

Экологические проблемы разведки и разработки месторождений полезных ископаемых

УДК 504.06

DOI 10.21285/0301-108X-2016-55-2-96-102

РЕКУЛЬТИВАЦИЯ ЗЕМЕЛЬ, ЗАГРЯЗНЕННЫХ ОТХОДАМИ ГОРНО- ПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОТХОДОВ ЦЕЛЛЮЛОЗНО-БУМАЖНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

© А.В. Богданов¹, О.Л. Качор², А.С. Шатрова³, Н.В. Чайка⁴¹⁻⁴Иркутский национальный исследовательский технический университет, 664074, Россия, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83.

В статье рассматривается проблема загрязнения мышьяковистыми отходами горно-перерабатывающей промышленности территории МО «город Свирск». Источником загрязнения данной территории являлся бывший Ангарский металлургический завод по переработке арсенопиритовых руд (Черемховский район Иркутской области). Приведена характеристика объекта размещения отходов и их количество. Рассмотрен принцип действия обезвреживания мышьяка и тяжелых металлов, заключающийся в их химическом связывании с образованием труднорастворимых соединений, путем использования органоминерального комплекса и отходов производств целлюлозно-бумажной промышленности, а именно шлам-лигнина ОАО «Байкальский целлюлозно-бумажный комбинат». В рамках Федеральной целевой программы «Национальная система химической и биологической безопасности Российской Федерации (2009–2014)», а также областной программы «Защита окружающей среды в Иркутской области» (2006–2015) была проведена ликвидация источника мышьяковистого загрязнения. Основными этапами ликвидации явились выемка грунта, вывоз, захоронение и дальнейшая рекультивация загрязненной территории. Во время работ по транспортировке загрязненного почвогрунта проводились исследования по выбору реагентов для подавления пылеуноса. Исследования показали, что из всех рассматриваемых реагентов наиболее эффективными являются раствор шлам-лигнина и раствор ПАВ «Кольчуга». Представлены исследования по определению фитотоксичности почв рекультивируемого участка и загрязненной почвы с помощью изучения морфологических признаков образцов овса и редиса, а также с помощью метода проростков семян кресс-салата. Исследования показали, что территория площадью 13 га после завершения работ государственного контракта «Ликвидация очага загрязнения мышьяком территории промышленной площадки Ангарского металлургического завода в районе МО «город Свирск» Иркутской области» больше не является источником загрязнения и не представляет собой никакой опасности для объектов окружающей среды и жителей этого региона.

Ключевые слова: мышьяк, мониторинг, отходы, загрязнение, обезвреживание, захоронение, рекультивация.

¹Богданов Андрей Викторович, профессор кафедры обогащения полезных ископаемых и охраны окружающей среды, тел.: (3952) 405376, e-mail: bogdanov.lab@istu.edu

Bogdanov Andrey, Professor of the Department of Minerals Processing and Environmental Protection, tel.: (3952) 405376, e-mail: bogdanov.lab@istu.edu

²Качор Ольга Леонидовна, доцент кафедры обогащения полезных ископаемых и охраны окружающей среды, тел.: (3952) 405376, e-mail: oll_ka@bk.ru

Kachor Olga, Associate Professor of the Department of Minerals Processing and Environmental Protection, tel.: (3952) 405376, e-mail: oll_ka@bk.ru

³Шатрова Анастасия Сергеевна, аспирант кафедры обогащения полезных ископаемых и охраны окружающей среды, тел.: (3952) 405921, e-mail: unicorn1990@rambler.ru

Shatrova Anastasia, Postgraduate of the Department of Minerals Processing and Environmental Protection, tel.: (3952) 405921, e-mail: unicorn1990@rambler.ru

⁴Чайка Наталия Витальевна, аспирант кафедры обогащения полезных ископаемых и охраны окружающей среды, тел.: (3952) 405921, e-mail: odu38@mail.ru

Chaika Natalia, Postgraduate of the Department of Minerals Processing and Environmental Protection, tel.: (3952) 405921, e-mail: odu38@mail.ru

Формат цитирования: Богданов А.В., Качор О.Л., Шатрова А.С., Чайка Н.В. Рекультивация земель, загрязненных отходами горно-перерабатывающей промышленности с использованием отходов целлюлозно-бумажной промышленности // Известия Сибирского отделения Секции наук о Земле Российской академии естественных наук. Геология, поиски и разведка рудных месторождений. 2016. № 2 (55). С. 96–102. DOI 10.21285/0301-108X-2016-55-2-88-94.

RECUITIVATION OF SOILS CONTAMINATED BY MINING INDUSTRY WASTE USING PULP AND PAPER INDUSTRY WASTE

A.V. Bogdanov, O.L. Kachor, A.S. Shatrova, N.V. Chaika

Irkutsk National Research Technical University, 83 Lermontov St., Irkutsk, 664074, Russia.

The article deals with the pollution problem of the municipality of the town of Svirsk by arsenic waste of the mining industry. The source of pollution was the former Angarsk metallurgical factory that processed arsenopyrite ores of the Cheremkhovo district of the Irkutsk region. The location of waste dumping and the amount of waste are described. The principle of arsenic and the heavy metals neutralization is considered. It involves their chemical bonding with the formation of hardly soluble compounds by using an organomineral complex and pulp and paper waste, precisely slime lignin of the “Baikal Pulp and Paper Mill” JSC. Within the Federal target program “National System of Chemical and Biological Safety of the Russian Federation (2009–2014)” and the regional program “Environment Protection in the Irkutsk Region” (2006–2015) the source of arsenic pollution was eliminated. The main liquidation stages include ground excavation, removal, disposal and further recultivation of the polluted land. The studies on reagent selection for flue dust suppression were conducted during the works on contaminated soil transportation. The studies have shown that the most effective reagents among the examined ones are the solution of sludge lignin and “Kolchuga” surfactant solution. The studies on phytotoxicity determination of the recultivated site soils and the polluted soils by means of studying the morphological features of the samples of oat and garden radish, as well as by means of the method of garden cress seedlings are presented. The research has shown that the implementation of the works on the state contract of “Elimination of the arsenic pollution focus of the industrial site of the Angarsk metallurgical factory in the area of the “town of Svirsk” municipality of the Irkutsk region” neutralized the territory of 13 hectares that has stopped to be the source of pollution and is not dangerous anymore for the environmental objects and town residents.

Key words: arsenic, monitoring, waste, pollution, neutralization, disposal, recultivation

For citation: Bogdanov A.V., Kachor O.L., Shatrova A.S., Chaika N.V. Recultivation of soils contaminated by mining industry waste using pulp and paper industry waste // Proceedings of Siberian Department of the Section of Earth Sciences, Russian Academy of Natural Sciences. Geology, Prospecting and Exploration of Ore Deposits. 2016. No. 2 (55). Pp. 96–102. DOI 10.21285/0301-108X-2016-55-2-88-94.

Особый комплекс проблем, требующих незамедлительного решения, связан с образованием и накоплением токсичных отходов – одним из наиболее опасных видов техногенных нагрузок, негативно влияющих на состояние природной среды и создающих серьезную угрозу для здоровья населения. Крайне опасны отходы горно-перерабатывающей промышленности, содержащие соединения мышьяка, которые могут очень долгое время оставаться активными, то есть способными к химическим превращениям и миграции под действием естественных природных условий [1]. Примером одного из таких объектов являлась промышленная площадка бывшего Ангарского металлургического завода (АМЗ) по переработке арсенопиритовых

руд МО «город Свирск» Черемховского района Иркутской области. Ситуация обострялась еще и тем, что промплощадка была расположена в непосредственной близости к жилой зоне, в 500 м от реки Ангары (рис. 1) и на протяжении более 70 лет оказывала мощное антропогенное воздействие на все объекты окружающей среды верхней части Братского водохранилища с общей площадью в 150 км² [2]. Таким образом, возникла острая необходимость обезвредить и ликвидировать отходы, накопленные в ходе работы АМЗ, а также рекультивировать земли, загрязненные мышьяковистыми отходами.

В период с 1934 по 1949 гг. АМЗ осуществлял выпуск триоксида мышьяка, сырьем для производства которого

являлись арсенопиритовые концентраты Дарасунского и Запокровского месторождений, расположенные в Забайкальском крае. Производство триоксида мышьяка осуществлялось по упрощенной схеме, предусматривающей обжиг концентратов в подовых печах и улавливание возгонов мышьяка в кулерах с последующим рафинированием триоксида мышьяка [2]. В 1949 г. производство было остановлено, основные фонды завода списаны и, по сути, брошены без надлежащей ликвидации (рис. 2).

В рамках федеральной целевой программы «Национальная система химической и биологической безопасности Российской Федерации (2009–2014)»,

а также областной программы «Защита окружающей среды в Иркутской области на 2006–2015 гг.» Иркутским национальным исследовательским техническим университетом были проведены работы по ликвидации мышьяковистых отходов [3]. Техногенные и строительные отходы общей площадью 13 га включали в себя зараженный почвогрунт – 48 тыс. т, строительный мусор – 16,5 тыс. т и огарки – 154 тыс. т с общим содержанием мышьяка 1600 т. В соответствии с проектом отходы были обезврежены и захоронены на специальном полигоне «Северный 5». Земли были рекультивированы и переданы в пользование МО «город Свирск».

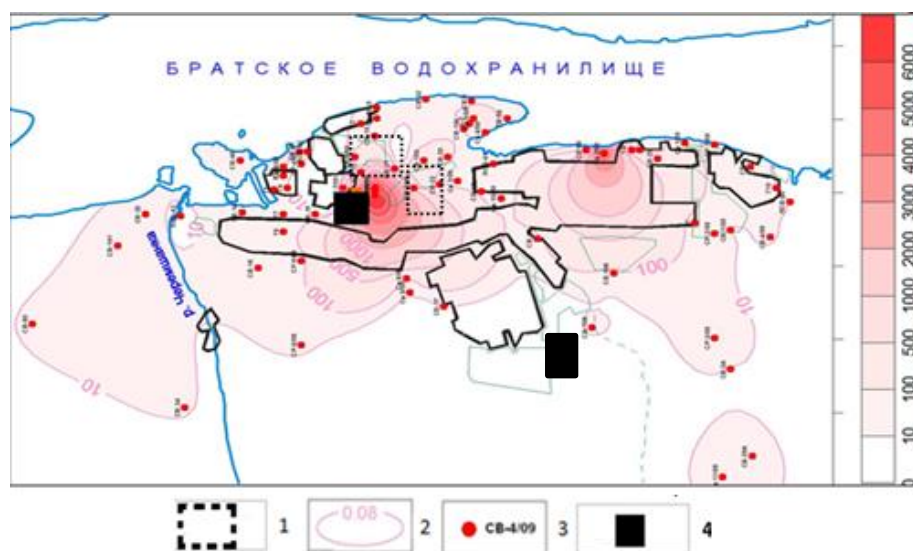


Рис. 1. Распределение содержания мышьяка в почвах МО «город Свирск», мг/кг (ГК от 29.09.09 № 9412.1007500.13.1179 «Ликвидация очага загрязнения мышьяком территории промышленной площадки Ангарского металлургического завода в районе г. Свирск Иркутской области»):

1 – садовые участки; 2 – изолинии содержаний мышьяка в почве; 3 – точки опробования; 4 – место расположения бывшей промплощадки АМЗ



Рис. 2. Общий вид промплощадки АМЗ до начала работ по ликвидации, 2009 г.

Обезвреживание отходов проводили минерально-органическим комплексом, содержащим 5%-й раствор известкового молока и 0,08%-й раствор гуминовых кислот, полученных из окисленных бурых углей в соотношении 3:1 [2, 4]. В качестве связующего компонента при обезвреживании отходов также применялась зола шлам-лигнина, содержащая до 80% оксида алюминия, которая образовалась при сжигании осадков очистных сооружений ОАО «Байкальский ЦБК» [5].

Рекультивацию промплощадки АМЗ согласно проекту проводили в два этапа – техническая и биологическая рекультивации. Техническая рекультивация заключалась в выборке загрязненного грунта и его складировании на полигон «Северный 5» (рис. 3). Биологическая рекультивация проводилась с завозом условно плодородного грунта в объеме 7700 м³, плодородной почвы объемом 3,3 тыс. м³, с внесением минеральных и органических удобрений с дозой 40 и 150 кг/га соответственно. Также была выполнена посадка многолетней травы овсяницы (лат. *Festuca*) – 20 кг/га (в настоящее время данное растение активно используется для фиторемедиации почв, загрязненных тяжелыми металлами, а также нефтепродуктами как в России, так и в зарубежных странах) и противоэрозионных насаждений по периметру промплощадки.

Во время работ по транспортировке загрязненного почвогрунта проводились мероприятия по пылеподавлению отходов и обработке автотранспорта. Перед вывозом почвогрунт в кузове машины обрабатывался солевым раствором ПАВ «Кольчуга» и частично – раствором шлам-лигнина ОАО «Байкальский ЦБК». Затем почвогрунт закрывался тентом, который крепился к бортам кузова с помощью тросов. Борта и колоса обдувались с помощью компрессора. Предварительно были проведены исследования по выбору реагентов для подавления пылеуноса. В качестве агентов для пылеподавления использовались: вода, солевой раствор (NaCl – 0,1%), 0,1%-й раствор ПАВ ГИПХ-3, 1%-й раствор шлам-лигнина, 5%-й раствор ПАВ «Кольчуга». Из исследуемых нами веществ лучшие результаты были получены с 1%-м раствором шлам-лигнина. Обработка поверхности материала 1%-м раствором шлам-лигнина практически полностью подавляет пылеунос (рис. 4).

Принцип действия шлам-лигнина при пылеподавлении заключается не только в смачивании поверхности частиц, но также и в образовании агрегатов из тонкодисперсных частиц (<1 мм) в устойчивые структуры без образования непроницаемого пленочного покрытия за счет содержащихся в составе шлам-лигнина природных и синтетических



Рис. 3. Траншея выборки загрязненного почвогрунта промплощадки АМЗ

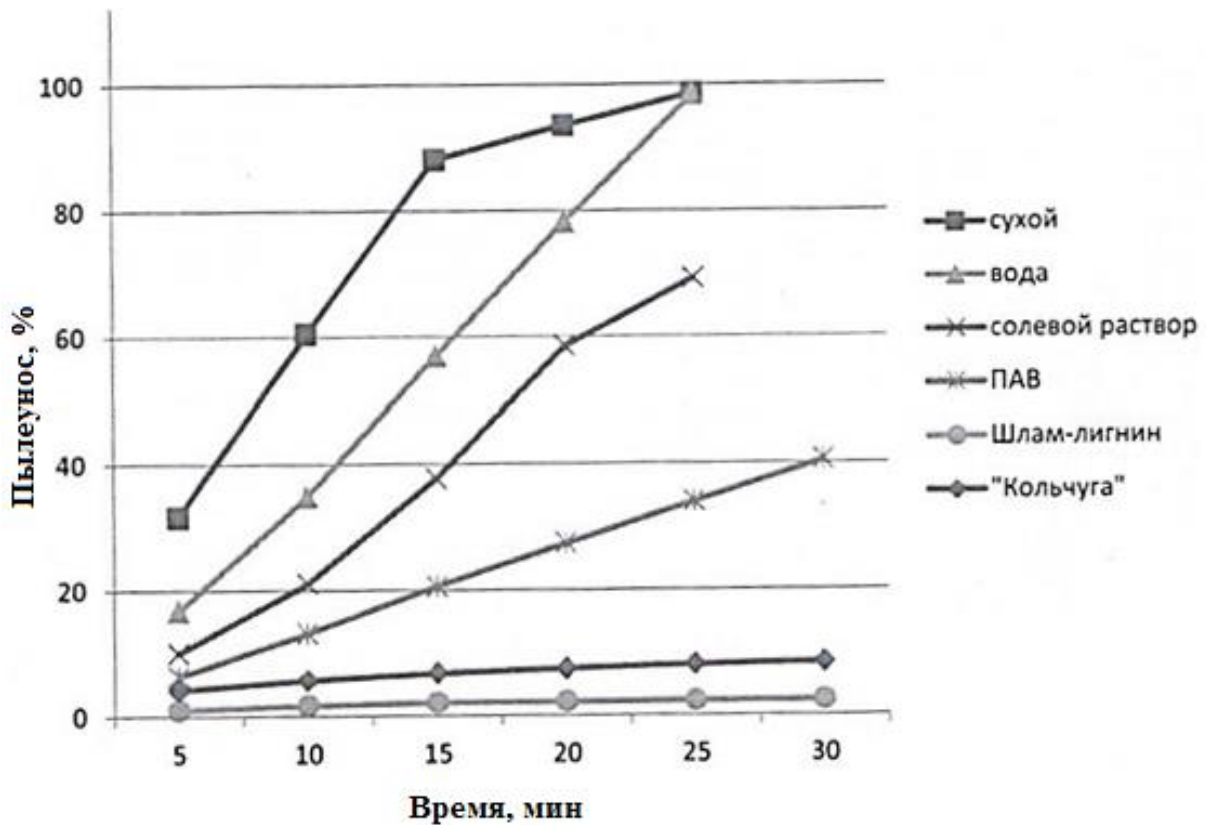


Рис. 4. Кинетика пылеуноса при скорости уноса 8 м/с

ПАВ, ВМС, гидроксидов железа, алюминия, тонкодисперсного целлюлозного волокна, лигнина и других вяжущих веществ.

Необходимо отметить, что в связи с установленными сроками работ по госконтракту рекультивация осуществлялась в три смены в круглосуточном режиме с использованием 30 единиц техники, в том числе 30 самосвалов марки Shanxi, 3 экскаваторов Hyundai R30LC-95 и 2 бульдозеров Shantuisd-23.

В 2015 году Лабораторией экологического мониторинга природных и техногенных сред ИРНИТУ были проведены исследования, которые показали, что содержание мышьяка в почвогрунте рекультивированного участка составляет не более 8 мг/кг. Данное значение приближено к фоновому региональному содержанию и не превышает ОДК, равной 10 мг/кг, предъявляемой к кислым суглинкам. Для определения фитотоксичности почв рекультивируемого участка с площади 13 га было отобрано 16 проб. Горшки с рекультивированной

и контрольной исходной нерекультивированной почвой в количестве 16 штук были засажены овсом и редисом – по 4 параллельных опыта.

При повышенных концентрациях мышьяка (в образцах с нерекультивированной почвой) у растений наблюдается нарушение активности ферментов, торможение фотосинтеза, нарушение транспирации, что непосредственно отражается на внешнем виде растения (задержка роста, повреждение корневой системы).

Фитотоксичность почвы также оценивали методом проростков, который позволяет получить интегральную токсикологическую характеристику исследуемых объектов независимо от состава загрязняющих веществ. В качестве биотеста использовали семена кресс-салата (*Lepidium sativum* L.), которые отличаются чувствительностью к наличию фитотоксичных веществ, быстрым ростом и почти 100%-м прорастанием. Для определения фитотоксичности почв дачных участков «Астра», «Багульник» и

территории Макарьевской школы района МО «город Свирск» до и после ремедиации был проведен опыт на прорастание семян. Опыт проводился по методике, основанной на изменении прорастания семян под воздействием различных физиологически активных веществ.

В чашки Петри вносили по 20 г исследуемой почвы, покрывали фильтровальной бумагой «синяя лента» и увлажняли до образования водного зеркала на поверхности. Выкладывали на фильтры по 20 семян кресс-салата, предварительно замоченных на 24 часа в дистиллированной воде при температуре +25С°. Чашки Петри с семенами помещались в термостат с температурой +25С° на 24 часа. После истечения времени результаты прорастания визуально сравнивались. В чашках с почвой после ремедиации прорастание семян кресс-салата составило 95–100%, на загрязненной же почве прорастание составило 55–65%. При этом на загрязненной почве семена, которые проросли, были маленькими, а корни – слабыми, а на плодородной почве ростки были длинными и

крепкими, в некоторых случаях уже имелись листья.

Таким образом, можно с уверенностью констатировать, что территория площадью 13 га, на которой ранее располагался мышьяковистый очаг загрязнения – промплощадка АМЗ – после завершения работ госконтракта «Ликвидация очага загрязнения мышьяком территории промышленной площадки Ангарского металлургического завода в районе г. Свирска Иркутской области», заказчиком которой являлось Министерство промышленности и торговли РФ, больше не является источником загрязнения и не представляет собой никакой опасности для объектов окружающей среды и жителей этого региона. В соответствии с актом приемки-сдачи рекультивированных земель промплощадки АМЗ участок площадью 13 га передан Комитету по управлению муниципальным имуществом администрации МО «город Свирск» для использования под природоохранные и санитарно-гигиенические цели, а предотвращенный экологический ущерб от реализации мероприятия составил 24,97 млрд руб. [6, 3].

Библиографический список

1. Стом Д.И., Коновалов А.С., Богданов А.В., Шкрабо А.И. Возможность детоксикации модельных субстратов, загрязненных солями мышьяка, с помощью гуминовых препаратов // Вестник ИрГСХА. 2012. № 50. С. 81–86.

2. Богданов А.В., Качор О.Л., Абарина Н.Г. Обезвреживание мышьяксодержащих отходов горно-металлургической промышленности // Российский Химический Журнал (ЖРХО им. Д.И. Менделеева). 2013. Т. 57. № 1. С. 75–78.

3. Государственный доклад о состоянии и об охране окружающей среды Иркутской области в 2014 г. Иркутск: Изд-во Министерства природных ресурсов и экологии Иркутской области, 2015. 328 с.

4. Кнатько В.М., Кнатько М.В., Щербакова Е.В. ИММ-технология против отходов (Искусственное воспроизводство природных процессов минералообразования – перспективное направление обезвреживания и утилизации промышленных отходов) // Энергия: экономика, техника, экология. 2001. № 12. С. 29–35.

5. Шатрова А.С., Богданов А.В., Федотов К.В. Рекуперация осадков картнакопителей ОАО «Байкальский ЦБК» // Целлюлоза. Бумага. Картон. 2013. № 10. С. 60–63.

6. Водяницкий Ю.М. Тяжелые и сверхтяжелые металлы и металлоиды в загрязненных почвах. М.: Изд-во Почвенного ин-та им. В.В. Докучаева, 2009. 95 с.

References

1. Stom D.I., Konovalov A.S., Bogdanov A.V., Shkrabo A.I. Vozmozhnost' detoksikatsii model'nykh substratov, zagryaznennykh solyami mysh'yaka, s pomoshch'yu guminovykh preparatov [Detoxication possibility for arsenic salt contaminated model substrates using humic substances]. *Vestnik IrGSKhA = Vestnik IrGSHA*, 2012, no. 50, pp. 81–86.
2. Bogdanov A.V., Kachor O.L., Abarinova N.G. Obezvrezhivanie mysh'yaksoderzha-shchikh otkhodov gorno-metallurgicheskoi promyshlennosti [Detoxification of arsenic contaminated waste of mining and metallurgical industry]. *Rossiiskii Khimicheskii Zhurnal (ZhRKhO im. D.I. Mendeleeva) = Russian Chemical Journal (Journal of Russian Chemical Society named after D.I. Mendeleev)*, 2013, V. 57, no. 1, pp. 75–78.
3. Gosudarstvennyi doklad o sostoyanii i ob okhrane okruzhayushchei sredy Irkutskoi oblasti v 2014 [The State report on the status and environmental protection of the Irkutsk region in 2014]. Irkutsk, Ministerstva prirodnnykh resursov i ekologii Irkutskoi oblasti Publ., 2015. 328 p.
4. Knat'ko V.M., Knat'ko M.V., Shcherbakova E.V. IMM-tehnologiya protiv otkhodov (Iskusstvennoe vosпроизводство prirodnnykh protsessov mineraloobrazovaniya – perspektivnoe napravlenie obezvrezhivaniya i utilizatsii promyshlennykh otkhodov) [IMM technology to deal with waste (artificial reproduction of natural processes of mineral formation – a promising direction of industrial waste detoxication and recycling)]. *Energiya: ekonomika, tekhnika, ekologiya = Energy: Economics, Engineering, Environmental protection*, 2001, no. 12, pp. 29–35.
5. Shatrova A.S., Bogdanov A.V., Fedotov K.V. Rekuperatsiya osadkov kartonopitelei OAO “Baikal'skii TsBK” [Recovering of precipitation accumulating cards of the “Baikal Pulp and Paper Mill” JSC]. *Tsellyuloza. Bumaga. Karton = Pulp. Paper. Cardboard*, 2013, no. 10, pp. 60–63.
6. Vodyanitskii Yu.M. Tyazhelye i sverkhtyazhelye metally i metalloidy v zagryaznennykh pochvakh [Heavy and super-heavy metals and metalloids in contaminated soils]. Moscow, Pochvennij in-t im. V.V. Dokuchaeva Publ., 2009. 95 p.

Статья поступила 01.03.2016 г.

Article received 01.03.2016.