

**ГИПОТЕЗЫ ФОРМИРОВАНИЯ БУРЫХ СУГЛИНКОВ ПРИМОРЬЯ:
РЕТРОСПЕКТИВА И НОВЫЙ ВЗГЛЯД (ДАЛЬНИЙ ВОСТОК РОССИИ)***

Т.Г. Рященко¹, Н.Н. Ухова¹, С.И. Штельмах¹, Н.И. Беянина², П.С. Беянин²

¹Институт земной коры СО РАН, ул. Лермонтова 128, г. Иркутск, 664033

²Тихоокеанский институт географии ДВО РАН, ул. Радио 7, г. Владивосток, 690041,
e-mail: nibelyanina@yandex.ru

Поступила в редакцию 10 декабря 2008 г.

Рассмотрены гипотезы формирования бурых суглинков Западного Приморья, широко распространенных в пределах межгорной Раздольненско-Ханкайской впадины и приуроченных к зоне холмисто-увалистого рельефа. Эти гипотезы были предложены в 70–80-х годах прошлого века. Накопление информации о породах лессовой формации на юге Восточной Сибири, получение новых аналитических данных о микроструктуре, минеральном, химическом и микроэлементном составе бурых суглинков и сравнительный анализ отложений позволили сформулировать более обоснованные представления относительно места бурых суглинков в сообществе лессовых пород.

Ключевые слова: бурые суглинки, лессы, четвертичные отложения, Западное Приморье, Раздольненско-Ханкайская впадина, Дальний Восток России.

ВВЕДЕНИЕ

“Лессовый покров территории России в общем виде достаточно изучен, но исследования будут продолжаться, поскольку еще остается много вопросов, в частности по территории Сибири и Дальнего Востока” [1]. Эти слова известного исследователя в области лессовой проблемы В.П. Ананьева весьма справедливы. Для Западной и Восточной Сибири к началу XXI века был накоплен большой объем данных геологического и инженерно-геологического характера по лессовым отложениям, о чем свидетельствуют опубликованные недавно монографии [9, 13], а территория Дальнего Востока до сих пор остается слабо изученной, хотя в 70–80-х годах прошлого века в научной печати развернулась дискуссия геологов-четвертичников относительно происхождения лессовых покровов этого региона, которые назывались авторами бурыми суглинками [2, 6, 7, 14, 23, 25].

Удачное стечение обстоятельств привело к созданию своеобразного “интеграционного проекта”, в рамках которого в распоряжении Аналитического центра Института земной коры СО РАН (ИЗК СО РАН) оказались коллекционные образцы бурых суглинков, отобранные в 2005 г. из Лучегорского бурого

угольного карьера (северо-запад Приморья) В.В. Голубовым; а из карьера Угловского кирпичного завода – П.С. Беяниным (рис. 1). Определение и возрастной анализ спорово-пыльцевых комплексов выполнен научным сотрудником Тихоокеанского института географии Н.И. Беяниной.

Анализ опубликованных материалов и результаты лабораторных исследований образцов этих отложений, представленные в предлагаемой статье, отражают ретроспективу и новый взгляд относительно гипотезы формирования бурых суглинков.

ГИПОТЕЗЫ ФОРМИРОВАНИЯ БУРЫХ СУГЛИНКОВ ПРИМОРЬЯ (РЕТРОСПЕКТИВНЫЙ ОБЗОР)

Известно, что бурые суглинки относятся к наиболее распространенным в Приморье четвертичным отложениям. Они залегают на обширных пространствах межгорной Раздольненско-Ханкайской впадины и приурочены к зоне холмисто-увалистого рельефа, осложненного отдельными массивами мелкосопочника [14].

Существует несколько точек зрения относительно формирования бурых суглинков: одна из них предполагает их аллювиально-делювиальное происхождение, другая – озерное, третья – эоловое.

Предположение о том, что отложения являются элювием или делювием, было высказано еще в

* Публикуется в дискуссионном порядке.

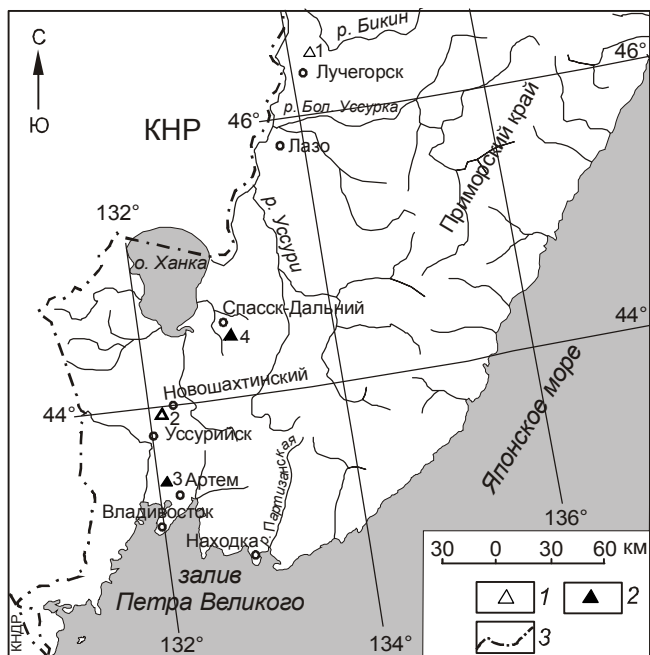


Рис. 1. Схема расположения изученных разрезов бурых суглинков.

1 – буроугольные разрезы: 1 – Лучегорский, 2 – Новошахтинский [25]; 2 – карьеры: 3 – Угловского кирпичного завода, 4 – Спасского цементного завода; 3 – государственная граница.

1956 г. А.И. Животовской [4], взгляды которой получили дальнейшее развитие в работах [6, 7]. Они рассматривали эти четвертичные образования как продукты полигенной аккумуляции при решающем участии делювиальных процессов, в меньшей степени – аллювиальных.

Другая гипотеза предполагает озерный генезис бурых суглинков, согласно которой аккумуляция осадков происходила в водоеме, который в раннем плейстоцене занимал обширные пространства Уссури-Ханкайской равнины [23]. Об озерном происхождении глинистых покровных отложений велись научные дискуссии не только в Приморье, но и в других регионах [22].

Концепция эолового происхождения бурых суглинков Приморья была предложена Г.С. Ганешиным [3] и Б.И. Павлюткиным [14, 25]. Они рассматривали эти отложения как продукт перигляциальной обстановки, но считали их своеобразными “влажными лессами”, которые формировались в холодные эпохи плейстоцена. Согласно воззрениям М.П. Лысенко [10, 11], структура “влажных” лессовых формаций отличается от классических лессов, формирование которых происходило в семиаридных, более суровых условиях перигляциальной зоны.

Следует заметить, что Б.И. Павлюткин выступает с критикой озерной и аллювиально-делювиальной

гипотез формирования исследуемого объекта. Он считает, что озерными бурые суглинки быть не могут, поскольку в составе этой толщи не удалось обнаружить хотя бы примерных аналогов донных осадков современного о. Ханка – песков, галечников пляжной фации, глинистых илов, кроме того, здесь отсутствует пестрая картина распределения фаций. Против аллювиально-делювиального происхождения отложений свидетельствует их покровное залегание на пологоувалистых междуречных пространствах и поверхности надпойменных террас в виде толщи мощностью до 10–40 м, удаленных на многие километры от ближайших потенциальных источников сноса [15].

Перечислим аргументы, которые приводит Б.И. Павлюткин для обоснования эолового происхождения “влажных” лессов Приморья, сопровождая их некоторыми комментариями.

Бурый цвет в суглинках не встречается вообще, это терминологическая неточность, считает Б.И. Павлюткин, типичная окраска – желтовато-серая, светло-коричневая, иногда палевая. Отметим, что наше описание воздушно-сухих образцов суглинков Лучегорского и Угловского карьеров подтверждает этот вывод, хотя следует заметить, что цвет отложений не является критерием их эолового генезиса. Часто при описании лессовых супесей и суглинков при природной влажности фиксируется их коричневый или буровато-коричневый цвет, однако при высушении образца цвет меняется и часто становится типичным палевым, что указывает на принадлежность отложений к сообществу лессовых пород.

Криогенные дислокации в виде дисгармоничных мелких складок, по классификации А.А. Величко, относятся к “мягкому”, атлантическому типу криотурбаций, поэтому их присутствие в бурых суглинках Приморья свидетельствует о значительной влажности климата во время накопления этих отложений. Правда, криотурбации также не относятся к признакам эолового генезиса рассматриваемого объекта.

Б.И. Павлюткин отмечает высокую глинистость бурых суглинков, что является признаком избыточного увлажнения при формировании лессовых отложений в отдельных зонах Земли в перигляциальные эпохи (образование почвенных горизонтов происходило при потеплении климата, влажность, возможно, увеличивалась). Это еще один признак, который подтверждает принадлежность бурых суглинков к “влажным” лессам, но не является критерием их эолового генезиса.

Минеральная ассоциация глинистой фракции (по данным Б.И. Павлюткина, исследовано 45 образцов) представлена гидрослюдой и смешанослойными минералами типа гидрослюда–сметит, в ряде

образцов обнаружен смектит (до 15 %), подчиненную роль играют каолинит и железистый хлорит. Суглинки слабо набухают, что подтверждает незначительное присутствие набухающих минералов (смектита). Установленная ассоциация характерна для отложений, формирование которых происходило в условиях холодной, умеренно влажной климатической обстановки [16]. Следовательно, этот признак снова подтверждает принадлежность бурых суглинков к “влажным” лессам, но к числу критериев их эолового генезиса не относится.

Надо сказать, что в настоящее время получены несколько иные данные о взаимосвязи глинистых минералов и климатических условий формирования отложений. Например, в Верхнем Приангарье (район Иркутска) лессовидные отложения, залегающие в виде покровов на второй–четвертой террасах Ангары (dQ_3^3), содержат до 60–70 % смектита и сильно набухают (16–20 %), а те же образования в районе Братского водохранилища (Среднее Приангарье) – гидрослюда (40–58 %), каолинит (23–44 %) и хлорит (23–44 %) [20]. Отложения формировались в условиях холодного семиаридного климата перигляциальной зоны, поэтому, в соответствии с прежними представлениями (они приведены выше), везде должна преобладать гидрослюда. Но здесь ведущим фактором оказались не климатические условия формирования отложений, а геологические – тип формаций, которые играли роль источника песчано-пылеватого материала. Лессовидные толщи унаследовали глинистые минералы этих формаций: смектит связан с юрской угленосной (Иркутск), гидрослюда и каолинит – средне-верхнекембрийской красноцветной терригенной (район Братского водохранилища). Можно отметить, что все-таки признаком влажных зон в пределах перигляциальных территорий (к таким зонам относится Приморье) является присутствие в глинистой фракции наряду с гидрослюдой смешанослойных минералов типа гидрослюда–смектит.

Основным доказательством эоловой гипотезы формирования бурых суглинков оказались результаты сопоставления минерального состава тяжелых песчано-пылеватых фракций этих отложений и подстилающих пород – галечников и песков высоких надпойменных террас р. Раздольной в районе г. Уссурийска, песчано-галечных отложений нижнечетвертично-эоплейстоценовой аккумулятивной поверхности (водораздел между водосборными бассейнами Японского моря и оз. Ханка), песчаников и алевролитов миоцена (Ханкайская котловина). Установлено, что связь по тяжелым компонентам между суглинками и субстратом очень слабая. Некоторая унаследованность наблюдается только тогда, когда подстила-

ющие породы имеют миоцен-эоплейстоценовый возраст: ильменит, циркон, лейкоксен, эпидот преобладают и в суглинках, и в субстрате.

В суглинках, залегающих на аллювиальных галечниках надпойменных террас, состав тяжелых минералов остается прежним (ильменит, циркон, лейкоксен, эпидот), однако в субстрате отмечена иная ассоциация – эпидот, роговая обманка, ромбический пироксен.

Б.И. Павлюткин делает выводы: источником эоловой пыли служили не местные породы. В качестве одного из таких источников можно рассматривать шельф окраинных морей, который осушался в холодные эпохи плейстоцена; возможно, источником пылеватого материала могли служить обширные районы Центральной Азии. С этим выводом остается только согласиться.

Относительно возраста бурых суглинков известно следующее [14, 15, 25]. Бурые суглинки обычно бедны микрофоссилиями. Но достаточно содержательные спектры получены из серых, гумусированных суглинков, встречающихся в бурых суглинках в виде невыдержанных, разорванных криотурбациями прослоев. Так, на побережье Амурского залива из отложений бурых суглинков в карьере Угловского кирпичного завода (рис. 2) с глубины 2.2–3.0 м выделен палинокомплекс с пылью северобореальной таежной растительности. Среди хвойных отмечаются *Pinus*, *Abies*, *Pinus s/g Haploxylo*. В группе мелколиственных доминирует пыльца берез (*Betula* sect. *Nanae*, *Betula* sect. *Albae*, *Betula* sp.). Травянистые растения представлены осоковыми, злаковыми и разнотравьем, споры – мхами *Sphagnum*. Аналогичные палиноспектры получены из бурых суглинков, покровно перекрывающих отложения нижнечетвертично-эоплейстоценового аллювия палео-Раздольной (буроугольный разрез Павловский), в районе г. Спасска (карьер Спасского цементного завода), в междуречье рр. Усури–Бол. Уссурка, Усури–Бикин (буроугольный карьер Лучегорский). Во всех случаях палиноспектры отражают холодные, умеренно-влажные климатические условия среднего–позднего неоплейстоцена.

Практически в Приморье наблюдается ситуация, аналогичная установленной в Приангарье (район г. Иркутска), где покровы лессовидных супесей и суглинков распространены в пределах придолинных склонов Ангары (там они залегают на юрских песчаниках) и на поверхности второй–пятой надпойменных террас. Возраст этих отложений – позднечетвертичный, генезис – делювиальный, при этом доказано участие эолового фактора при накоплении некоторых элементарных слоев толщи [18, 21].



Рис. 2. Обнажение толщи бурых суглинков (Угловской кирпичный завод).

Приведенный ретроспективный обзор материалов позволяет заключить, что озерными бурые суглинки, вероятнее всего, не являются. Их эоловый генезис подтверждают условия залегания (это покровы) и отсутствие сходства минеральной ассоциации тяжелой фракции с субстратом. Высокая глинистость и присутствие смешанослойных минералов (гидрослюда-сметит) являются признаками умеренно-влажной климатической обстановки формирования отложений в пределах перигляциальной зоны (это, по Б.И. Павлюткину, “влажные лессы”). Бурые суглинки слагают средне-верхнечетвертичную толщу, залегающую в виде покрова на полигенных поверхностях выравнивания, слаборасчлененных аккумулятивных поверхностях высоких надпойменных террас.

РЕЗУЛЬТАТЫ АНАЛИТИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ БУРЫХ СУГЛИНКОВ

Аналитические исследования проводились по образцам, отобраным в Лучегорском и Угловском карьерах.

Описание бурых суглинков *Лучегорского буроугольного карьера* приводится по скв. 554 глубиной 34.5 м, пробуренной в процессе проведения геолого-разведочных работ под руководством В.Б. Сергеева.

0.0–0.4 м – почвенно-растительный слой.

0.4–0.6 м – суглинок светло-коричневый, тяжелый с оолитами гидроксидов железа и марганца.

Переход постепенный.

0.6–2.0 м – суглинок темно-бурый, тяжелый, с линзами темно-серого цвета (фрагменты ископаемых почв).

Переход постепенный 2.0–6.0 м.

6.0–11.0 м – суглинок светло-коричневый, тяжелый, с линзами суглинка серого, с оолитами гидроксидов Fe и Mn.

Переход постепенный.

11.0–13.3 м – суглинок коричнево-желтый, тяжелый, с линзами суглинка серого с редкой дресвой.

Следует заметить, что суглинки приведенного разреза к группе лессовых образований не отнесены, отмечены только их пылеватость и ожелезнение.

В Аналитическом центре ИЗК СО РАН выполнено описание представленных шести воздушно-сухих образцов – это суглинки серого или белесого цвета с недоразвитыми макропорами и суглинка лессовидного облика. Первые, возможно, являются погребенными почвами, однако отсутствие образцов с ненарушенной структурой не позволило провести микроморфологический анализ этих образований, кроме того, содержание в них гумуса изменялось в широких пределах (0.26–3.82 %), поэтому вопрос о погребенных почвенных горизонтах остается открытым. По всей вероятности, это те же лессовидные суглинки (Is), в ряде случаев гумусированные (Is*).

Описаны следующие образцы:

ЛУ1 – 6 м. Суглинок серый с характерной скорлуповатой структурой; ломается с некоторым трудом, на изломе видны недоразвитые макропоры и белесые налеты (пятна пылеватого материала) (Is*).

ЛУ2 – 7 м. Образец, аналогичный вышеописанному, но руками не ломается, разбивается только молотком (Is*).

ЛУ3 – 8 м. Суглинок палево-белесого цвета, руками не ломается, разбивается молотком (ls*).

ЛУ4 – 11 м. Суглинок желтый (“рыжий”), пылеватый (пачкает руки), имеет характерную крупно-скорлуповатую структуру, по плоскостям отдельностей – сильное ожелезнение; поверхность отдельностей – литая (агрегированная); образец ломается легко, видны мелкие включения угля (суглинок лессовидного облика – ls).

ЛУ5 – 13 м. Суглинок буровато-желтый, пылеватый, ломается легко, отмечаются вцементированные включения дресвы, ожелезнение; структура – характерная мелкокомковатая (суглинок лессовидного облика – ls).

ЛУ6 – 14.0 м. Суглинок желтовато-палевоый, пылеватый, ломается легко, имеет крупно-скорлуповатую структуру; по плоскостям «скорлупок» (их поверхность литая – агрегированная) отмечаются темные пятна (суглинок лессовидного облика – ls).

Разрез Угловского карьера:

0.0–0.5 м – суглинок коричневатый-серый, тяжелый.

0.5–2.2 м – суглинок слоистый по цвету (коричневый и серый), слои мягкие, перекрученные (криогенная текстура).

2.2–3.0 м – суглинок бурый.

3.0–3.5 м – суглинок серый, гумусированный, тяжелый.

3.5–4.5 м – суглинок слоистый по цвету (от бурого до серого).

4.5–5.0 м – переслаивание суглинка серого и бурого.

5.0–5.5 м – суглинок серый гумусированный, однородный.

Описание трех воздушно-сухих образцов:

ВЛ1 – 3 м. Суглинок светло-серый, гумусированный, с прожилками ожелезнения, характеризуется скорлуповатой структурой; на изломе хорошо видны недоразвитые макропоры, поверхности излома образца (ломается он с некоторым усилием) и «скорлупок» – литые (агрегированные) (ls*).

ВЛ2 – 4 м. Суглинок палевоый, сильно пачкает руки (пылеватый); отмечается характерная скорлуповатая структура; ломается с небольшим усилием, поверхность излома образца изрезана макропорами (недоразвитыми и более крупными, до 1 мм), слегка жирная на ощупь (суглинок лессовидного облика – ls).

ВЛ3 – 6 м. Суглинок желтый (охристый), пачкает руки (пылеватый); на изломе отмечается равномерное ожелезнение, видны редкие макропоры; характерна та же скорлуповатая (брекчиевидная) структура (суглинок лессовидного облика – ls).

Таким образом, описанные образцы суглинка из Лучегорского угольного карьера (ЛУ4 – 11 м; ЛУ5 – 13 м; ЛУ8 – 14 м) и карьера Угловского кирпичного завода (ВЛ2 – 4 м; ВЛ3 – 6 м) имеют лессовидный облик, признаками которого являются желтая и палево-окраска, пылеватость и в различной степени выраженная макропористость.

Светло-серые суглинки (ЛУ1 – 6 м; ЛУ2 – 7 м; ЛУ3 – 8 м; ВЛ1 – 3 м) в воздушно-сухом состоянии ломаются с трудом, часто их нужно разбивать молот-

ком, что свидетельствует о высокой глинистости и агрегированности этих образований; на изломе образца хорошо видны недоразвитые макропоры.

Характерная особенность лессовидных (ls) и гумусированных (ls*) суглинков – скорлуповатая структура и ожелезнение; в верхней части разреза (интервал 0.5–2.2 м) наблюдаются криогенные текстуры.

МЕТОДИКА И РЕЗУЛЬТАТЫ ЛАБОРАТОРНОГО ИЗУЧЕНИЯ КОЛЛЕКЦИОННЫХ ОБРАЗЦОВ

Микроструктура. Изучались параметры микроструктуры суглинков по новому методу “структурных диаграмм”, разработанному в грунтоведческой группе Аналитического центра ИЗК СО РАН [19]. Он основан на результатах гранулометрического анализа, который выполняется пипеточным методом с двумя способами подготовки образца: агрегатной (взбалтывание в воде – разрушаются только водонестойчивые агрегаты) и дисперсной (кипячение с пиррофосфатом натрия – максимально разрушаются агрегаты, если они имеются в грунте). Затем рассчитываются коэффициенты микроагрегатности ($K_{ма}$) по методике, предложенной А.К. Ларионовым [8]. Этот коэффициент представляет собой разность содержания глинистой (< 0.002 мм) фракции, определенного при гранулометрическом анализе с дисперсной и агрегатной подготовкой образца. Но если А.К. Ларионов предложил считать $K_{ма}$ только для одной фракции (< 0.002 мм), то мы стали вести расчеты для всех шести: средне-крупнопесчаной (1.0–0.25 мм), тонко-мелкопесчаной (0.25–0.05), крупнопылеватой (0.05–0.01), мелкопылеватой (0.01–0.002), грубоглинистой (0.002–0.001) и тонкоглинистой (< 0.001). По разности содержания соответствующих фракций, определенного при дисперсной и агрегатной подготовке образца (получаем шесть коэффициентов микроагрегатности: $K_{ма}^1 - K_{ма}^6$), можно оценить степень агрегированности грунта, определить количество и размеры агрегатов. Значения коэффициентов микроагрегатности с отрицательным знаком показывают количество агрегатов соответствующей размерности (содержание фракции уменьшается за счет разрушения этих агрегатов), с положительным – содержание фракции в составе агрегатов (при их разрушении частицы меньших размеров освободились и составили прибавку соответствующей фракции).

Кроме того, можно рассчитать для каждой фракции долю первичных (свободных) и захваченных в агрегаты (несвободных) частиц. Отношение свободных субъектов к общему количеству фракции (первичные частицы + те же частицы в составе агрегатов) представляет собой специальный показатель, который мы назвали коэффициентом свободы (F).

Участие различных частиц в строении агрегатов можно определить по степени снижения их коэффициента свободы: чем меньше коэффициент, тем больше этих частиц находится в агрегатах. В зависимости от количества агрегатов (A_i , %) определяется тип микроструктуры. Для выявления типа структурной модели грунта определяется сумма агрегатов и первичных частиц соответствующего размера ($X_i = A_i + M_i$) и рассчитывается коэффициент элементарности, показывающий долю первичных частиц в общей сумме структурных элементов ($G = M_i / [A_i + M_i]$). Тип структурной модели устанавливается по двум позициям: размеру преобладающих структурных элементов и коэффициенту элементарности.

Результаты определения гранулометрического состава (табл. 1), расчеты коэффициентов микроагрегатности (табл. 2) и параметров микроструктуры (табл. 3) суглинков позволили установить типы их микроструктуры и структурной модели (табл. 4). Индексы, используемые в указанных таблицах, являются стандартными в разработанном нами новом методе “структурных диаграмм”.

Тип микроструктуры определяется по количеству агрегатов в соответствии с классификационной таблицей. Оказалось, что все исследованные образцы имеют агрегированную и скелетно-агрегированную микроструктуру; среди агрегатов преобладают крупнопылеватые (A^3). Агрегаты состоят преимущественно из тонкоглинистых (< 0.001 мм) частиц, поскольку коэффициент свободы этих частиц (F^6) оказался минимальным (0.5–12.0 %).

Полную свободу имеют крупнопылеватые фракции (они не входят в состав агрегатов и являются первичными), однако их содержание составляет всего 14.2–26.2 %, а пылеватость отложений, которая фиксируется при просмотре воздушно-сухих образцов, обеспечивается суммарным объемом пылеватых агрегатов и первичных частиц тех же размеров (по данным стандартной гранулометрии, он составляет 55.4–82.6 %). Мелкопылеватые фракции частично находятся в составе агрегатов, другая их часть – это свободные первичные субъекты, количество которых находится в пределах 15.7–32.4 %. Таким образом, “первичная пыль” (крупно- и мелкопылеватые фракции) в “бурых суглинках” составляет в среднем 43.8 % (36.8–55.9 %). Возможно, именно эти свободные компоненты имеют эоловое происхождение. Но откуда появились агрегаты? Вряд ли они были принесены ветром. Вероятнее всего предположить их происхождение на стадии диагенеза, когда в условиях повышенной влажности происходила коагуляция глинистых частиц, высокое содержание которых обеспечило делювиальные процессы, действующие,

Таблица 1. Результаты гранулометрического анализа бурых суглинков.

№ образца, глубина, м	Индекс	$M_{пс}^1$	$M_{пс}^2$	$M_{п}^1$	$M_{п}^2$	$M_{с}^1$	$M_{с}^2$
Лучегорский угольный карьер (разрез аналогичен скв. 508)							
ЛУ1, 6	ls*	4.0	31.7	44.7	15.7	0.7	3.2
		3.2	14.4	34.5	32.7	5.8	9.7
		2.5	9.5	22.4	24.7	10.9	30.0
ЛУ2, 7	ls*	4.0	17.5	52.8	20.1	1.9	3.7
		3.6	7.2	39.2	32.2	7.4	10.4
		1.6	1.3	24.3	27.6	2.1	43.3
ЛУ3, 8	ls*	5.2	20.0	49.1	22.6	2.3	1.0
		0.8	13.7	45.2	31.0	5.8	3.5
		0.4	10.1	14.2	28.2	17.6	29.5
ЛУ4, 11–12	ls	2.0	9.6	49.7	33.3	3.1	2.3
		1.5	5.9	39.8	34.3	11.0	7.5
		0.6	10.2	23.5	32.4	13.4	20.1
ЛУ5, 13	ls	5.6	27.5	46.9	18.3	0.9	0.8
		3.6	15.9	42.0	26.3	6.0	6.4
		2.5	10.2	26.5	27.6	10.9	22.3
ЛУ6, 14	ls	3.2	19.7	51.0	21.9	1.0	3.2
		1.0	4.6	42.0	40.6	4.0	7.8
		0.6	14.6	15.6	32.0	12.0	25.7
Карьер Угловского кирпичного завода							
ВЛ1, 3	ls*	Нет материала для анализа					
		4.8	10.4	36.9	35.8	3.3	8.8
ВЛ2, 4	ls	32.0	19.2	28.1	18.5	1.2	1.0
		31.3	6.4	27.4	28.0	3.0	3.9
		30.2	7.6	25.8	22.8	3.2	10.4
ВЛ3, 6	ls	6.0	11.4	51.8	28.9	1.7	0.2
		2.3	10.5	41.9	32.9	6.6	5.8
		0.5	10.0	19.9	28.8	6.7	34.1

Примечание. Здесь и в табл. 2–7: ls* – лессовидные гумусированные отложения, ls – лессовидные отложения. Верхняя строка – результаты анализа с агрегатной подготовкой образца, средняя – то же с полудисперсной (стандартной), нижняя – то же с дисперсной; содержание фракций (%): $M_{пс}^1$ – средне-крупнопесчаной (1–0.25 мм); $M_{пс}^2$ – тонко-мелкопесчаной (0.25–0.05); $M_{п}^1$ – крупнопылеватой (0.05–0.01); $M_{п}^2$ – мелкопылеватой (0.01–0.002); $M_{с}^1$ – грубоглинистой (0.001–0.002); $M_{с}^2$ – тонкоглинистой (< 0.001).

Таблица 2. Расчеты коэффициентов микроагрегатности бурых суглинков ($K_{ма}$).

№ образца – глубина, м	Индекс	$K_{ма}^{1-2}$	$K_{ма}^{1-1}$	$K_{ма}^{2-2}$	$K_{ма}^{2-1}$	$K_{ма}^{3-2}$	$K_{ма}^{3-1}$
ЛУ1 – 6	ls*	-1.5	-22.2	-22.3	9.0	10.2	26.8
ЛУ2 – 7	ls*	-2.4	-16.2	-28.5	7.5	0.2	39.6
ЛУ3 – 8	ls*	-4.8	-9.9	-31.0	5.6	15.5	28.5
ЛУ4 – 11	ls	-1.4	0.6	-26.2	-0.9	10.3	17.8
ЛУ5 – 13	ls	-3.1	-17.3	-20.4	9.3	10.0	21.5
ЛУ6 – 14	ls	-2.6	-5.1	-35.4	10.1	11.0	22.0
ВЛ2 – 4	ls	-1.8	-11.6	-2.3	4.3	2.0	9.4
ВЛ3 – 6	ls	-5.5	-1.4	-31.9	-0.1	5.0	33.9

Примечание. $K_{ма}$ – коэффициенты микроагрегатности (%), рассчитанные соответственно для M_c^2 , M_c^1 ($K_{ма}^{1-2}$, $K_{ма}^{1-1}$), $M_{пс}^2$, $M_{пс}^1$ ($K_{ма}^{2-2}$, $K_{ма}^{2-1}$) и $M_{пс}^2$, $M_{пс}^1$ ($K_{ма}^{3-2}$, $K_{ма}^{3-1}$).

Таблица 3. Основные параметры микроструктуры бурых суглинков.

П, %	ЛУ1-6 ls*	ЛУ2-7 ls*	ЛУ3-8 ls*	ЛУ4-11 ls	ЛУ5-13 ls	ЛУ6-14 ls	ВЛ2-4 ls	ВЛ3-6 ls
A	46.0	47.1	45.7	28.5	40.8	43.1	15.7	38.9
A ¹	1.5	2.4	4.8	1.4	3.1	2.6	1.8	5.5
A ²	22.2	16.2	9.9	-	17.3	5.1	11.6	1.4
A ³	22.3	28.5	31.0	26.2	20.4	35.4	2.3	31.9
A ⁴	-	-	-	0.9	-	-	-	0.1
A ⁵	-	-	-	-	-	-	-	-
M ¹	2.5	1.6	0.4	0.6	2.5	0.6	30.2	0.5
M ²	9.5	1.3	10.1	9.6	10.2	14.6	7.6	10.0
M ^{2-A}	-	-	-	0.6	-	-	-	-
M ³	22.4	24.3	14.2	23.5	26.5	15.6	25.8	19.9
M ^{3-A}	-	-	-	-	-	-	-	-
M ⁴	15.7	20.1	22.6	32.4	18.3	21.9	18.5	28.8
M ^{4-A}	9.0	7.5	5.6	-	9.3	10.1	4.3	-
M ⁵	0.7	1.9	2.3	3.1	0.9	1.0	1.2	1.7
M ^{5-A}	10.2	0.2	15.3	10.3	10.0	11.0	2.0	5.0
M ⁶	3.2	3.7	1.0	2.3	0.8	3.2	1.0	0.2
M ^{6-A}	26.8	39.6	28.5	17.8	21.5	22.5	9.4	33.9
M ⁷	30.0	43.3	29.5	20.1	22.3	27.7	10.4	34.1
M ⁸	40.9	45.4	47.1	33.5	33.2	37.7	13.8	40.8
M ⁹	3.9	17.8	9.3	18.5	12.4	11.8	6.9	12.4
K _{гп}	10.5	2.6	5.1	1.8	2.7	3.2	2.0	3.3
M ¹¹	67.2	71.4	76.2	74.1	68.3	82.6	55.4	74.8
M ¹²	47.1	51.9	42.4	55.9	54.1	47.6	48.6	48.7
F ¹	100	100	100	100	100	100	100	100
F ²	100	100	100	94	100	100	100	100
F ³	100	100	100	100	100	100	100	100
F ⁴	64	73	80	100	66	68	81	100
F ⁵	6	90	13	23	8	8	38	25
F ⁶	11	9	3	11	4	12	10	0.5

Примечание. Здесь и в табл. 4, 5: П – параметры микроструктуры (%): А – общее количество агрегатов, в том числе А¹⁻⁵ – 1–0.25 мм; 0.25–0.05; 0.05–0.01; 0.01–0.002; 0.002–0.001; М¹⁻⁵ – количество первичных частиц тех же размеров, М⁶ – количество первичных частиц < 0.001 мм; М^{2-A} – М^{6-A} – количество частиц 1–0.25 мм; 0.25–0.05; 0.05–0.01; 0.01–0.002; 0.002–0.001; < 0.001 в составе агрегатов; М⁷ – реальное общее количество (первичных и в составе агрегатов) частиц < 0.001 мм; М⁸ – реальное общее количество (первичных и в составе агрегатов) частиц < 0.002 мм (нижняя строка в табл. 1); М⁹ – общее количество частиц < 0.002 мм по стандартной гранулометрии (средняя строка в табл. 1); К_{гп} – коэффициент глинистости (М⁸ / М⁹); М¹¹ – общее количество крупно- и мелкопылеватых частиц (0.05–0.002 мм) по стандартной гранулометрии (средняя строка в табл. 1); М¹² – общее количество (первичных и в составе агрегатов) крупно- и мелкопылеватых частиц (0.05–0.002 мм) (нижняя строка в табл. 1); F¹⁻⁶ – коэффициенты свободы, рассчитанные для фракций 1–0.25 мм; 0.25–0.05; 0.05–0.01; 0.01–0.002; 0.002–0.001; < 0.001.

Таблица 4. Типы микроструктуры и структурной модели бурых суглинков.

№ образца-глубина, м	A (%)	Тип микро-структуры	Тип структурной модели грунта	M ⁷	F ⁶	M ⁸
ЛУ1 – 6 ls*	46.0	аг	X ³ 44.7 G ³ 50 крупнопылеватая, смешанная	30.0	11	40.9
ЛУ2 – 7 ls*	47.1	аг	X ³ 52.8 G ³ 46 крупнопылеватая, смешанная	43.3	9	45.4
ЛУ3 – 8 ls*	45.7	аг	X ³ 45.2 G ³ 31 крупнопылеватая, смешанная	29.5	3	47.1
ЛУ4 – 11 ls	28.5	ск-аг	X ³ 49.7 G ³ 47 крупнопылеватая, смешанная	20.1	11	33.5
ЛУ5 – 13 ls	40.8	аг	X ³ 46.9 G ³ 57 крупнопылеватая, смешанная	22.3	4	33.2
ЛУ5 – 14 ls	43.1	аг	X ³ 51.0 G ³ 31 крупнопылеватая, смешанная	27.7	12	37.7
ВЛ2 – 4 ls	15.7	аг-ск	X ¹ 32.0 G ¹ 94 средне-крупнопесчаная элементарная	10.4	10	13.8
ВЛ3 – 6 ls	38.9	ск-аг	X ³ 51.8 G ³ 36 крупнопылеватая, смешанная	34.1	0.5	40.8

Примечание. Тип микроструктуры (здесь и в табл. 5): аг – агрегированная, ск-аг – скелетно-агрегированная, аг-ск – агрегированно-скелетная. X³, X¹ – содержание (%) преобладающих структурных элементов (первичные частицы + агрегаты) определенного размера. G¹, G³ – коэффициенты элементарности, показывающие долю (%) первичных частиц в общей сумме структурных элементов, соответственно для средне-крупнопесчаной и крупнопылевой типов структурной модели.

наряду с золовыми, на стадии седиментогенеза; в постдиагенетическую стадию увеличению глинистости и агрегированности осадка могли способствовать процессы почвообразования. Возможно, в формировании агрегатов принимали участие и криогенные процессы перигляциальной зоны (видимо, многолетней мерзлоты здесь не было, но имело место сезонное промерзание – оттаивание грунтов).

Установлено, что содержание глинистой фракции (< 0.002 мм) в бурых суглинках очень высокое (33.2–47.1 %), при этом резко преобладают тонкоглинистые частицы (< 0.001 мм). Но эти фракции в основной своей массе находятся в составе агрегатов, поэтому, по данным стандартного гранулометрического анализа (см. среднюю строку в табл. 1), содержание глинистого материала в отложениях оказывается меньше в 2–11 раз. Следовательно, стандартная гранулометрия отражает только формальную картину соотношения фракций и не дает информации о микроструктуре грунта.

Следует заметить, что при разделении фракций использовалась грунтоведческая классификация [12], согласно которой выделяются крупно-среднепесчаные, тонко-мелкопесчаные, крупнопылеватые, мелкопылеватые, грубоглинистые (0.002–0.001 мм) и тонкоглинистые (< 0.001 мм) частицы. На этой классификации основаны данные гранулометрического анализа отложений (дисперсных грунтов) и расчеты параметров микроструктуры по новому, нами разра-

ботанному методу структурных диаграмм, поэтому не выделялись илы “А” и “В”. Картина микростроения показана с помощью расчетов параметров микроструктуры – установлены типы микроструктуры и структурной модели отложений. Агрегаты в бурых суглинках состоят из тонкоглинистых фракций, о чем говорит низкий коэффициент свободы этих фракций.

Структурная модель грунта (бурых суглинков), за исключением одного образца, является крупнопылевой смешанной (табл. 4), при этом отмечается высокое реальное содержание глинистой составляющей, которая занимает “пассивное” положение, поскольку мобилизована в агрегаты преимущественно крупнопылевой размерности.

Параметры микроструктуры бурых суглинков Западного Приморья (средние значения по восьми образцам – табл. 3) мы сопоставили с аналогичными данными, полученными при обобщении материалов по лессовым отложениям Приангарья, Забайкалья и Северо-Западного Китая [24]. Оказалось, что бурые суглинки заняли свою “особую нишу” в сообществе лессовых отложений – общее количество агрегатов значительно выше, поэтому тип микроструктуры – агрегированный и скелетно-агрегированный; среди агрегатов преобладают крупнопылеватые (их среднее содержание 24.8 %, в то время как в отложениях других регионов только 4–8 %); отмечается высокое реальное содержание тонкоглинистой фракции (27.1 %) при очень низком значении ее коэффициен-

Таблица 5. Сравнительная характеристика параметров микроструктуры лессовых отложений Приангарья (I), Забайкалья (II), Северо-Западного Китая (III) и Приморья (IV).

Регион	A	Тип микроструктуры	A ¹	A ²	A ³	M ⁸	M ⁷	F ⁶	Тип структурной модели
I	22.0	аг-ск	1.2	13.0	7.0	15.2	10.1	21	X ³ 49 G ³ 85
II	22.7	аг-ск	4.8	12.0	6.0	18.7	13.0	22	X ² 54 G ² 76
III	21.4	аг-ск	0.4	14.8	3.7	13.5	10.8	21	X ³ 45 G ³ 92
IV	38.2	аг, ск-аг	2.9	10.4	24.8	30.6	27.3	8	X ³ 49 G ³ 43

Примечание. A – общее содержание агрегатов (%); A¹, A², A³ – содержание средне-крупнопесчаных (1–0.25 мм), тонко-мелкопесчаных (0.25 – 0.05), крупнопылеватых (0.05 – 0.01) агрегатов (%); M⁷ – реальное общее количество (первичных и в составе агрегатов) частиц < 0.001 мм; M⁸ – реальное общее количество (первичных и в составе агрегатов) частиц < 0.002 мм (%); F⁶ – коэффициент свободы фракции < 0.001 мм.

та свободы (8 %); структурная модель – крупнопылеватая, однако коэффициент элементарности оказывается значительно ниже (43 %) по сравнению с другими объектами сравнения (76–92 %) (табл. 5).

По поводу “особой ниши”, которую занимают бурые суглинки, хотелось бы сказать следующее. При изучении коллекционных образцов методика Рухина нами не использовалась, однако достаточно широкий спектр аналитических исследований позволил сделать выводы, изложенные в статье. Часть этих выводов, естественно, носит дискуссионный характер и не претендует на глобальные обобщения, тем не менее, они отражают “новый взгляд” относительно гипотез формирования бурых суглинков Приморья.

Установленные особенности микроструктуры и высказанные выше предположения позволяют предложить следующую “комбинированную” гипотезу относительно формирования бурых суглинков Западного Приморья: “первичная пыль” – продукт эолового привноса материала на стадии седиментогенеза; реальная высокая глинистость – продукт делювиальных процессов стадии седиментогенеза (возможно, эоловый фактор носил периодический характер либо действовал совместно с делювиальным плоскостным сносом) и почвообразовательных процессов эпигенетического характера; высокая агрегированность – продукт коагуляции первичных глинистых частиц в условиях повышенной влажности перигляциала и, возможно, процессов сезонного промерзания–оттаивания грунта, которые происходили на стадии диагенеза и в период постдиагенетических преобразований породы.

С выводом Б.И. Павлюткина [14, 25], что бурые суглинки Западного Приморья и Приамурья можно считать “влажными” эквивалентами лессов Китая нельзя согласиться по следующим причинам.

Во-первых, внешний облик лессов Китая, особенно свиты малань, совершенно иной – они имеют

типичный палевый цвет, высокие пылеватость и карбонатность, хорошо выражена макропористость.

Во-вторых, по мощности (430 м) и количеству горизонтов погребенных почв (17–20) лессы Китая не сопоставимы с бурыми суглинками.

В-третьих, лессы Китая представлены тремя разновозрастными свитами (снизу вверх): учин (vQ₁ – 200 м), лиши (vQ₂ – 200 м), малань (vQ₃ – 30 м), в то время как бурые суглинки принадлежат двум возрастным комплексам – средне-верхнечетвертичному.

Мы склонны считать бурые суглинки Западного Приморья “влажным эквивалентом” лессовидных отложений юга Восточной Сибири (Приангарье, Забайкалье), о чем свидетельствуют их условия залегания, возраст и литологические особенности. Высокая агрегированность, по нашему мнению, как раз и связана с условиями повышенной влажности климата перигляциальной зоны Приморья в холодные фазы среднего–позднего неоплейстоцена; на юге Восточной Сибири в эти периоды господствовал холодный и сухой – семиаридный – климат.

В работе Б.И. Павлюткина имеется еще одно замечание. Он пишет, что у бурых суглинков отсутствуют такие характерные для лессов признаки, как высокая пористость, просадочность и карбонатность. Почему? А потому, что они являются “влажными” эквивалентами лесса, в которых пористость и просадочность выражены слабо, а карбонаты кальция выщелачиваются [10].

По нашему мнению, вероятнее всего, низкая пористость (высокая плотность) и отсутствие (возможно, не во всех случаях) просадочности связаны с современными климатическими условиями Приморья, которые характеризуются высокой гумидностью (муссонный климат). Для Верхнего Приангарья (район Иркутска), которое относится к современной умеренно гумидной зоне, просадочность в лессовидных отложениях разнородна (дополнительно влияет присутствие смектита, который вызывает набухание и

препятствует просадочности в условиях того или иного давления). В то же время лессовидные отложения Забайкалья и Монголии, которые находятся в зоне недостаточного увлажнения, в большинстве случаев являются просадочными.

Нужно также заметить, что именно для лессовидных отложений (но не лессов) как раз и характерна разнородность в проявлении лессовых признаков – пылеватости, макропористости, карбонатности, плотности и просадочности. Следовательно, можно предположить, что суглинки Приморья – “влажный” эквивалент лессовидных отложений юга Восточной Сибири, но не эоловых лессов Китая.

Глинистые минералы. Минеральный состав тонкоглинистой фракции (табл. 6) полностью совпал с таковым, приведенным в работе Б.И. Павлюткина [14, 25], и является признаком принадлежности отложений к “влажному” эквиваленту, но не лессов Китая, а лессовидных суглинков юга Восточной Сибири. Во всех образцах отмечается несовершенная (нарушенная) структура смектита, каолинита и хлорита и присутствие смешанослойных минералов. Кроме того, в некоторых образцах обнаружены вермикулит и гидробиотит (последний представляет собой смешанослойный минерал биотит–вермикулит). Однотипность минеральных ассоциаций глинистой фракции бурых суглинков можно рассматривать как признак делювиального способа накопления первичного глинистого материала и действия почвообразовательных процессов.

Водорастворимые соли, карбонаты и аморфные оксиды. Эти компоненты определялись по результатам химического анализа водных, солянокислых и щелочных вытяжек бурых суглинков (табл. 7).

Содержание водорастворимых солей в среднем составляет 0.427 % (0.267–0.550), тип засоления – карбонатно-сульфатный, реакция среды – кислая; содержание катионов натрия и калия в 4–10 раз больше по сравнению с катионами кальция и магния.

Общее содержание карбонатов находится в пределах 4.57–10.83 % при среднем значении 8.88 %, при этом фиксируется преобладание FeCO_3 – в среднем 5.48 % (кальциевые и магниевые соли в сумме составляют только 3.21 %).

Бурые суглинки отличаются повышенным содержанием аморфных полуторных оксидов (в среднем 4.15 %) и подвижных форм оксида алюминия (1.91 %), которые выполняют роль компонентов, обеспечивающих структурные связи как внутри агрегатов, так и между ними и первичными частицами.

Кислая среда, пониженное содержание кальциевых карбонатов и обогащение отложений аморфными оксидами алюминия и железа – признаки повышенной увлажненности условий формирования осадков на стадии седиментогенеза (имели место процессы выщелачивания и оглеения).

Гумус, емкость катионного обмена и седиментационный объем. Эти показатели определялись по стандартным методикам, изложенным в методическом пособии по инженерно-геологическому изучению

Таблица 6. Минеральный состав фракции < 0.001 мм бурых суглинков (по данным фазового рентгеноструктурного анализа).

№ образца – глубина, м	Минеральный состав фракции < 0.001 мм
ЛУ1 – 6 ls*	Гидрослюда с разбухающими смектитовыми пакетами, каолинит, структурно несовершенный смектит, смешанослойный минерал гидрослюда–смектит; возможны следы вермикулита и серпентина.
ЛУ2 – 7 ls*	Смешанослойный минерал гидрослюда–смектит, каолинит, смектит; структура всех глинистых минералов разрушена.
ЛУ4 – 11 ls	Гидрослюда с разбухающими смектитовыми пакетами, каолинит, структурно несовершенный смектит, вермикулит (структурно несовершенный)
ЛУ5 – 13 ls	Гидрослюда с разбухающими смектитовыми пакетами, каолинит, структурно несовершенный смектит, вермикулит (структурно несовершенный); возможен смешанослойный минерал.
ЛУ6 – 14 ls	Гидрослюда с разбухающими смектитовыми пакетами, каолинит, структурно несовершенный смектит, вермикулит (структурно несовершенный); возможен гидробиотит.
ВЛ2 – 4 ls	Гидрослюда с разбухающими смектитовыми пакетами, каолинит, структурно несовершенный смектит, хлорит с разрушенной структурой, смешанослойный минерал гидрослюда–смектит
ВЛ3 – 6 ls	Гидрослюда с разбухающими смектитовыми пакетами, каолинит, структурно несовершенный смектит, смешанослойный минерал гидрослюда–смектит и, возможно, хлорит–смектит.

Примечание. Инженер-аналитик Т.С. Филева, дифрактометр ДРОН – 3.0, излучение – Cu, Ka, Ni-фильтр, V = 25 kV, I = 20 mA.

горных пород [12]. Результаты определения указанных компонентов показали следующее. Во-первых, содержание гумуса в исследованных образцах бурых суглинков изменяется в широких пределах. Во-вторых, большинство образцов характеризуются высокой физико-химической активностью (емкость катионного обмена 68–157 мг-экв на 100 г вещества), что связано с повышенной глинистостью (реальное содержание фракции < 0.002 мм более 30–40 %). В-третьих, седиментационный объем оказался > 3.3 см³ (за исключением одного образца), что является признаком структурной связности и потенциальной склонности суглинков к проявлению пльвунных свойств.

Породообразующие оксиды и микроэлементы. Содержание некоторых породообразующих оксидов (TiO₂, MnO, Fe₂O₃ общ., CaO) и микроэлементов (V, Cr, Co, Ni, Cu, Zn, Pb, As, Ba, Sr, Zr) в бурых суглинках Приморья (9 образцов) определялось методом РФА [17]. Было выполнено сопоставление полученных данных с результатами изучения отложений Забайкалья (район п. Могойтуй) и Приангарья (район г. Иркутска).

При сравнении породообразующих оксидов четко фиксируется резкое снижение содержания CaO в бурых суглинках, что еще раз доказывает существование влажных условий на стадии седиментогенеза. Концентрация железа, титана и марганца оказалась почти одинаковой для отложений Западного Приморья и Приангарья (это, видимо, региональная

особенность), в Забайкалье отмечается некоторое снижение содержаний указанных компонентов.

При сравнении концентраций микроэлементов фиксируется удивительное совпадение по барию и цирконию, которые являются преобладающими среди остальных элементов. Различия отмечаются для цинка, свинца (их больше в бурых суглинках Приморья) и стронция (его концентрация в бурых суглинках меньше). Элементы группы железа (V, Cr, Co, Ni) в меньшем количестве обнаружены в отложениях Забайкалья; концентрации меди и мышьяка – одинаковы для всех трех регионов.

По всей вероятности, барий и цирконий – стабильно ведущие микроэлементы в лессовидных отложениях как “сухой холодной перигляциальной зоны” юга Восточной Сибири (Приангарье, Забайкалье), так и “влажной более мягкой перигляциальной зоны” Приморья. Нужно заметить, что по данным кластерного анализа, выполненного для лессовидных суглинков Забайкалья (п. Могойтуй), установлено самостоятельное положение циркония. Мы предполагаем, что, возможно, отсутствие связи циркония с другими элементами объясняется его золовым происхождением (принесен из других источников). По аналогии можно предположить такую же природу этого элемента и для бурых суглинков Приморья, тем более что выше уже шла речь об участии этих процессов при формировании осадков на стадии седиментогенеза.

На заключительном этапе исследований научным сотрудником Аналитического центра Н.Н. Ухо-

Таблица 7. Результаты химического анализа водной вытяжки бурых суглинков (%).

№ образца – глубина, м	S _{вр}	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ⁻⁻	Ca ⁺⁺ + Mg ⁺⁺	Na ⁺ +K ⁺	Тип засоления	pH
ЛУ1 – 6 ls*	0.550	0.068	0.013	0.319	0.016	0.168	к-с	6.2
ЛУ2 – 7 ls*	0.344	0.088	0.018	0.162	0.016	0.104	к-с	6.2
ЛУ3 – 8 ls*	0.366	0.058	0.013	0.200	0.016	0.108	к-с	6.4
ЛУ4 – 11 ls	0.267	0.078	0.016	0.118	0.016	0.078	к-с	6.2
ЛУ5 – 13 ls	0.398	0.048	0.013	0.228	0.016	0.117	к-с	6.6
ЛУ6 – 14 ls	0.605	0.048	0.015	0.366	0.016	0.184	к-с	6.2
ВЛ1 – 3 ls*	0.485	0.078	0.012	0.270	0.016	0.148	к-с	6.4
ВЛ2 – 4 ls	0.331	0.098	0.014	0.168	0.016	0.084	к-с	6.2
ВЛ3 – 6 ls	0.503	0.068	0.017	0.282	0.016	0.154	к-с	6.2

Примечание. S_{вр} – общее содержание водорастворимых солей; к-с – карбонатно-сульфатный.

вой методом силикатного анализа определялся валовой химический состав пяти образцов лессовидных отложений коллекции и рассчитывались геохимические коэффициенты, которые позволяют оценить степень химической зрелости отложений и особенности климатической обстановки их формирования.

Чем больше коэффициент зрелости (K_2) и меньше основной (ВА), тем выше степень химической зрелости породы; увеличение значений CIA, CIW и уменьшение ICV свидетельствуют о более влажных климатических условиях формирования отложений [5].

При сравнении геохимических коэффициентов лессовидных отложений Приангарья (использованы обобщенные значения по региональным материалам Т.Г. Рященко [18]) и бурых суглинков Западного Приморья (средние значения по пяти образцам) установлены их различия, которые подтвердили нашу гипотезу о том, что бурые суглинки являются “влажным аналогом (эквивалентом)” верхнечетвертичных лессовидных отложений юга Восточной Сибири. Для лессовидных отложений Западного Приморья основной коэффициент (ВА) снижается в два раза, коэффициент зрелости – увеличивается, возрастают значения CIA, CIW и снижается ICV. Следовательно, бурые суглинки характеризуются повышенной химической зрелостью, что связано с более мягкими (влажными) условиями их формирования в пределах перигляциальной зоны.

ВЫВОДЫ

1. На основе ретроспективного обзора ранее предложенных гипотез формирования “бурых суглинков” (лессовидных отложений) Западного Приморья и анализа этих материалов сделан вывод о том, что наиболее вероятна гипотеза Б.И. Павлюткина [14, 25]: отложения имеют эоловое происхождение, их образование происходило в условиях умеренно влажного климата перигляциальной зоны, при этом толща является средне-верхнечетвертичной. В то же время, лессовидные отложения Западного Приморья и Приамурья не являются “влажным эквивалентом” лессов Китая, поскольку по визуальным литологическим признакам, мощности, количеству погребенных почвенных горизонтов и возрастной принадлежности лессы Китая не сопоставимы с ними.

2. Условия залегания бурых суглинков Западного Приморья аналогичны условиям залегания лессовидных отложений Верхнего Приангарья (юг Восточной Сибири), генезис которых является “комбинированным”. На фоне преобладающих делювиальных

процессов, за счет которых происходит транспортировка и аккумуляция осадков, периодически действовал эоловый фактор, приводивший к формированию в толще отдельных элементарных слоев песчано-пылеватого материала.

3. Комплексные аналитические исследования образцов бурых суглинков Западного Приморья проводились с использованием нового метода “структурных диаграмм”, результаты которого показали, что отложения по характеру параметров микроструктуры занимают особую “нишу” в сообществе лессовых образований Приангарья, Забайкалья и Северо-Западного Китая. Можно предположить, что первичная пылеватость связана с периодами эолового привноса материала, реальная высокая глинистость – продукт делювиальных и почвообразовательных процессов, высокая агрегированность – продукт коагуляции первичных тонкоглинистых частиц в условиях повышенной увлажненности.

4. Состав глинистых минералов, пониженное содержание карбонатов кальция (CaCO_3) и общее обеднение породы оксидами кальция (CaO), кислая реакция среды, обогащение бурых суглинков аморфными оксидами алюминия и железа – признаки, свидетельствующие о влажных условиях, при которых формировались эти отложения.

5. Установлено совпадение концентраций бария и циркония для лессовидных отложений Западного Приморья, Забайкалья и Верхнего Приангарья, где они являются преобладающими среди микроэлементов. Можно предположить эоловое происхождение циркония в бурых суглинках, поскольку данные кластерного анализа, выполненного по материалам Забайкалья, показали самостоятельное положение этого элемента, не имеющего связей с другими компонентами микроэлементного состава.

6. Результаты определения валового химического состава бурых суглинков, расчеты геохимических коэффициентов и сравнение последних с данными по Приангарью явились подтверждением гипотезы, что бурые суглинки Западного Приморья – “влажный эквивалент” лессовидных отложений юга Восточной Сибири, но не лессов Китая.

БЛАГОДАРНОСТИ

Считаем своим приятным долгом выразить благодарность д.г.-м.н. В.В. Голозубову за предоставленные образцы пород, д.г.-м.н. Б.И. Павлюткину за критические замечания, а также сотрудникам Аналитического центра Института земной коры СО РАН Т.Ф. Даниловой, Т.С. Филевой и М.В. Даниловой, которые выполнили основной объем лабораторных работ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ананьев В.П. Лессовый покров России: Учеб. пособие. М.: Юриспруденция, 2004. 112 с.
2. Болиховский В.Ф. Ископаемые почвы и генезис покровных “бурых суглинков” Южного Приморья // Палеогеография плейстоцена Дальнего Востока и его морей. Владивосток, 1978. С. 76–80.
3. Ганешин Г.С. Геоморфология Приморья // Труды ВСЕГЕИ. Нов. сер. СПб., 1957. Т. 4. 134 с.
4. Животовская А.И. О “бурых” глинах Южного Приморья и третично-четвертичной границе // Материалы ВСЕГЕИ. Нов. сер. СПб., 1956. Вып. 1. С. 74–88.
5. Интерпретация геохимических данных / Е.В. Складаров, Д.П. Гладкочуб и др. М.: Интермет Инженеринг, 2001. 288 с.
6. Короткий А.М., Никонова Р.И. и др. Условия формирования “бурых” суглинков и глин Приморья // Проблемы изучения четвертичного периода. М., 1972. С. 57–62.
7. Короткий А.М., Михайлов М.А. и др. Литология и геохимия современных озерных отложений гумидной зоны. М.: Наука, 1979. 124 с.
8. Ларионов А.К. Методы исследования структуры грунтов. М.: Недра, 1971. 200 с.
9. Лессовый покров Земли и его свойства / В.Т. Трофимов, С.Д. Балыкова и др. М.: Изд-во МГУ, 2001. 464 с.
10. Лысенко М. П. Лессовые породы. М.: Недра, 1978. 206 с.
11. Лысенко М.П. Сравнительная оценка структурных особенностей ожелезненных пород в контурах микрорельефа и вмещающих лессовых разрезов (на примере междуречья Днестр–Барабой) / Препринт. Киев: Ин-т геол. наук АН УССР, 1980. № 9. С. 34–36.
12. Методическое пособие по инженерно-геологическому изучению горных пород / Под ред. Е.М. Сергеева и др. М.: Изд-во МГУ, 1968. Т. 2. 369 с.
13. Опорные инженерно-геологические разрезы лессовых пород Северной Евразии / В.Т. Трофимов, С.Д. Балыкова и др. М.: КДУ, 2008. 608 с.
14. Павлюткин Б.И. Происхождение и возраст “бурых суглинков” Приморья // Плейстоценовое оледенение Востока Азии. Магадан, 1984. С. 193–202.
15. Павлюткин Б.И., Петренко Т.И., Белянина Н.И. Новые данные о возрасте суйфунской и усть-суйфунской свит (Западное Приморье) // Тихоокеан. геология. 1988. № 4. С. 92–99.
16. Ратеев М.А. О соотношении аллотигенного и аутигенного глинообразования в различных типах литогенеза // Литология и полез. ископаемые. 1964. № 2. С. 39–62.
17. Ревенко А.Г. Рентгеноспектральный флуоресцентный анализ природных материалов. Новосибирск: Наука, СИФ, 1994. 264 с.
18. Рященко Т.Г., Акулова В.В. Грунты юга Восточной Сибири и Монголии. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 1998. 156 с.
19. Рященко Т.Г., Акулова В.В., Соколов В.Н. и др. Анализ микроструктуры лессов из района Северного лессового плато Китая // Геоэкология. 2000. № 3. С. 234–240.
20. Рященко Т.Г., Ухова Н.Н. и др. Количественная оценка многообразия глинистых минералов в дисперсных грунтах // Многообразие грунтов: морфология, причины, следствия. М.: Изд-во МГУ, 2003. С. 71–72.
21. Рященко Т.Г., Ухова Н.Н. и др. Комбинированная модель формирования субэдральных лессовых отложений Приангарья (новые данные по опорному разрезу “Новоразводная”) // Изв. вузов Сибири. Серия наук о Земле. Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2006. Вып. 9–10. С. 129–131.
22. Рященко Т.Г. Применение грунтоведческих критериев при расчленении литологических разрезов // Геология, поиски и разведка полезных ископаемых и методы геологических исследований. Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2007. С. 59–64.
23. Сохин В.К. Происхождение «бурых» глин Приморья и Приамурья // Проблемы изучения четвертичного периода. М.: Наука, 1972. С. 63–67.
24. Хмелевская И.М., Рященко Т.Г. Микроструктура иркутских, забайкальских, монгольских и китайских лессовых грунтов // Геология, поиски и разведка полезных ископаемых и методы геологических исследований. Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2003. С. 293–298.
25. Pavlutkin B.I. Brown loams of Primorye – The Product of Atmogenic sedimentation // Program abstracts. Conference of Human Dimensions and Natural Processes in Environmental Change. May, 2001. Institute of Earth, CAS, Xian, China. P. 18.

Рекомендована к печати Г.Л. Кирилловой

T.G. Ryashenko, N.N. Ukhova, S.I. Stel'makh, N.I. Belyanina, P.S. Belyanin

Hypotheses of brown loam formation in Primorye: retrospective and a new view (Russian Far East)

The hypotheses of formation of brown loams in Primorye, which are widespread within the Razdolnoye-Khanka depression, are under consideration. These hypotheses were proposed in the 70-80s of the last century. Information on the loess-type rock formation of the adjacent region of the southern part of Eastern Siberia was accumulated. New analytical data on microstructure, mineral, chemical and microelement composition of brown loams were obtained from collection samples and a comparative analysis of sediments allowed us to formulate other suggestions regarding the place of brown loams in the community of loess-type rocks.

Key words: brown loams, loess, Quaternary sediments, West Primorye, Razdolnoye-Khanka depression, Russian Far East.