

## Мирмекофауна золоотвала ТЭЦ-5 г. Новосибирска на начальных этапах самозарастания

### Myrmecofauna of ash dump of the Novosibirsk combined heat and power plant (CHPP-5) at the initial stages of self-revegetation

Т.А. Новгородова  
T.A. Novgorodova

Институт систематики и экологии животных СО РАН, ул. Фрунзе 11, Новосибирск 630091 Россия. E-mail: tanovg@yandex.ru.  
Institute of Systematics and Ecology of Animals, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Frunze Str. 11, Novosibirsk 630091 Russia.

**Ключевые слова:** нарушенные территории, самовосстановление, золоотвалы ТЭЦ, муравьи, видовой состав, Новосибирская область.

**Key words:** disturbed territories, self-restoration, ash dumps of CHPP, ants, species composition, Novosibirskaya Oblast.

**Резюме.** Исследованы пионерные сообщества муравьёв, сформировавшиеся на золоотвале ТЭЦ-5 г. Новосибирска (55°00' N, 83°04' E) на 9 год самозарастания. Исследования проводились в июле–сентябре 2017 года на территории нерекультивированной секции золоотвала, разделённой на три зоны с разной степенью увлажнения грунта и соответствующими растительными сообществами. Сбор материала осуществлялся на площадках (10x10 м, по 5 в каждой зоне). Выявлено 10 видов муравьёв (*Camponotus japonicus*, *Formica rufibarbis*, *F. cunicularia*, *F. fusca*, *Lasius niger*, *Myrmica* cf. *constricta*, *M. curvithorax*, *M. scabrinodis*, *M. schencki* и *Tetramorium caespitum*). *C. japonicus* впервые отмечен для Новосибирской области. Гнёзда представителей рода *Formica* на золоотвале не обнаружены. Одиночные фуражиры рода *Formica* подрода *Serviformica* только начинают осваивать техногенный ландшафт, проникая на периферию золоотвала с прилегающей территории. По мере увеличения степени увлажнения грунта число видов муравьёв, обитающих на золоотвале, возрастает от 1 до 6 видов. В сообществах доминирует *L. niger*, во влажной зоне золоотвала к числу доминантов относится также *Myrmica* cf. *constricta*.

**Abstract.** Pioneer ant communities formed at the ash dump of Novosibirsk CHPP-5 (55°00' N, 83°04' E) by the 9th year of self-revegetation period were explored. Investigations were carried out during July–September 2017 at non-reclaimed section of the ash dump divided into three zones according to the humidity of ground and corresponding plant association. The collection of the material was carried out on model sites (10x10 m, 5 in each zone). 10 ant species were revealed at the ash dump (*Camponotus japonicus*, *Formica rufibarbis*, *F. cunicularia*, *F. fusca*, *Lasius niger*, *Myrmica* cf. *constricta*, *M. curvithorax*, *M. scabrinodis*, *M. schencki* and *Tetramorium caespitum*). *C. japonicus* was recorded for the first time in the Novosibirsk Region. Nests of *Formica* ants were not found at the ash dump. Solitary foragers of the genus *Formica* subgenus *Serviformica* were just beginning to explore the technogenic landscape, penetrating to the periphery of the ash dump from the adjacent undisturbed territory. As the degree of soil moistening increases, the number of ants, living on the ash dump, increases

from 1 to 6 species. *L. niger* dominates in ant communities. In the humid zone of the ash dump *Myrmica* cf. *constricta* also joins the number of dominants.

### Введение

Техногенно трансформированные ландшафты давно приобрели статус неотъемлемого «спутника» большинства крупных городов. Одним из ярких примеров таких территорий являются золоотвалы ТЭЦ, которые служат для сбора и утилизации отходов золы и шлака, оставшихся от сжигания твёрдого топлива. На момент выработки проектной мощности по размещению золы подача золошлаков прекращается, при этом старые золоотвалы представляют собой техногенную пустыню и служат источником потенциальной опасности как для окружающей среды (воздушная среда и грунтовые воды), так и здоровья человека [Haynes, 2009; Pan et al., 2011; Maiti, Prasad, 2016]. Для разработки эффективных технологий восстановления и/или консервации старых золоотвалов необходимо всестороннее изучение вопросов, касающихся особенностей формирования как фито-, так и зооценоза в условиях нарушенных территорий.

Благодаря многообразию своей деятельности, включая участие в почвообразовании, муравьи играют важную роль в процессе восстановления техногенно трансформированных ландшафтов [Hölldobler, Wilson, 1990; Frouz, 1996; Ottonetti et al., 2006; Frouz, Jilková, 2008; Blinova et al., 2015; Jilková et al., 2017]. Однако информация о пионерных сообществах этих насекомых на территории старых золоотвалов и особенностях их поселений практически отсутствует. Единственная работа, посвящённая муравьям золоотвалов, которую удалось найти на данный момент — статья Д.Ш. Джайнакова «Экология муравьёв сукцессионного ряда золоотвалов ТЭС Урала» [Dzhainakov, 2009]. К сожалению, несмотря на многообещающее название, в данной статье от-

сутствуют какие-либо репрезентативные данные, включая как списки видов, так и результаты сравнительного анализа сообществ, сформировавшихся на разных этапах сукцессии.

Цель данной работы — исследовать видовой состав пионерных сообществ муравьёв, которые формируются на территории старых золоотвалов ТЭЦ на начальных этапах самозарастания.

## Материалы и методы

Исследования проводились в VII–XI.2017 г. на золоотвале № 1 ТЭЦ-5 г. Новосибирска (55°00' N, 83°04' E). Данный объект состоит из двух секций (общая площадь — около 41,4 га), разделённых дамбой; активно эксплуатировался с 1987 по 2008 гг. После прекращения подачи золошлакового материала одна из секций золоотвала (около 17,7 га) была оставлена под естественное самозарастание. Именно эта территория и послужила полигоном для проведения исследований.

Подробная характеристика фитоценозов и почвы на территории нерекультивированной секции (НРС) золоотвала № 1 ТЭЦ-5 г. Новосибирска приведена в работе Н. Шеремет с соавторами [Sheremet et al., 2018]. На территории НРС чётко выделяются зоны с разной степенью увлажнения грунта и соответствующими растительными сообществами: 1 — сухая зона с разнотравно-вейниковой с облепихой открытой группировкой; 2 — умеренно увлажнённая зона с доннико-вейниковым сообществом; 3 — влажная зона с полевицево-вейниковым сообществом [Sheremet et al., 2018]. По данным этих авторов полевая влагоёмкость в слое 0–20 см в соответствующих зонах нерекультивированной секции золоотвала составила: 1 — менее 10,5 %, 2 — 27–32 %, 3 — более 39 % [Sheremet et al., 2018].

В ходе исследования сбор материала осуществлялся на площадках 10 x 10 м (по 5 в каждой зоне). С помощью портативного прибора (4 in 1 Soil Survey Instrument) на каждой из площадок проводили оценку влажности и температуры грунта (по 5 измерений с учётом различий микростациональных условий). Влажность субстрата оценивалась по 5 балльной шкале (1 — очень сухой, 2 — сухой, 3 — умеренно влажный, 4 — влажный, 5 — очень влажный). Учёт гнёзд муравьёв проводился по стандартной методике [Zakharov, Goryunov, 2009]. Отмечались тип гнезда, число секций, характерные особенности наземных построек, включая диаметр и высоту земляного купола. Материал фиксировали в 70 % спирте. Всего было собрано 206 проб.

Определение муравьёв проводилось с использованием нескольких работ [Dlussky, 1967; Radchenko, 1994, 1996, 2016; Radchenko, Elmes, 2010; Dlussky, Zryanin, 2013]. Синонимия приведена по электронному каталогу «An Online Catalog of the Ants of the World» [Bolton, 2018]. Материалы хранятся в коллекции Института систематики и экологии животных

СО РАН (Сибирский зоологический музей, Новосибирск).

Для выяснения характера зависимости между видовым богатством муравьёв (а также долей гнёзд с наружными постройками) и степенью увлажнения грунта применялся метод ранговой корреляции Спирмена. Плотность поселения муравьёв в разных зонах НРС золоотвала сравнилась с помощью критерия Краскела-Уоллиса. Для сравнения доли гнёзд с наружными постройками в разных зонах использован точный тест Фишера. В таблице выборки представлены в виде  $Me$  [25; 75], где  $Me$  — медиана; 25 и 75 — 1-й и 3-й квартили. Статистическая обработка материала осуществлялась с помощью пакетов STATISTICA и Microsoft Excel.

## Результаты и обсуждение

На территории золоотвала отмечено 10 видов муравьёв: *Myrmica* — 4, *Formica* — 3, *Lasius*, *Camponotus* и *Tetramorium* — по 1 виду (табл. 1). Однако к числу постоянных обитателей данной территории можно отнести только 7 видов. Гнёзда муравьёв рода *Formica* (*F. rufibarbis* Fabricius, 1793, *F. cunicularia* Latreille, 1798 и *F. fusca* Linnaeus, 1758) не были обнаружены на территории золоотвала. Судя по ограниченному числу особей в сборах, эти муравьи только начинают осваивать новую территорию, проникая на золоотвал с территории сопредельных ненарушенных земель.

Видовое богатство муравьёв, обитающих на территории, так же как и формирование растительных сообществ в значительной степени определяется влажностью субстрата. В разных зонах золоотвала сообщества муравьёв включали от 2 до 6 видов (табл. 1). Число видов муравьёв, обитающих на золоотвале, растёт по мере увеличения степени увлажнения грунта: между видовым богатством муравьёв и влажностью грунта на исследованных площадках выявлена положительная корреляция ( $r_s = 0,67$ ,  $p = 0,007$ ).

Зона золоотвала с высоким увлажнением грунта характеризуется уникальными условиями, благоприятными для обитания редких для региона видов. Так, *Camponotus japonicus* Mayr, 1866 и *Myrmica* cf. *constricta* Karavaiev, 1934 не были ранее отмечены в Новосибирской области [Ryabinin et al., 2017]. Несмотря на значительное сходство последнего с *Myrmica constricta* видовой статус муравьёв рода *Myrmica*, найденных на золоотвале, требует уточнения в связи с широкой вариабельностью признаков не только на меж-, но и внутрисеимейном уровне. Высокая степень изменчивости может быть обусловлена как негативным влиянием золошлаков, так и экстремальными условиями обитания, в частности дефицитом пищевых ресурсов. Тем не менее, помимо морфологического сходства найденный на золоотвале вид муравьёв и *M. constricta* объединяют также особенности их биологии. *M. constricta* является

Таблица 1. Видовой состав и плотность поселения муравьёв (число гнёзд на 100 м<sup>2</sup>; Ме [25; 75]) в пределах нерекультивированной секции золоотвала ТЭЦ-5 г. Новосибирска в разных по степени увлажнения зонах  
 Table 1. Species composition and density of ant colonies (data of censuses on the sites; number of nests per 100 м<sup>2</sup>; Ме [25; 75]) within the non-reclaimed section of the ash dump of the Novosibirsk CHPP-5 in the zones of the ash dump differing in the degree of moistening

№	Вид	Зоны золоотвала		
		1	2	3
1.	<i>Camponotus japonicus</i> Mayr, 1866	–	–	++
2.	<i>Formica (Serviformica) cunicularia</i> Latreille, 1798	+	–	–
3.	<i>F. (S.) fusca</i> Linnaeus, 1758	+	–	–
4.	<i>F. (S.) rufibarbis</i> Fabricius, 1793	+	–	–
5.	<i>Lasius (Lasius) niger</i> (Linnaeus, 1758)	1 [1; 4]	5 [3; 8]	5 [3; 7]
6.	<i>Myrmica cf. constricta</i> Karavaiev, 1934	–	–	4 [0; 9]
7.	<i>M. curvithorax</i> Bondroit, 1920	–	–	0 [0; 6]
8.	<i>M. scabrinodis</i> Nylander, 1846	–	–	0 [0; 0]
9.	<i>M. schencki</i> Viereck, 1903	–	–	++
10.	<i>Tetramorium caespitum</i> (Linnaeus, 1758)	–	0 [0; 1]	–
Число видов:		4	2	6

Примечание. Зоны золоотвала: 1 — сухая с разнотравно-вейниковой с облепихой открытой группировкой; 2 — умеренно увлажнённая с доннико-вейниковым сообществом; 3 — влажная с полевицево-вейниковым сообществом. + — найдены только рабочие особи. ++ — гнёзда найдены за пределами учётных площадок.

Note. Ash dump zones: 1 — dry zone with mixed herbs-reedgrass accompanied by *Hippophae rhamnoides* L. open assemblage; 2 — moderately humid zone with melilot-reedgrass community; 3 — humid zone with bentgrass-reedgrass community. + — there were found only workers. ++ — nests were found only outside of the registration sites.

ксеротермным видом, который поселяется на песчаных лугах с редкой растительностью, где сухим остаётся только поверхностный слой почвы, в то время как более глубокие слои достаточно хорошо увлажнены [Radchenko, 2016]. Сходные условия складываются и на старых золоотвалах, в т.ч. и на исследованном в рамках данной работы. Так, в зоне обильного увлажнения нерекультивированной секции золоотвала поверхностные слои почвы прогреваются до +29–30 °С, а на глубине 40–50 см стоит вода. В периоды обильных дождей вода поднимается ещё выше и существует постоянная угроза затопления данной территории. Далеко не все муравьи готовы к таким экстремальным условиям жизни.

Во всех зонах выявлены значимые отличия по числу гнёзд у муравьёв разных видов (критерий Краскела-Уоллиса): сухая зона —  $H(4, N = 25) = 18,13$ ,  $p = 0,0012$ ; умеренно увлажнённая —  $H(4, N = 25) = 20,18$ ,  $p = 0,0005$ ; влажная —  $H(4, N = 25) = 10,74$ ,  $p = 0,0296$  (рис. 1). *Lasius niger* (Linnaeus, 1758) оказался единственным видом, который встречался и доминировал во всех зонах золоотвала (табл. 1). В сухой зоне отмечены гнёзда только *L. niger*, в умеренно влажной зоне были найдены также редкие гнёзда *Tetramorium caespitum* (Linnaeus, 1758). Сообщество муравьёв влажной зоны было представлено 6 видами, среди которых к числу доминантов помимо *L. niger* принадлежал также *M. cf. constricta* (табл. 1, рис. 1). Следует отметить, что для последнего была характерна не только достаточно

высокая плотность поселения, но и высокая строительная активность. Во влажной зоне доля гнёзд *M. cf. constricta* с наружными постройками оказалась значительно выше, чем у *L. niger* (точный тест Фишера,  $p = 0,015$ ). Так, у *M. cf. constricta* около 26 % его гнёзд имели земляной купол диаметром (D) 10–25 см, высотой (H) 5–12 см, тогда как среди гнёзд *L. niger* из той же зоны лишь одно (3,13 %) имело земляной купол (D = 30 см, H = 12 см). Несмотря на то, что прямая оценка численности населения семей муравьёв в данной работе не проводилась, высокая строительная активность *M. cf. constricta* может служить косвенным показателем не только благополучия семей данного вида, но и их более высокой численности по сравнению с другими видами (включая *L. niger*) в наиболее влажной зоне золоотвала.

Во всех зонах нерекультивированного участка золоотвала встречаются преимущественно гнёзда без купола из почвы. Доля гнёзд с наружными постройками немного возрастает от сухой к влажной зоне (5,9 %, 6,7 %, 11,3 %) однако значимой корреляции этого параметра с влажностью грунта не выявлено ( $r_s = 0,30$ ,  $p = 0,27$ ). Полисекционные гнёзда единичны: отмечено всего одно 6-секционное гнездо *L. niger* в сухой зоне. Развитая тоннельная система выявлена только для одной семьи: тоннели вели от основного гнезда с земляным куполом к кормовым растениям (*Artemisia integrifolia* L.), на которых располагались колонии тлей.

Таким образом, на 9-й год самозарастания на территории нерекультивированной секции золоотвала выявлены гнёзда 7 видов муравьёв (*Camponotus japonicus*, *L. niger*, *Myrmica* cf. *constricta*, *M. curvithorax*, *M. scabrinodis*, *M. schencki* и *Tetramorium caespitum*). *C. japonicus* впервые отмечен для Новосибирской области. Гнёзда представителей рода *Formica* на данном этапе сукцессии на золоотвале не обнаружены. Одиночные фуражиры рода *Formica* подрода *Serviformica* только начинают осваивать техногенный ландшафт, проникая на периферию золоотвала с прилегающей территории. По мере увеличения степени увлажнения грунта число видов муравьёв, обитающих на золоотвале, возрастает от 1 до 6. Основным доминантом на золоотвале является *L. niger*, во влажной зоне нерекультивированной секции золоотвала к нему присоединяется *Myrmica* cf. *constricta*.

## Благодарности

Автор глубоко признателен сотрудникам ЦСБС СО РАН Н.В. Шеремет, Т.Г. Ламановой и В.М. Доронькину за помощь в описании растительных сообществ, а также Д.Е. Тараненко и А.С. Рябинину — за помощь в сборе материала. Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ и Правительства Новосибирской области в рамках научного проекта № 18-44-54002, а также Программой фундаментальных научных исследований (ФНИ) государственных академий наук на 2013–2020 гг., проект VI.51.1.7. (AAAA-A16-116121410123-1).

## Литература

- Blinova S.V., Korchagina M.P., Ereemeeva N.I., Luzyanin S.L. 2015. [Formation of myrmecocomplexes on dumps of coal mines] // *Vestnik Kemerovskogo gosudarstvennogo universiteta*. Vol.3. No.4. P.12–16. [In Russian].
- Bolton B. 2018. An Online Catalog of the Ants of the World. URL: <http://www.antcat.org>. Access: 15 May 2018.
- Dlussky G.M. 1967. [Ants of genus *Formica*]. M.: Nauka. 236 p. [In Russian].
- Dlussky G.M., Zryanin V.A. 2013. [Keys for determination of ant species of genus *Formica*] // Zakharov A.A., Dlussky G.M., Goryunov D.N. et al (Eds): *Monitoring of ants Formica*. M.: KMK. P.52–60. [In Russian].
- Dzhainakov D.Sh. 2009. *Ekologiya murav'ev sukcesionnogo ryada zolootvalov TEHS Urala* // *Estestvennye i tekhnicheskie nauki*. Vol.4. No.42. P.120–121. [In Russian].
- Frouz J. 1996. *Mravenci (Hymenoptera: Formicidae) na vysypce po tezbe hnedehe uhli a v jejim okoli na Sokolovsku* // *Sbornik Oblastního muzea v Mostě. Řada přírodovědná. Zodpovědný redaktor Libuše Pokorná. Oblastní muzeum v Mostě, příspěvková organizace, Československé armády*. No.18. P.45–51.
- Frouz J., Jílková V. 2008. The effect of ants on soil properties and processes (Hymenoptera: Formicidae) // *Myrmecological News*. Vol.1. P.191–199.
- Haynes R.J. 2009. Reclamation and revegetation of fly ash disposal sites — Challenges and research needs // *Journal of Environmental Management*. Vol.90. No.1. P.43–53.
- Hölldobler B., Wilson O.E., 1990. *The Ants*. Berlin: Springer-Verlag. 733 p.
- Jílková V., Pech P., Mihaljevič M., Frouz J. 2017. Effects of the ants *Formica sanguinea*, *Lasius niger*, and *Tetramorium* cf. *caespitum* on soil properties in an ore-washery sedimentation

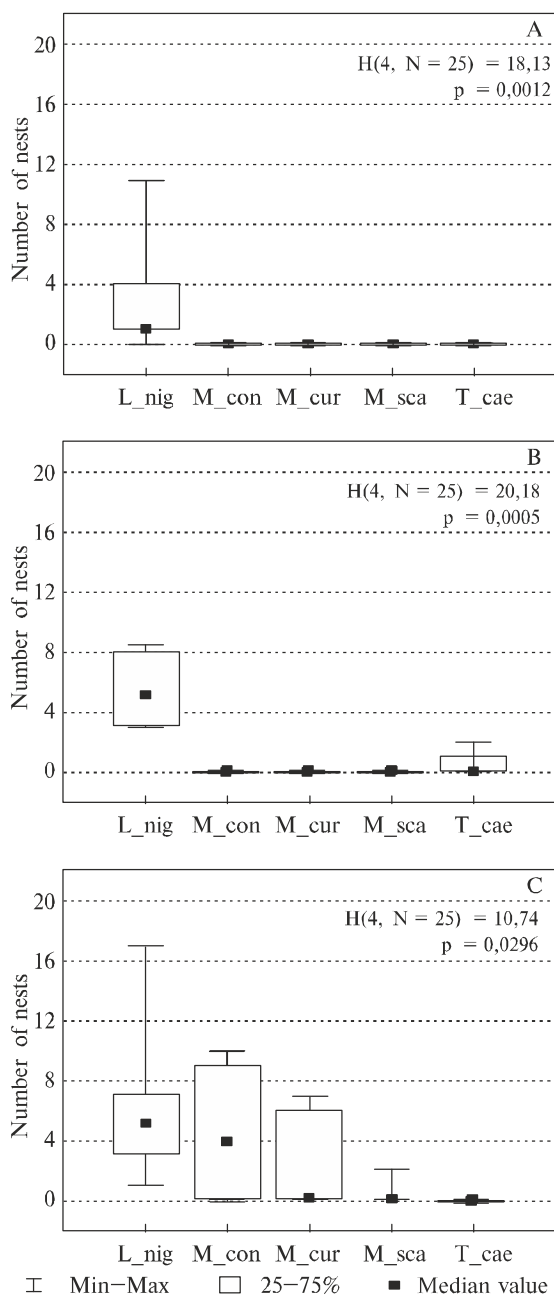


Рис. 1. Плотность поселения муравьёв (число гнёзд на 100 м<sup>2</sup>) в разных по степени увлажнения зонах золоотвала: А — сухая с разнотравно-вейниковой с облепихой открытой группировкой; В — умеренно увлажнённая с донниково-вейниковым сообществом; С — влажная с полевицево-вейниковым сообществом. Муравьи: L\_nig — *Lasius niger*, M\_con — *Myrmica* cf. *constricta*, M\_cur — *M. curvithorax*, M\_sca — *M. scabrinodis*, T\_cae — *Tetramorium caespitum*.

Fig. 1. The density of the ant nests (the number of nests per 100 m<sup>2</sup>) in ash dump zones differing in the degree of moistening: A — dry zone with mixed herbs-reedgrass accompanied by *Hippophae rhamnoides* L. open assemblage; B — moderately humid zone with melilot-reedgrass community; C — humid zone with bentgrass-reedgrass community. Ants: L\_nig — *Lasius niger*, M\_con — *Myrmica* cf. *constricta*, M\_cur — *M. curvithorax*, M\_sca — *M. scabrinodis*, T\_cae — *Tetramorium caespitum*.

- basin // *J Soils Sediments* Vol.17. P.2127–2135. DOI 10.1007/s11368-017-1667-7
- Maiti D., Prasad B. 2016. Revegetation of fly ash — a review with emphasis on grass-legume plantation and bioaccumulation of metals // *Applied Ecology and Environmental Research*. Vol.14. No.2. P.185–212.
- Ottonetti L., Tucci L., Santini G. 2006. Recolonization patterns of ants in a rehabilitated lignite mine in Central Italy: Potential for the use of Mediterranean Ants as indicators of restoration processes // *Restoration Ecology*. Vol.14. No.1. P.60–66.
- Pan S.Y., Morrison H., Gibbons L., Zhou J., Wen S.W., DesMeules M., Mao Y. 2011. Breast Cancer Risk Associated With Residential Proximity to Industrial Plants in Canada // *Journal of Occupational and Environmental Medicine*. Vol.53. No.5. P.522–529.
- Radchenko A.G. 1994. [A Key to the identification of the ants of South Siberia] // *Trudy zapovednika «Daursky»*. Vol.3. P.95–118. [In Russian].
- Radchenko A.G. 1996. [A key to the ant genus *Camponotus* (Hymenoptera, Formicidae) in Palaearctic Asia] // *Entomological Review*. Vol.76. P.430–437. [In Russian].
- Radchenko A.G. 2016. [Ants (Hymenoptera, Formicidae) of Ukraine]. Kiev: Institute of zoology by I.I. Shmalgausen NAS of Ukraine. 480 p. [In Russian].
- Radchenko A., Elmes A. 2010. *Myrmica* (Hymenoptera, Formicidae) ants of the old world. *Natura optima dux* Foundation, Warszawa, Poland. 789 p.
- Ryabinin A.S., Chesnokova S.V., Novgorodova T.A. 2017. A preliminary review of ant fauna (Hymenoptera: Formicidae) of the Novosibirsk Region // *Euroasian Entomological Journal*. Vol.16. No.6. P.566–576.
- Sheremet N., Belanov I., Doronkin V., Lamanova T., Naumova N. 2018. Biogeocenosis development during initial revegetation of a coal combustion ash dump. *BIO Web of Conferences // Prospects of Development and Challenges of Modern Botany*. Vol.11 No.00038.
- Zakharov A.A., Goryunov D.N., 2009. [General methods of field environmental (ecological) research] // *Materialy XIII Vserossiyskogo mirmecologicheskogo simposiuma «Muravi i zaschita lesa»*. P.247–256. [In Russian].

*Поступила в редакцию 14.1.2018*