

## Экологическое состояние территории Штыковской техногенно-промышленной системы

А. М. ДЕРБЕНЦЕВА<sup>1</sup>, А. А. ЧЕРЕНЦОВА<sup>2</sup>, Л. П. МАЙОРОВА<sup>2</sup>, Т. И. МАТВЕЕНКО<sup>2</sup>,  
Е. А. ПОПОВА<sup>1</sup>, А. В. БРИКМАНС<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Дальневосточный федеральный университет  
690950, Владивосток, ул. Суханова, 8

<sup>2</sup> Тихоокеанский государственный университет  
680035, Хабаровск, ул. Тихоокеанская, 136, ТОГУ  
E-mail: anna\_cherencova@mail.ru

Статья поступила 08.07.15

Принята к печати 11.01.16

### АННОТАЦИЯ

Охарактеризовано экологическое состояние почв как одного из компонентов техногенно-промышленных систем в зоне влияния шахтных терриконов пустых пород угледобычи. В процессе проведения аналитических работ выявлены региональные особенности литостратов и почв: повышенное валовое содержание шестивалентного хрома (700 и более ПДК) и трехвалентного железа (18 000 и более мг/кг). Это объясняется связью геохимического фона территории с природными и техногенными факторами в условиях муссонного климата, способствующего возникновению процесса оксидогенеза.

**Ключевые слова:** техногенно-промышленная система, физические, физико-механические, физико-химические и химические свойства, антропогенно-преобразованная почва.

В научной литературе не раз поднимались вопросы экологической безопасности окружающей среды, в том числе почв на территориях техногенно-промышленных комплексов [Аржанова, Елпатьевский, 1990; Елпатьевский, 1993; Крупская, 1992, 1995, 1998, 2001, 2005–2008; Крупская, Растанина, 2007]. При добыче угля накапливаются отходы функционирования минерально-сырьевого комплекса в виде терриконов пустых горных пород, отвалов вскрышных пород, хвостохранилищ, которые являются мощным источником загрязнения окружающей среды. В из-

влеченных на поверхность горных породах и отходах промышленного производства интенсивность гипергенных процессов во много раз усиливается, что связано не только с высокой степенью проницаемости техногенных объектов, но и с благоприятными условиями для удаления растворимых соединений в периоды муссонных дождей. В такие периоды и происходит техногенное загрязнение почв. При эксплуатации месторождения закономерно возникают зоны с разной степенью химического загрязнения, которые по площади всегда в несколько раз больше, чем механи-

ческие нарушения окружающей среды [Дербенцева, 2012].

Таким образом, актуальна проблема дальнейшего изучения компонентов техногенно-промышленных систем и связанных с ними экологических ситуаций, что дает основание рассматривать проведенные исследования и полученные результаты как основу для пространственного расширения ареалов изучения уникальных явлений, возникающих на территориях угледобычи. Цель исследования – изучение свойств материала литостратов и почв, развитых в зоне влияния техногенно-промышленной системы.

#### МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Работа выполнена по результатам исследований в Шкотовском каменноугольном бассейне. Согласно “Схеме минерагенического районирования Приморского края” [Геология..., 1974], объект находится в Южно-Приморской зоне, в угленосной впадине кайнозойского возраста [Китаев, 1989], в пределах Шкотовского базальтового плато. В рельефе преобладают слабонаклонные (1,5–2,0°) поверхности, среди которых встречаются останцы древнего погребенного рельефа. Почвообразующие породы – щебнисто-глинистый и глинистый элювий, а также элюво-делювий; по бортам долин и останцам – маломощный каменисто-щебнисто-суглинистый элюво-делювий. Растительность – пихтово-еловые леса с участием кедра и широколиственных пород, по бортам долин – широколиственно-кедровые и широколиственные леса.

Штыковская техногенно-промышленная система расположена на западном пологом склоне сопки Шкотовского нагорья, вдоль поверхности которого разбросаны шахтные терриконы пустых горных пород (шахта ликвидирована в 1975 г.).

Первый компонент системы – почвы: буросемя типичные средне-мелкие, развитые на элювии гранита. Выработка 1Штык-2013 заложена на верхней трети склона сопки, под пологом смешанного леса из дуба, кедра, березы, леспедецы и разнотравья. В морфологическом отношении почвенный профиль состоит из следующих горизонтов.

АУ (0–22 см) – серогумусовый горизонт, свежий, черный, хорошо оструктуренный, мелкокомковатый, пронизан корнями травянистой и древесной растительности различной длины и диаметром от 0,2 до 25 мм, крупные обломки гранита, переход заметный.

ВМ (22–60 см) – структурно-метаморфический горизонт, свежий, бурого цвета, мелкодревянисто-сильнокаменистый; крупные корни диаметром 20–50 мм пронизывают весь горизонт; постепенно переходит в почвообразующую породу С – ружляковую стадию гранита.

Второй компонент системы – литостраты сети терриконов пустых горных пород, беспорядочно расположенных по поверхности склона. Вблизи крайнего от дороги террикона останки копра (место входа рабочих в шахту) или вентиляционного ствола.

Выработка 2Штык-2013 сделана на терриконе, зарастающем лесной растительностью из дуба, кедра, березы, леспедецы и разнотравья. На поверхности много крупных обломков плотной горной породы.

Слой 1 (0–8 см) – свежий, темно-серый до черного, мелкокомковатый, переход в нижележащий слой языковатый.

Слой 2 (8–22 см) – сырой, буро-серый с черными затеками, содержит покрытые глинистым материалом куски горных пород.

Слой 3 (22–40 см) – сырой, бурый с серыми пятнами, глинистый, пронизан корнями, много обломков горной породы.

Третий компонент системы – текстурно-метаморфические маломощные сверхглубокоосветленные почвы, развитые на нижней части склона (подножие террикона), поросшей березой, жимолостью, адонисом, крапивой.

Разрез 3Штык-2013 заложен на стыке подножия террикона с низинным пространством с неровной поверхностью, покрытой рытвинами, водомоинами, бугорками-пучениями с древесно-кустарниково-травянистой растительностью из дуба, клена, сирени, спиреи, разнотравья. Морфологический профиль представлен следующими горизонтами.

AY (0–36 см) – серогумусовый горизонт, влажный, темно-серый, мелкокомковатый, рыхлый, пронизан корнями травянистой и древесной растительности различного диаметра (от 1 до 20 мм), переход резкий.

Elm (36–48 см) – элювиально-метаморфический горизонт, свежий, палево-серый, грубо плитчатый, мелкопористый. Весь горизонт пронизывают крупные корни деревьев, переход острый.

BM (48–64 см) – текстурный горизонт, свежий, бурый грубокомковато-глыбистый, много дресвы и крупных обломков горной породы, корни разного диаметра, переход в нижележащий горизонт постепенный.

C (64–120 см) – подстилающая порода, влажная, темнокоричневая с ржавыми пятнами, глыбистой структуры, много обломков плотной породы.

Четвертый компонент системы – темногумусово-глеевые типичные средне-мелкие поверхностно-оглеенные почвы, развитые на ровной низине (долина р. Шкотовка), простирающейся у подножий Шкотовского нагорья. В связи с тем, что ранее на описываемой территории находилась мелиоративная система, все пространство изрезано осушительными каналами. Поверхность покрыта разнотравьем из осота, резучки, мяты, рогоза и др. с отдельно стоящими куртинами ивняка. Заложенный разрез 7Штык-2013 имеет следующий морфологический профиль.

AU (0–24 см) – темногумусовый горизонт, свежий, темно-серого цвета, рыхлый, хорошо оструктурен, пронизан корнями разного диаметра (от 1 до 14 мм), тяжелосуглинистый, по ходу крупных корней диаметром до 12–15 мм видны черные гумусированные затеки, переход заметный.

G (24–67 см) – глеевый горизонт, влажный, сизый с затеками гумуса по ходам крупных корней, глинистый, плитчато-глыбистый с глянцевым блеском при соприкосновении с поверхностью лопаты, переход постепенный.

CG (67–130 см) – почвообразующая порода, сырая, серая с буроватым оттенком, глинистая, бесструктурная, круп-

ные корни диаметром 12–15 мм и мелкие конкреции железа и марганца.

При полевых исследованиях выявляли особенности расположения компонентов техногенно-промышленной системы, описывали морфологические признаки почв и техногенных поверхностных образований (ТПО), отбирали образцы почв.

Отбор проб осуществляли по международной методике “Отбор образцов” ISO 10381-1:2004.

Экспериментальные работы заключались в определении следующих характеристик:

– гигроскопической влажности, гранулометрического и микроагрегатного составов [Качинский, 1958; Теории..., 2007];

– плотности твердой фазы почв [Вадюнина, Корчагина, 1973];

– гранулометрического и микроагрегатного анализов сито-пипеточным методом [Качинский, 1958]. Подготовка образцов проведена по рекомендации Почвенного института им. В. В. Докучаева с применением 4%-го раствора пирофосфата натрия [Растворова, 1983];

– противозэрозийной стойкости [Мирицхулава, 1970; Цытович, 1973; Указания..., 1977];

– содержания калия, фосфора, углерода, азота по общепринятым методикам [Аринушкина, 1961];

– водных вытяжек почв по методу Е. В. Аринушкиной [1961];

– показателей качества водных вытяжек почв и материала терриконов на содержание подвижных форм тяжелых металлов (в ацетатно-аммонийном буферном растворе с pH 4,8) и валовых форм методом атомно-абсорбционного анализа на спектрометре AA-6800 фирмы “Shimadzu” в пламени ацетилен – воздух (ПНД Ф 16.3.24-2000).

Оценка качества структуры литостратов, их микроагрегатной устойчивости и противозэрозийных свойств по результатам гранулометрического и микроагрегатного составов произведена по разным методикам:

– фактор дисперсности [Качинский, 1958];

– фактор структурности [Вадюнина, Корчагина, 1973] и результаты гранулометрического состава;

– противозэрозийная стойкость определена по А. Д. Воронину, М. С. Кузнецову [1970]

с использованием коэффициента дисперсности [Качинский, 1958] и гранулометрического показателя структурности [Вадюнина, Корчагина, 1973].

Название почв дано по “Классификации...,” [2004] и Рабочей классификации [Костенков, 2011].

Кроме полевых натурных исследований и результатов экспериментальных работ, использованы базы данных:

Дербенцева А. М., Черновалова А. В. Техногенно-промышленные системы: почвы и техногенные поверхностные образования. Ч. 1. Физические, физико-механические и противозерозионные свойства // Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2013621241. Дата государственной регистрации в Реестре баз данных 25 сент. 2013 г.;

Дербенцева А. М., Черновалова А. В., Рыбачук Н. А. Техногенно-промышленные системы: почвы и техногенные поверхностные образования. Ч. II. Химические и физико-химические свойства // Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2013621564. Дата государственной регистрации в реестре баз данных 18 дек. 2013 г.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

### *Физико-механические свойства*

**Буроземы типичные средне мелкие.** Гранулометрический и микроагрегатный анализы показали, что эти почвы по физическим свойствам относятся к суглинкам легким опесчаненным, переходящим в структурно-метаморфическом горизонте в супеси в результате увеличения фракции среднего песка от 31 до 39 %. Содержание физической глины уменьшается от серогумусового горизонта к горизонту ВМ. Увеличение вниз по профилю физического песка (от 74 до 82 %) связано с облегчением гранулометрического состава.

Свойства фракций микроагрегатного состава обусловлены соотношением в них агрегированной и неагрегированной частей. Результаты анализа показали, что по всему профилю преобладает фракция размером 1,00–0,25 мм, а минимум в целом по профилю приходится на ил. По результатам гранулометрического и микроагрегатного анализов произведена оценка структурного состояния исследованных почв (табл. 1), из которой следует, что буроземы типичные средне-мелкие имеют преимущественно удовлетворительную способность к оструктурированию при достаточно водопрочной структуре. По значению отношений фактора структурности к фактору дисперсности видно, что почвы обладают средней противозерозионной стойкостью.

С гранулометрическим составом также связаны пластические свойства почвенного материала. Так, для серогумусового горизонта среднее значение влажности, при котором частицы начинают двигаться, составляет 34 % (табл. 2). При дальнейшем увлажнении (до 38 %) масса растекается. Нижняя граница пластичности почв, как уже отмечалось, в верхнем 22-сантиметровом слое составляет 34 %, уменьшаясь с глубиной до 22 %. Верхняя граница пластичности также уменьшается с глубиной (от 38 до 28 %). Такие показатели связаны с изменением гранулометрического состава от суглинистого до супесчаного.

**Литостраты самозарастающего террикона.** Материал литостратов террикона пустых горных пород по физическим свойствам относится к суглинкам: тяжелым в верхнем 8-сантиметровом слабогумусированном слое, к средним – в слое 8–22 см, к легким – в нижележащем слое. Преобладающими фракциями являются крупная пыль и мелкий песок. Свойства фракций микроагрегатного со-

Т а б л и ц а 1

Показатели способности к оструктурированию буроземов типичных средне-мелких

| Горизонт | Глубина, см | Фактор дисперсности                   | Фактор структурности                                    | Противозерозионная стойкость |
|----------|-------------|---------------------------------------|---|------------------------------|
| АУ       | 0–22        | 11 – структура достаточно водопрочная | 62 – способность к оструктурированию удовлетворительная | 5,6 – средняя                |
| ВМ       | 22–60       | 29 – структура слабо водопрочная      | 21 – способность к оструктурированию незначительная     | 0,9 – низкая                 |

Физико-механические свойства буроземов типичных средне мелких

| Горизонт | Глубина, см | Граница<br>клейкости | Нижний пре-<br>дел текучести | Верхний пре-<br>дел текучести | Граница скаты-<br>вания в шнур | Число плас-<br>тичности | Гранулометри-<br>ческий состав<br>по пластич-<br>ности |
|----------|-------------|----------------------|------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|-------------------------|--|
|          |             |                      |                              |                               |                                |                         |  |
| АУ       | 0–22        | 17                   | 34                           | 38                            | 24                             | 10                      | Суглинки   |
| ВМ       | 22–60       | 19                   | 22                           | 28                            | 16                             | 6                       | Супеси   |

става, обусловленного соотношением в них агрегированной и неагрегированной частей, показывают, что в литостратах изученного террикона преобладает средний песок (фракция размером 1,00–0,25 мм), а минимум приходится на частицы размером менее 0,001 мм, доля которых не превышает 3 %.

Оценка структурного состояния литостратов (табл. 3) указывает на то, что материал их обладает незначительной способностью к оструктуриванию при неводопрочной структуре. По соотношению значений фактора дисперсности к фактору структурности видно, что материал имеет низкую противоэрозионную стойкость.

С гранулометрическим составом также связаны пластические свойства материала литостратов. Так, среднее значение влажности, при котором частицы начинают двигать-

ся, составляет 35–43 % (табл. 4). При дальнейшем увлажнении (до 46–51 %) масса растекается. Такие физико-механические показатели, как граница скатывания в шнур, граница клейкости, число пластичности, указывают на то, что в материале литостратов число пластичности находится в диапазоне от 7 до 16, что соответствует суглинистому материалу.

**Текстурно-метаморфические маломощные сверхглубокоосветленные почвы.** Названные почвы имеют довольно однозначный по гранулометрическому составу почвенный профиль. Верхняя часть представлена суглинком средним мелкоопесчаненным с преобладанием фракции мелкого песка (46 %) и небольшим количеством ила (8 %). Элювиально-метаморфический горизонт также имеет среднесуглинистый гранулометрический со-

Т а б л и ц а 3

Показатели способности материала к оструктуриванию литостратов самозарастающего террикона

| Слой | Глубина, см | Фактор дисперсности                 | Фактор структурности                                   | Противоэрозионная стойкость |
|------|-------------|-------------------------------------|--|-----------------------------|
| 1    | 0–8         | 67 – структура неводо-<br>прочная   | 12 – способность к острукту-<br>риванию незначительная | 0,2 – низкая                |
| 2    | 8–22        | То же                               | 18 – то же   | 0,3 – низкая                |
| 3    | 22–40       | 38 – структура слабо<br>водопрочная | 10 – »   | 0,3 – низкая                |

Т а б л и ц а 4

Физико-механические свойства материала литостратов самозарастающего террикона

| Слой | Глубина, см | Граница<br>клейкости | Нижний пре-<br>дел текучести | Верхний пре-<br>дел текучести | Граница скаты-<br>вания в шнур | Число плас-<br>тичности | Гранулометри-<br>ческий состав<br>по пластич-<br>ности |
|------|-------------|----------------------|------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|-------------------------|--|
|      |             |                      |                              |                               |                                |                         |  |
| 1    | 0–8         | 39                   | 35                           | 46                            | 28                             | 7                       | Суглинки   |
| 2    | 8–22        | 35                   | 39                           | 41                            | 25                             | 14                      | То же  |
| 3    | 22–40       | 38                   | 43                           | 51                            | 27                             | 16                      | »  |

Т а б л и ц а 5

## Показатели способности к оструктурированию текстурно-метаморфических маломощных сверхглубокоосветленных почв

| Горизонт          | Глубина, см | Фактор дисперсности                   | Фактор структурности                                    | Противоэрозионная стойкость |
|-------------------|-------------|---------------------------------------|---|-----------------------------|
| AU                | 0–36        | 6 – структура водопрочная             | 84 – способность к оструктурированию удовлетворительная | 14,0 – высокая              |
| El <sub>hng</sub> | 36–48       | 24 – структура слабо водопрочная      | 77 – то же  | 3,2 – средняя               |
| BT                | 48–64       | 15 – структура достаточно водопрочная | 62 – то же  | 4,1 – то же                 |

став с преобладанием мелкопесчаной фракции, но процент ила удваивается. Текстурированный горизонт – суглинок легкий иловато-мелкоопесчаненный. Результаты микроагрегатного анализа показали, что в этих почвах преобладает сумма фракций крупной пыли (38–28 %) и мелкого песка (32–38 %). Содержание илстой фракции по слоям не превышает 4 %. Оценка структурного состояния исследованных почв приведена в табл. 5, из которой видно, что текстурно-метаморфические почвы обладают водопрочной структурой в серогумусовом горизонте при удовлетворительной способности к оструктурированию, в элювиально-метаморфическом – слабо водопрочной структурой, в текстурном – достаточно водопрочной. Противоэрозионная стойкость, высокая в верхнем горизонте, с глубиной уменьшается до средней. При интерпретации физико-механических свойств почв (табл. 6) следует отметить, что число пластичности, определяемое как разность между границей текучести и пределом скалывания в шнур, соответствует суглинкам.

**Темногумусово-глеевые типичные средне мелкие поверхностно оглеенные почвы.** Результаты гранулометрического и микроагрегатного анализов показали, что изученные

почвы по физическим свойствам относятся к глинам легким иловато-крупнопылеватым в темногумусовом и глеевом горизонтах, а почвообразующая порода представлена глиной тяжелой иловатой с содержанием илстой фракции до 80 %. Физическая глина увеличивается вниз по профилю от 58 до 91 %, что связано с таким же резко увеличивающимся количеством ила. Свойства фракций микроагрегатного состава, выявленные по результатам анализа, показали, что в темногумусово-глеевых типичных почвах больше всего крупной пыли (фракция размером 0,05–0,01 мм), а минимум приходится на частицы, диаметром менее 0,001 мм, доля которых достигает всего 3–4 %. По результатам гранулометрического и микроагрегатного анализов произведена оценка структурного состояния почв (табл. 7).

Как видно из табл. 7, почвы всего профиля имеют достаточно водопрочную структуру. Показатель способности почв к оструктурированию изменяется от наилучшей в темногумусовом горизонте до незначительной в нижележащих горизонтах. По значению фактора дисперсности видно, что почвы обладают средней противоэрозионной стойкостью. С гранулометрическим составом также связа-

Т а б л и ц а 6

## Физико-механические свойства текстурно-метаморфических маломощных сверхглубокоосветленных почв

| Горизонт          | Глубина, см | Граница<br>клейкости | Нижний пре-<br>дел текучести | Верхний пре-<br>дел текучести | Граница скаты-<br>вания в шнур | Число плас-<br>тичности | Гранулометри-<br>ческий состав<br>по пластич-<br>ности |
|-------------------|-------------|----------------------|------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|-------------------------|--|
|                   |             |                      |                              |                               |                                |                         |  |
| AU                | 0–36        | 43                   | 48                           | 59                            | 32                             | 16                      | Суглинки   |
| El <sub>hng</sub> | 36–48       | 24                   | 27                           | 29                            | 18                             | 9                       | То же  |
| BT                | 48–64       | 26                   | 31                           | 39                            | 19                             | 12                      | »  |

**Показатели способности к оструктурированию темногумусово-глеевых типичных средне-мелких поверхностно-оглеенных почв**

| Горизонт | Глубина, см | Фактор дисперсности                   | Фактор структурности                                | Противоэрозионная стойкость |
|----------|-------------|---------------------------------------|---|-----------------------------|
| AU       | 0–24        | 16 – структура достаточно водопрочная | 100 – способность к оструктурированию наилучшая     | 6,3 – средняя               |
| G        | 24–67       | 13 – то же                            | 49 – способность к оструктурированию незначительная | 3,8 – то же                 |
| CG       | 67–130      | 10 – »                                | 44 – то же  | 4,4 – »                     |

ны пластические свойства почвенного материала. Так, среднее значение влажности, при котором частицы начинают двигаться, составляет 44–51 % (табл. 8). При дальнейшем увлажнении (до 47–61 %) почвенная масса растекается.

Такие физико-механические показатели как граница скатывания в шнур, граница клейкости, число пластичности указывают на то, что у изученных почв число пластичности находится в диапазоне от 24 до 17, что соответствует глинистому материалу.

#### **Противоэрозионная устойчивость**

Противоэрозионная стойкость почв и материала литостратов характеризует их способность противостоять смывающему действию водного потока или совместному действию потока воды и капель дождя. Она в значительной степени определяется свойствами коллоидно-дисперсных минералов, которые преобладают в илистой фракции. Результаты непосредственных аналитических работ по установлению критериев противоэрозионной устойчивости приведены в табл. 9, из которой видно, что самыми высокими противо-

эрозионными свойствами обладают темногумусово-глеевые типичные средне-мелкие поверхностно-оглеенные почвы, и требуется довольно высокая допустимая неразмывающая скорость водного потока, которая смогла бы создать на поверхности этих почв предпосылку эрозионных процессов. Противоэрозионные свойства материала литостратов невысоки. При допустимой неразмывающей скорости водного потока в 0,237 м/с в период затяжных муссонных дождей размывая масса верхнего слоя литостратов способна перемещаться вниз по склону.

#### **Физико-химическая характеристика компонентов системы и насыщенность почв и материала литостратов химическими элементами-загрязнителями**

Физико-химическая характеристика почв и материалов литостратов изученной катены приведена в табл. 10.

Первый компонент системы – почвы: буроземы типичные средне-мелкие. По степени кислотности эти почвы относятся к среднекислым. По содержанию гумуса в серогу-

**Физико-механические свойства темногумусово-глеевых типичных средне-мелких поверхностно-оглеенных почв**

| Горизонт | Глубина, см | Граница клейкости | Нижний предел текучести | Верхний предел текучести | Граница скатывания в шнур | Число пластичности | Гранулометрический состав по пластичности |
|----------|-------------|-------------------|-------------------------|--------------------------|---------------------------|--------------------|---|
|          |             |                   |                         |                          |                           |                    |   |
| AU       | 0–24        | 53                | 49                      | 61                       | 25                        | 24                 | Глины                                     |
| G        | 24–67       | 42                | 51                      | 53                       | 33                        | 18                 | То же                                     |
| CG       | 67–130      | 42                | 44                      | 47                       | 27                        | 17                 | »   |

Т а б л и ц а 9

## Критерии противоэрозионной устойчивости почв и материала литостратов

| Генетический горизонт, мощность, см   | Сцепление частиц, кг/см <sup>2</sup> | Нормативная усталостная прочность на разрыв, кг/см <sup>2</sup> | Илистая фракция, % | Допустимая неразмывающая скорость водного потока, м/с |
|---|--------------------------------------|---|--------------------|---|
| 1Штык-2013. Буроземы типичные средне мелкие   |                                      |   |                    |   |
| AY (0-14)   | 0,06                                 | 0,0018  | 7                  | 0,229   |
| Elm (14-34)   | 0,03                                 | 0,0011  | 6                  | 0,233   |
| 2Штык-2013. Литостраты террикона  |                                      |   |                    |   |
| Слой 1 (0-8)  | 0,07                                 | 0,0019  | 6                  | 0,237   |
| Слой 2 (8-22)   | 0,08                                 | 0,0018  | 8                  | 0,234   |
| Слой 3 (22-40)  | 0,08                                 | 0,0021  | 4                  | 0,238   |
| 3Штык-2013. Текстурно-метаморфические маломощные сверхглубокоосветленные почвы        |                                      |   |                    |   |
| AY (0-36)   | 0,14                                 | 0,0050  | 8                  | 0,276   |
| Elng (36-48)  | 0,11                                 | 0,0041  | 17                 | 0,256   |
| BM (48-64)  | 0,17                                 | 0,0059  | 13                 | 0,278   |
| 7Штык-2013. Темногумусово-глеевые типичные средне мелкие поверхностно-оглеенные почвы |                                      |   |                    |   |
| AU (0-7)  | 0,37                                 | 0,0151  | 19                 | 0,365   |
| G (7-52)  | 0,39                                 | 0,0156  | 31                 | 0,372   |
| CG (52-104)   | 0,40                                 | 0,0158  | 80                 | 0,374   |

Т а б л и ц а 10

## Физико-химическая характеристика почв и литостратов Штыковской природно-техногенной почвенной катены

| Разрез, полуяма, выработка  | Генетический горизонт, слой | Мощность, см | pH <sub>сол</sub> | pH <sub>водн</sub> | C, % | Гумус, % |
|---|-----------------------------|--------------|-------------------|--------------------|------|----------|
| Буроземы типичные средне мелкие   |                             |              |                   |                    |      |          |
| 1Штык-2013  | AY                          | 0-22         | 5,7               | 6,2                | 8,40 | 14,48    |
|   | BM                          | 22-60        | 5,1               | 6,2                | 0,30 | 0,52     |
| Литостраты самозарастающего террикона пустых горных пород                 |                             |              |                   |                    |      |          |
| 2Штык-2013  | Слой 1                      | 0-8          | 6,2               | 6,9                | 1,28 | 2,21     |
|   | Слой 2                      | 8-22         | 6,3               | 7,0                | 0,52 | 0,89     |
|   | Слой 3                      | 22-40        | 6,1               | 7,2                | 0,57 | 0,98     |
| Текстурно-метаморфические маломощные сверхглубокоосветленные почвы        |                             |              |                   |                    |      |          |
| 3Штык-2013  | AY                          | 0-36         | 5,4               | 7,0                | 2,64 | 4,55     |
|   | Elm                         | 36-48        | 4,4               | 6,6                | 0,38 | 0,66     |
|   | BM                          | 48-64        | 5,0               | 7,0                | 1,12 | 1,93     |
|   | C                           | 64-120       | 4,3               | 5,9                | 0,24 | 0,41     |
| Темногумусово-глеевые типичные средне мелкие поверхностно-оглеенные почвы |                             |              |                   |                    |      |          |
| 7Штык-2013  | AU                          | 0-24         | 6,5               | 7,0                | 4,04 | 6,96     |
|   | G                           | 24-67        | 5,0               | 6,1                | 2,64 | 4,55     |
|   | CG                          | 67-130       | 4,4               | 5,6                | 0,90 | 1,55     |



мумовом горизонте почвы высокогумусированы. Однако вниз по профилю процент гумуса резко снижается от 14,5 до 0,5 %.

Второй компонент системы – литостраты самозарастающего террикона. Представлены слоями, материал которых имеет кислотность, близкую к нейтральной. По содержанию гумуса в верхнем самозарастающем слое материал среднегумусирован. В нижележащих слоях степень гумусированности снижается до очень слабой.

Третий компонент системы – текстурно-метаморфические маломощные сверхглубокоосветленные почвы. По степени кислотности эти почвы среднекислые, с сильнокислым элювиально-метаморфическим горизонтом и почвообразующей породой. По содержанию гумуса они среднегумусированы в темногумусовом горизонте, с резким понижением процента гумуса в элювиально-метаморфическом горизонте и почвообразующей глеевой породе.

Четвертый компонент системы – темногумусово-глеевые типичные средне мелкие поверхностно-оглеенные почвы. Представлены морфологическим профилем, имеющим кислотность от близкой к нейтральной в тем-

ногумусовом горизонте до кислой в почвообразующей породе. По содержанию гумуса в верхнем горизонте они высокогумусированы, с глубиной гумусированность уменьшается от 6,9 до 1,6 %.

### *Подвижные и валовые формы химических элементов-загрязнителей*

Основным критерием оценки опасности загрязнения почв и материала литостратов химическими элементами-загрязнителями является предельно допустимая концентрация (ПДК) в почве. Рассмотрим содержание подвижных и валовых форм тяжелых металлов по составляющим систему компонентам.

**Буроземы типичные средне мелкие.** Как показали результаты анализов (табл. 11), в профиле изученных почв из девяти определяемых элементов-загрязнителей только марганец превышает ПДК в 4,3 раза. В валовом анализе (табл. 12) выявлено повышенное содержание Cr (по сравнению с ПДК в 216–278 раз), а количество Fe достигает 12 949–15 262 мг/кг почвы. По всей видимости, гео-

Т а б л и ц а 11

Содержание подвижных форм тяжелых металлов, мг/кг почвы

| Горизонт, слой  | Мощность, см | Pb  | Mn  | Cd   | Cr  | Co  | Fe  | Cu  | Ni  | Zn   |
|---|--------------|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|-----|------|
| 1Штык 2013. Буроземы типичные средне мелкие   |              |     |     |      |     |     |     |     |     |      |
| AУ  | 0–22         | 1   | 260 | 0,04 | 0,3 | 0,1 | 12  | Н/о | 0,1 | 4,2  |
| ВМ  | 22–60        | Н/о | 6   | Н/о  | 0,4 | 0,1 | 2   | »   | 0,2 | 0,2  |
| 2Штык-2013. Литостраты сети самозарастающих терриконов пустых горных пород            |              |     |     |      |     |     |     |     |     |      |
| Слой 1  | 0–8          | 0   | 49  | Н/о  | 0,4 | 0,2 | 5   | 0,1 | 0,4 | 1,3  |
| Слой 2  | 8–22         | Н/о | 6   | »    | 0,4 | 0,1 | 4   | 0,2 | 0,3 | 0,5  |
| Слой 3  | 22–40        | »   | 13  | »    | 0,4 | 0,1 | 5   | 0,2 | 0,2 | 0,3  |
| 3Штык-2013. Текстурно-метаморфические маломощные сверхглубокоосветленные почвы        |              |     |     |      |     |     |     |     |     |      |
| AУ  | 0–36         | 6   | 156 | 0,06 | 0,6 | 0   | 3   | 0,1 | 0,1 | 12,7 |
| Elm   | 36–48        | 1   | 9   | Н/о  | 0,6 | 0,1 | 3   | 0,1 | 0,2 | 0,8  |
| ВМ  | 48–64        | 1   | 7   | »    | 0,4 | 0,2 | 19  | 0,2 | 0,1 | 0,5  |
| С   | 64–120       | 0   | 8   | »    | 0,4 | 0,1 | 19  | 0,1 | 0,1 | 0,4  |
| 4Штык-2013. Темногумусово-глеевые типичные средне мелкие поверхностно-оглеенные почвы |              |     |     |      |     |     |     |     |     |      |
| AУ  | 0–24         | 0   | 16  | 0,01 | 0,6 | 0,2 | 8   | 0,1 | 0,2 | 1,1  |
| G   | 24–67        | Н/о | 7   | Н/о  | 1,0 | 0,2 | 143 | 0,2 | 0,5 | 1,3  |
| CG  | 67–130       | »   | 15  | »    | 0,7 | 0,4 | 361 | 0,2 | 1,0 | 2,2  |
| ПДК   |              | 6,0 | 60  | 5,0  | 6,0 | 5,0 | –   | 3,0 | 4,0 | 23,0 |

Т а б л и ц а 12

## Валовое содержание тяжелых металлов, мг/кг почвы

| Горизонт, слой  | Мощность, см | Pb | Mn   | Cd   | Cr   | Co   | Fe     | Cu   | Ni   | Zn   |
|---|--------------|----|------|------|------|------|--------|------|------|------|
| 1Штык 2013. Буроземы типичные средне мелкие   |              |    |      |      |      |      |        |      |      |      |
| AУ  | 0–22         | 22 | 754  | 0,10 | 13,9 | 5,8  | 12 949 | 12,1 | 6,5  | 79,7 |
| ВМ  | 22–60        | 3  | 471  | Н/о  | 10,8 | 8,2  | 15 262 | 8,2  | 9,3  | 36,7 |
| 2Штык-2013. Литостраты сети самозарастающих терриконов пустых горных пород            |              |    |      |      |      |      |        |      |      |      |
| Слой 1  | 0–8          | 8  | 156  | Н/о  | 12,5 | 10,0 | 35 779 | 14,7 | 15,2 | 96,9 |
| Слой 2  | 8–22         | 7  | 140  | »    | 14,6 | 8,6  | 43 735 | 16,9 | 15,0 | 99,5 |
| Слой 3  | 22–40        | 3  | 123  | »    | 17,0 | 5,6  | 47 962 | 17,6 | 12,3 | 102  |
| 3Штык-2013. Текстурно-метаморфические маломощные сверхглубокоосветленные почвы        |              |    |      |      |      |      |        |      |      |      |
| AУ  | 0–36         | 9  | 1127 | 0,12 | 17,5 | 6,1  | 17 999 | 15,4 | 13,2 | 143  |
| Elm   | 36–48        | 5  | 1148 | 0,10 | 16,9 | 2,4  | 24 591 | 9,3  | 13,4 | 44,4 |
| ВМ  | 48–64        | 4  | 886  | 0    | 16,8 | 2,0  | 20 277 | 7,3  | 4,0  | 32,2 |
| С   | 64–120       | 2  | 4877 | 0    | 12,6 | 2,0  | 11 850 | 7,3  | 1,4  | 22,8 |
| 4Штык-2013. Темногумусово-глеевые типичные средне мелкие поверхностно-оглеенные почвы |              |    |      |      |      |      |        |      |      |      |
| AУ  | 0–24         | 16 | 1008 | 0,04 | 35,1 | 7,8  | 35 008 | 16,9 | 27,0 | 107  |
| G   | 24–67        | 12 | 1227 | 0    | 54,1 | 4,5  | 18 327 | 20,3 | 34,5 | 77,5 |
| CG  | 67–130       | 13 | 1197 | Н/о  | 46,6 | 5,1  | 26 808 | 13,9 | 25,1 | 78,4 |
| ПДК   |              | 32 | 1500 | 3    | 0,05 | 70   | Нет    | 100  | 100  | 150  |

химический фон территории связан как с природными, так и с техногенными факторами, которые способствуют возникновению процесса оксидогенеза.

**Литостраты самозарастающего террикона.** Как показали результаты анализов (см. табл. 11), в профиле террикона литостратов, входящих в изученную катену, подвижные формы химических элементов-загрязнителей в количествах, превышающих ПДК не содержатся. Повышенное содержание валовых форм марганца до 250–340 ПДК (см. табл. 12) объясняется наличием этого элемента в пустых горных породах, извлеченных на дневную поверхность во время угледобычи.

**Текстурно-метаморфические маломощные сверхглубокоосветленные почвы.** По данным химических анализов (см. табл. 11), в описываемых почвах в верхнем 36-сантиметровом горизонте имеются подвижные формы марганца в количестве 2,5 ПДК. Из валовых форм (см. табл. 12) выделяется хром, содержание которого превышает ПДК в 252–350 раз, и железо (в составе многочисленных ортштейнов) в количестве 11 850–24 591 мг/кг.

**Темногумусово-глеевые типичные средне мелкие поверхностно-оглеенные почвы.** В данных почвах превышений ПДК по подвижным формам тяжелых металлов не наблюдается (см. табл. 11). Из валовых форм (см. табл. 12) выделяются хром (702–1082 ПДК) и железо (18 327–35 008 мг/кг), что объясняется региональными особенностями процесса почвообразования в условиях муссонного климата, когда геохимический фон территории связан с природными и техногенными факторами, способствующими возникновению оксидогенеза.

Таким образом, для конкретной изученной техногенно-промышленной системы можно предположить факт образования антропогенно-преобразованных почв:

- хемоземов, загрязненных Cr, Mn по буроземам типичным средне-мелким;
- хемоземов, загрязненных Cr, Mn по текстурно-метаморфическим маломощным сверхглубокоосветленным почвам;
- хемоземов, загрязненных Cr по темногумусово-глеевым типичным средне-мелким поверхностно оглееным почвам.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Природные почвы, рассматриваемые в качестве компонентов техногенно-промышленной системы, обладают стандартными для каждого типа почв физико-механическими свойствами и противозерозионной устойчивостью.

Терриконы пустых горных пород, отсыпанных на поверхность природных почв при добыче угля закрытым способом, имеют относительно рыхлое сложение. Они состоят из части горных пород, оставшейся после отделения основного сырья, и имеющей глинистую основу. В общей массе так называемых пустых горных пород достаточно много обломков угля разного размера, что и делает тело террикона уязвимым по отношению к эрозионным процессам в периоды ливневых муссонных дождей. Противозерозионные свойства материала литостратов невысоки. Допустимая неразмывающая скорость водного потока или стартовое состояние, при котором начинается поверхностный сток по склонам терриконов, находится в пределах 0,234–0,237 м/с.

Для Fe отсутствует ПДК, но показатели, превышающие 10000 мг/кг почвы, свидетельствуют о том, что морфологический профиль ожелезнен гидратными формами. По данным М. А. Глазовской, Н. С. Касимова [1989], наличие большого количества элементов железа и марганца свидетельствует о развитии в почвенном покрове процесса оксидогенеза, в результате которого накапливаются ортштейны – Fe–Mn-конкреции.

Содержание тяжелых металлов в изученных почвах в количествах, превышающих ПДК, связано прежде всего с наличием этих элементов в материале литостратов и интенсивными эрозионными и дефляционными процессами на поверхности терриконов, процессом забучивания почв и геохимическим стоком. Следовательно, на территории изученной техногенно-промышленной системы возникают антропогенно-преобразованные почвы: хемоземы, загрязненные Cr, Mn по буроземам типичным средне мелким; хемоземы, загрязненные Cr, Mn по текстурно-метаморфическим маломощным сверхглубокоосветленным почвам; хемоземы, загрязненные Cr по темногумусово-глеевым типич-

ным средне-мелким поверхностно оглееным почвам.

## ЛИТЕРАТУРА

- Аржанова В. С., Елпатьевский П. В. Геохимия ландшафтов и техногенез. М.: Наука, 1990. 195 с.
- Аринушкина Е. В. Руководство по химическому анализу почв. М.: Изд-во Моск. гос. ун-та, 1961. 491 с.
- Вадюнина А. Ф., Корчагина З. А. Методы исследования физических свойств почв и грунтов: учеб. пособие для студентов вузов. Изд. 2-е. М.: Высш. шк., 1973. 400 с.
- Воронин А. Д., Кузнецов М. С. Опыт оценки противозерозионной стойкости почв // Эрозия почв русловые процессы. М., 1970. Вып. 1. С. 99–115.
- Геология СССР. Полезные ископаемые / под ред. И. И. Берсенева, Л. А. Неволлина. М.: Недра, 1974. Т. 32: Приморский край. 156 с.
- Глазовская М. А., Касимов Н. С. Ландшафтно-геохимические основы фонового мониторинга природной среды. М.: Наука, 1989. 264 с.
- Дербенцева А. М. Специфика изменения почв при угледобыче. Владивосток: Изд-во Дальневост. фед. ун-та, 2012. 88 с.
- Елпатьевский П. В. Геохимия миграционных потоков в природных и природно-техногенных геосистемах. М.: Наука, 1993. 252 с.
- Качинский Н. А. Механический и микроагрегатный состав почвы, методы его изучения. М.: Изд-во АН СССР, 1958. 192 с.
- Китаев И. В. Золообразующие и малые элементы углей Дальнего Востока. Владивосток: Дальнаука, 1989. 138 с.
- Классификация и диагностика почв России / сост. Л. Л. Шишов [и др.]. Смоленск: Ойкумена, 2004. 342 с.
- Костенков Н. М. Почвы ландшафтов Приморья (Рабочая классификация): учеб.-метод. пособие. Владивосток: Изд-во Дальневост. фед. ун-та, 2011. 112 с.
- Крупская Л. Т. Биоиндикационные методы как элемент горно-экологического мониторинга зон влияния горнодобывающих объектов юга Дальнего Востока // Экологические системы и приборы. 2005. № 11. С. 6–9.
- Крупская Л. Т. Концептуальные принципы обеспечения экологической безопасности биоты в процессе освоения недр в условиях устойчивого развития экосистем горнодобывающих районов юга Дальнего Востока // Горн. информ.-анал. бюл. Отд. вып.: Дальний Восток. 2007. № ОВ 9. С. 502–505.
- Крупская Л. Т. Охрана и рациональное использование земель на горных предприятиях Приамурья и Приморья. Хабаровск: Приамур. геогр. о-во, 1992. 175 с.
- Крупская Л. Т. Оценка воздействия горного производства на почвы Дальнего Востока // Влияние процессов горного производства на объекты природной среды. Владивосток: Дальнаука, 1998. С. 80–86.
- Крупская Л. Т. Оценка трансформации экосистем под воздействием горного производства на юге Дальнего Востока. Хабаровск: ХГТУ, 2001. 193 с.
- Крупская Л. Т. Повышение комплексности освоения минерального сырья как главный аспект охраны окружающей природной среды в горнодобывающих районах Российской части Дальнего Востока // Тр.

- ИГД им. Д. А. Кунаева. Алматы, 2006. Т. 71. С. 197–2003.
- Крупская Л. Т. Проблемы и перспективы развития горной экологии на Дальнем Востоке // Изв. вузов. Горный журн. 2008. № 6. С. 23–26.
- Крупская Л. Т. Пространственная локализация и нейтрализация негативного влияния горного предприятия на земли юга Дальнего Востока // Экологические проблемы переработки и перемещения отходов: мат-лы 2-й науч.-техн. конф. 30 янв. – 3 февр. 1995 г. М., 1995. С. 249–252.
- Крупская Л. Т., Растанина Н. К. Оценка риска для здоровья населения, связанного с загрязнением атмосферного воздуха в районе хвостохранилища ЦОФ Солнечного ГОКа // Горн. информ.-анал. бюл. Отд. вып.: Дальний Восток-2. 2007. № ОВ 15. С. 318–323.
- Мирицхулава Ц. Е. Инженерные методы расчета и прогноза водной эрозии. М.: Колос, 1970. 240 с.
- Растворова О. Г. Физика почв: практическое руководство Л.: Изд-во Ленингр. ун-та, 1983. 196 с.
- Теории и методы физики почв / под ред. Е. В. Шеина, Л. О. Карпачевского. М.: Изд-во Гриф и К, 2007. 616 с.
- Указания по определению допустимых (неразмывающих) скоростей водного потока для различных грунтов и облицовок. М., 1977. 34 с.
- Цытович Н. А. Механика грунтов. 2-е изд. М.: Высш. шк., 1973. 280 с.

## **Ecological State of the Territory of Shtykovskiye Technogenic and Industrial Systems**

A. M. DERBENTSEVA<sup>1</sup>, A. A. CHERENTSOVA<sup>2</sup>, L. P. MAYOROVA<sup>2</sup>, T. I. MATVEENKO<sup>2</sup>,  
E. A. POPOVA<sup>1</sup>, A. V. BRIKMANS<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Far Eastern Federal University*  
690950, Vladivostok, Sykhanova str., 8

*Pacific State University*  
<sup>2</sup> 680035, Khabarovsk, Tikhookeanskaya, str., 136  
E-mail: anna\_cherencova@mail.ru

In the process of conducting analytical work regional features of lithostratos and soils: increased total content of hexavalent chromium (700 MPC or more) and trivalent iron (more than 18000 mg/kg) were revealed. This is due to the relationship of the geochemical background of the area with natural and anthropogenic factors in the conditions of monsoon climate promoting emergence of process acidogenesis.

**Key words:** technologically-industrial system, physical, physical-mechanical, physical-chemical and chemical properties of anthropogenically transformed soils.