоведомы изучались только природные почвы, и происходящие именно в них почвообразовательные процессы служили критерием для их диагностики. Изменённые человеком почвенные образования считались нетипичными и полностью исключались из внимания. Поэтому по традиционно используемой «Классификации и диагностике почв СССР» 1977 г. [1] все эти почвенные образования следовало бы объеди-

Таблица 2

Условия почвообразования и характеристика почв на территории хвостохранилища РАО

Торфянисто-подзолисто-глееватая почва		
Номер точки	-8 18	
Форма рельефа	Нижняя терраса р. Ухта	
Растительное сообщество	Опушка сосново-берёзового леса, осоки, травы	
Индекс на карте	Пб ₁	
О	0–10 см	Тёмно-коричневая торфянистая подстилка
Е	10–15 см	Белёсый песок
ВF	15–18 см	Охристо-бурый песок
BC	18–40 см	Светло-бурый песок
Аллювиальная болотная химически загрязнённая почва		
Номер точки	8 11	
Форма рельефа	У перегиба склона и нижней террасы р. Ухта	
Растительное сообщество	Осоковое болото, вода с поверхности	
Индекс на карте	Аб _x	
Т	0–15 см	Среднеразложившийся тёмно-бурый осоковый торф
Тх	15–25> см	Маслянисто-чёрный осоковый торф, слабо-разложившийся, множество корневищ
Эмбриозём дерновый токсилитострат		
Номер точки	4 7	
Форма рельефа	Верхняя терраса р. Ухта	
Растительное сообщество	Разнотравный луг, кромка соснового леса	
Индекс на карте	ЭДтл	
Wao	0–3 см	Тёмно-серая неплотная дернина
Bг ₁	3–37 см	Светло-бурый песок с галькой
X ₁	37–70 см	«Чёрные отвалы»
Bг ₂	70–110 см	Красно-бурый песок со строительным мусором
X ₂	110–460> см	«Чёрные отвалы»

нить в один полигон под названием «почвы на техногенных субстратах».

К настоящему времени существует уже несколько концепций, которые определяют технопедогенез как почвообразовательный процесс, происходящий в результате воздействия человека, при этом степень, характер и способ воздействия на почву могут быть разными [14]. В нашем конкретном случае, когда на искусственных наносах постепенно начинают образовываться почвы, характерные для данной природной зоны, технопедогенез происходит по типу «разрушение – воссоздание». В таком случае почвообразовательные процессы начинают происходить максимально быстро. Случаи повышенной скорости почвенных процессов описаны в работах Солнцевой и Рубилиной [15], Махониной [16], Абакумова и Гагариной [17]. В нашем случае скорость почвообразования даже в насыпных искусственных субстратах весьма высока и одновременно при этом происходит активное отторжение радионуклидов и миграция их вниз по профилю. Так за период с 1981-го по 2001 г. содержание радия в почвах снизилось в два раза [13].

На площадке второй надпойменной террасы, где содержатся основные запасы радиоактивных отходов и строительного мусора, формируются аккумулятивные маломощные почвы с профилем О-(Е)-С – эмбриозёмы. Эмбриозёмы имеют органогенный слабо развитый верхний горизонт (дерновый или торфянистый) мощностью менее 5 см. Под лесной растительностью может выделяться маломощный (1–3 см) подзолистый горизонт. Нижние слои-горизонты представлены в них системой различных насыпных слоёв песка, строительного мусора или непосредственно «чёрных» или «красных» отвалов. Механизмом преобразования породы в эмбриозёмы является минерализация и трансформация органического вещества при участии микроорганизмов, а неполное развитие эмбриозёмов обусловлено недостаточной продолжительностью педогенного преобразования материнской породы. И хотя процессы синтеза и разрушения органического вещества и его взаимодействия с минеральным субстратом проходят в эмбриозёмах в течение короткого времени, техногенные почвенные образования постепенно начинают приобретать вид природных почв.

На исследуемом участке нами были описаны следующие подгруппы эмбриозёмов:

1. Эмбриозёмы, образованные на нетоксичных природных насыпных минеральных грунтах:

– Эмбриозёмы дерновые литостраты;

– Эмбриозёмы торфянистые литостраты.

2. Эмбриозёмы, образованные на нетоксичных искусственных материалах промышленного и урбаногенного происхождения:

– Эмбриозёмы дерновые индустраты.

3. Эмбриозёмы, образованные на токсичных природных насыпных минеральных грунтах:

– Эмбриозёмы дерновые токсилитостраты;

– Эмбриозёмы торфянистые токсилитостраты;

– Эмбриозёмы оподзоленные токсилитостраты.

4. Эмбриозёмы, образованные на токсичных искусственных материалах промышленного и урбаногенного происхождения:

– Эмбриозёмы дерновые токсиндустраты;

– Эмбриозёмы дерновые токсилитостраты – описание почвенного профиля почвы даётся на примере разреза 4-7 (табл. 2).

Заключение

В традиционно применяемой для картографирования «Классификации почв СССР» [1] выделение техногенно-преобразованных почв не предусматривалось. Кроме того, принципы диагностики традиционно применяемой в данных работах старой классификации не предусматривают изменение почвенного покрова при химическом загрязнении (химически загрязнённые почвы).

Автор публикации полагает, что в настоящее время использование КПП [7] при крупномасштабном картографировании почв позволяет наиболее объективно отразить структуру почвенного покрова, как естественного, так и трансформированного хозяйственной деятельностью.

В то же время работа над КПП в области систематики антропогенно-преобразованных почв ещё не завершена и всё ещё находится на стадии сбора основных фактов и лишь начинается стадия их анализа, обобщения и классификации.

Авторы КПП подчеркнуто не включают ТПО в генетическую классификацию, поскольку в них ещё не сформировались генетические горизонты. Тем не менее ТПО с течением времени начинают функционировать как почвы, на них произрастает высшая растительность, они имеют определённые термические и водные режимы, сходные с нативными почвами. Постепенно в них начинают формироваться почвенные признаки, а затем и почвенные горизонты. Вместе с тем их под-

разделение на два уровня является вполне достаточным для крупномасштабного почвенного картографирования.

Всё ещё не разработаны принципы классификации молодых почв на искусственных субстратах. По мнению ряда исследователей [8, 17] и автора настоящей публикации, эмбриозёмы являются аналогом слаборазвитых природных почв и нуждаются в более подробном таксономическом разделении. Явно недостаточными являются критерии их выделения, и возникают вопросы при их таксономии. По определению эмбриозёмы – это почвы начальных этапов развития на техногенных или природных рыхлых и плотных субстратах [8]. В соответствии с КТР [7] ТПО классифицируются как субстраты, которые ещё не были затронуты почвообразованием в силу недостатка времени для почвообразования или ограничений для биоты. Поэтому группы эмбриозёмов было бы целесообразно отнести к стволу постлитогенных слаборазвитых почв, при этом в названии почв должны быть отображены не только признаки ведущих почвообразовательных процессов, но и характер вещественного состава субстратов, на которых они сформировались.

Автор сердечно благодарит к.б.н. И. И. Шуктомову за ценные советы и замечания и вед. инж. А. И. Кичигина за помощь и поддержку при проведении экспедиционных работ.

Работа выполнена в рамках гранта РФФИ 12-04-31759-мол-а и программы 12-Т-4-1006 «Экологические качества эталонных почв Европейского Северо-Востока России, их биоорганический потенциал как критерий продуктивности и охраны в свете подготовки Красной книги почв Республики Коми».

Литература

1. Классификация и диагностика почв СССР / Составители: В.В. Егоров, В.М. Фридрих, Е.Н. Иванова и др. М.: Колос, 1977. 224 с.

2. Указания по классификации и диагностике почв. М.: Колос, 1967. Вып. 1. 80 с.

3. Дубровина И.А., Тонконогов В.Д. Корректировка содержания крупномасштабной почвенной карты с использованием новой классификации почв России // Почвоведение. 2008. № 11. С. 1297–1306.

4. IUSS Working Group WRB. World reference base for soil resources 2006. 2nd edition. World Soil Resources Reports No. 103. FAO. Rome. 2006. 145 p.

5. Soil Survey Staff. Keys to Soil Taxonomy, 11th ed. USDA-Natural Resources Conservation Service. Washington. DC. 2010. 346 p.

6. FAO. World Reference Base for Soil Resources. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations. 1998.

7. Классификация и диагностика почв России / Составители: Л.Л. Шишов, В.Д. Тонконогов, И.И. Лебедева, М.И. Герасимова. Смоленск: Ойкумена, 2004. 342 с.

8. Герасимова М.И., Строганова М.Н., Можарова Н.В., Прокофьева Т.В. Антропогенные почвы: генезис, география, рекультивация. Учебное пособие / Под ред. Г.В. Добровольского. Смоленск: Ойкумена, 2003. 268 с.

9. Докучаев В. В. Избр. соч. Т. 1. М. 1949. С. 378.

10. Евсеева Т.И., Таскаев А.И., Кичигин А.И. Водный промысел. Сыктывкар. 2000. 39 с.

11. Таскаев А.И., Кичигин А.И. История радиационной гигиены и радиационной безопасности СССР на примере Ухтинского радиевого промысла. Сыктывкар. 2006. 36 с.

12. Носкова Л.М., Шуктомова И.И., Кичигин А.И. Радиационная обстановка на территории радиевого промысла в Республике Коми // АНРИ. 2007. № 1. С. 28–31.

13. Носкова Л.М., Шуктомова И.И. Оценка запасов радия на территории хвостохранилища бывшего радиевого промысла // Геохимия биосферы: Докл. Междунауч. конф. Смоленск: Ойкумена, 2006. С. 267–270.

14. Глазовская М.А., Солнцева Н.П., Геннадиев А.Н. Техногенез: формы проявлений // Успехи почвоведения. М: Наука, 1986. С. 103–114.

15. Солнцева Н.П., Рубилина Н.Е. Морфология почв, трансформированных при угледобыче // Почвоведение. 1987. № 2. С. 105–118.

16. Махонина Г.И. Экологические аспекты почвообразования в техногенных экосистемах Урала. Екатеринбург: Изд-во Уральского ун-та, 2003. 356 с.

17. Абакумов Е.В., Гагарина Э.И. Почвообразование в посттехногенных экосистемах карьеров на северо-западе Русской равнины. СПб: Изд-во СПбГУ, 2006. 208 с.