

**А.А. Азина<sup>1</sup>, А.А. Васильев<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Пермский государственный национальный  
исследовательский университет,

<sup>2</sup>Пермский государственный аграрно-технологический университет

## СОСТАВ МАГНИТНОЙ ФАЗЫ ПОЧВ НА ТЕРРИТОРИИ ООПТ «ЧЕРНЯЕВСКИЙ ЛЕС» (Г. ПЕРМЬ)

Территории промышленных городов являются объектами активного влияния человека на различные природные процессы. Одной из острых проблем настоящего времени является загрязнение почв тяжелыми металлами (ТМ). Основной фазой-носителем ТМ в городских почвах являются техногенные магнитные частицы. Распространенной группой частиц техногенного происхождения являются магнитные сферулы. Происхождение магнитных сферул связано с работой промышленных предприятий металлургического профиля, тепловых электростанций и автотранспорта. Изучение морфологии и состава магнитной фазы почвы позволяет выявить ее источники загрязнения. По результатам магнитной восприимчивости, содержанию ТМ и магнитных частиц в почвах оценивают уровень загрязнения и их способность противостоять этому. Наиболее чутко реагируют на загрязнение лесные почвы. Поэтому изучение состава и свойств магнитных сферул, как потенциальных загрязнителей окружающей среды г. Перми, актуально. Состав и свойства магнитных сферул лесных почв города Перми остаются малоизученными.

*Ключевые слова: магнитная восприимчивость, тяжелые металлы, магнитные частицы, загрязнение лесных почв.*

**DOI: 10.17072/chirvinsky.2021.12**

Измерение величины магнитной восприимчивости позволяет определить загрязнение почв тяжелыми металлами (ТМ) [9]. Кроме того, связь между ТМ магнитной восприимчивостью, как правило, является очень тесной. Это происходит за счет сорбции и агрегации ТМ магнитными частицами [3].

К естественным барьерам от концентрации ТМ относятся лесополосы [6]. Многие древесно-кустарниковые и травянистые растения обладают аккумулярующей способностью к ТМ [7]. Некоторые хвойные древесные породы охраняемого природного ландшафта «Черняевский лесопарк» в г. Перми защищают почвенный покров от загрязнения высокомагнитными соединениями, тем самым являясь барьером для продвижения их вглубь почв [2].

Ключевым компонентом лесных экосистем, который отражает баланс поступления и разложения органического вещества и содержит большое количество микроорганизмов, участвующих в трансформации органики, является лесная подстилка. Лесная подстилка выступает еще и биогеохимическим барьером на пути поступления поллютантов в минеральные почвенные горизонты, поэтому при промышленном загрязнении именно ее свойства меняются в первую очередь [8].

В городских почвах всегда присутствуют ТМ и магнитные частицы. Они образуются в результате различных выбросов промышленности, автотранспорта и др. [4]. Результаты магнитной восприимчивости с легкостью характеризуют типы и подтипы почв, диагностируют содержание железа в них и его миграцию по профилю, а также основные процессы, происходящие в почвах и даже их эволюцию [1]. Магнитная восприимчивость магнитной фазы, извлеченной из всех исследуемых нами почв, составляет чуть больше  $20 \cdot 10^{-3}$  СИ, что свидетельствует об очень высоком содержании в ней таких ферромагнитных частиц, как магнетит и маггемит.

Анализ магнитных минералов чрезвычайно полезен при изучении почвообразовательных процессов и контроле загрязнения окружающей среды [5]. Для оценки элементного химического состава и концентрации оксидов железа широко используются немагнитные

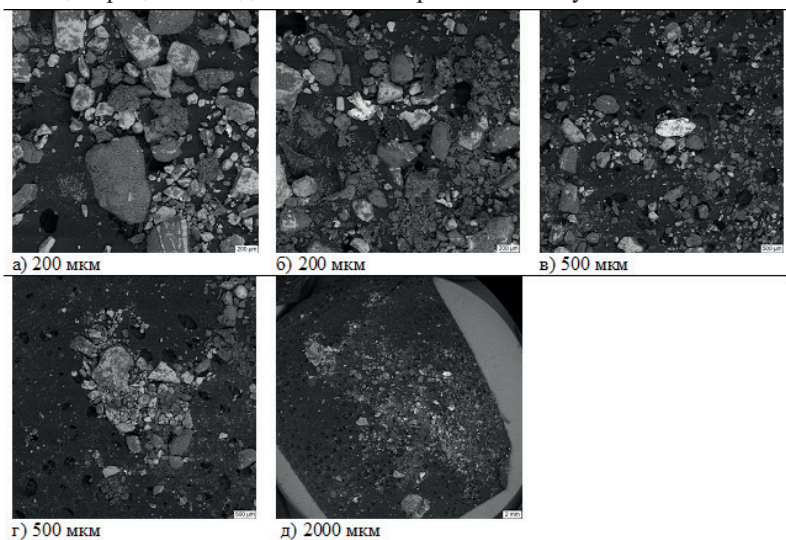


Рис. 1. Общие электронно-микрондовые снимки магнитной фазы (МФ) почв ООПТ «Черняевский лес», г. Пермь, 2019 г.

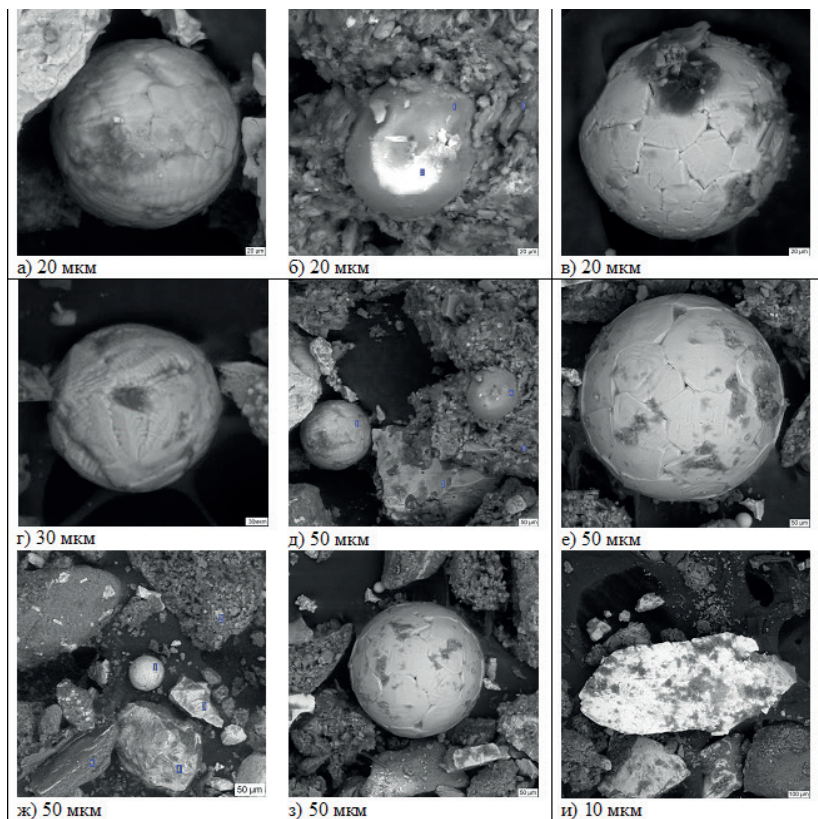


Рис. 2. Электронно-микронные снимки магнитных частиц почв ООПТ «Черныевский лес», г. Пермь, 2019 г.

Цвет частиц в отражённых электронах: светло-серый (в, е, ж-1,3,4, з), серый (а, б-1,3, г, д, ж-5) и ярко-серебристый (б-2, и)

Форма частиц: сферическая (а, б-1,2 в, г, д-1,4, е, ж-1, з), полиэдрическая (д-2, ж-3,4,5, и), и неправильная (б-3, д-3, ж-2).

Особенности нахождения в фазе: отдельные сферулы (а, в, г, д, е, ж-1,3), сростки (б,д-2,3,4), окатанные частицы (ж-5,и).

Поверхность частиц: совиодная (а,в,д-1,е,ж-1,з), гладкая (б-1,2,д-4) и шероховатая (б-3, г, д-2,3, ж-2,3,4,5, и).

методы, например, сканирующая электронная микроскопия [5]. Установлено, что техногенные частицы в почвах накапливаются в форме сферулы, а их минералогические и геохимические исследования проводят повсеместно [5].

Магнитные частицы почв ООПТ «Черныевский лес» различны

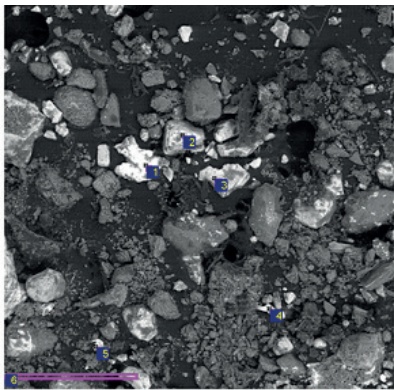


Рис. 3. Общий вид полиэдрических частиц магнитной фазы мелкозема урбодерново-подзолистых почв ООПТ «Чернышевский лес», г. Пермь, 2019 г.

по цвету, форме и структуре. Встречаются частицы, как серого, так и светло-серого цвета. Вероятнее всего, что это частицы алюмосиликаты и алюмосиликатные агрегаты с умеренным включением в их состав микро- и наночастиц высокомагнитных минералов железа и тяжелых металлов. Кроме того, очень четко выделяются на общем фоне частицы с яркой серебристой окраской. Это ферромагнитные частицы магнетита, которые имеют

содержание железа около 70% от содержания железа около 70% от массы и примеси тяжелых металлов. Визуально заметно, что в магнитной фазе преобладают частицы сферической, полиэдрической и неправильной форм. Особенности нахождения в фазе – отдельные сферулы, сростки, окатанные частицы. Поверхность частиц: сотовидная, гладкая и шероховатая.

Магнитные частицы исследуемых нами почв имеют преимущественно техногенное происхождение. Их источником, скорее всего, служат выбросы автотранспорта и частицы дорожно-транспортной сети. По периметру лесопарка, где были отобраны образцы почв, проходят федеральные и местные автомагистрали.

Источником загрязняющих веществ также являются выбросы предприятий Осенцовского промузла, который находится с подветренной стороны от ООПТ на расстоянии около 5 км. Известно, что в магнитных частицах выбросов нефтеперерабатывающих предприятий содержится широкий спектр тяжелых металлов группы железа (ванадий, никель, кобальт и др.).

Химический состав магнитных частиц характеризует их как сильномагнитные. В составе всех частиц преобладает Fe. Его содержание варьирует от 72,1% до 77,7% (таблица).

Расшифровка энергодисперсионных спектров, показала, что существенной особенностью химического состава магнитных частиц является наличие в ее химическом составе Co. Содержание кобальта в частице не превышает 1%, однако само присутствие кобальта еще раз доказывает то, что в почвах лесопарка осаждаются загрязняющие магнитные соединения, выбрасываемые промышленными предприятиями города.

Таблица.

*Химический состав магнитных частиц мелкозема почв  
ООПТ «Черняевский лес», г. Пермь, 2019 г.*

<b>Спектр</b>	<b>O</b>	<b>Mg</b>	<b>Al</b>	<b>Si</b>	<b>Ca</b>	<b>Fe</b>	<b>Co</b>	<b>Итого</b>
<b>1</b>	6,29	0,49	0,80	1,04	0,30	91,08	0,00	100,00
<b>2</b>	27,43	0,35	0,33	1,05	0,26	70,58	0,00	100,00
<b>3</b>	28,59	1,41	1,56	1,42	0,76	64,93	1,33	100,00
<b>4</b>	28,39	0,00	0,00	0,00	0,00	71,17	0,44	100,00
<b>5</b>	22,68	1,58	0,59	1,54	0,38	71,27	1,97	100,00
<b>6</b>	44,82	5,19	4,81	13,48	7,07	23,77	0,86	100,00
<b>Среднее</b>	26,37	1,50	1,35	3,09	1,46	65,47	0,77	100,00
<b>Станд. отклонение</b>	12,39	1,91	1,78	5,12	2,76	22,30	0,78	–
<b>Макс.</b>	44,82	5,19	4,81	13,48	7,07	91,08	1,97	–
<b>Мин.</b>	6,29	0,00	0,00	0,00	0,00	23,77	0,00	–

Элементный химический состав магнитных частиц почв ООПТ «Черняевский лес» свидетельствует о том, что большая часть магнитной фазы представлена сильномагнитным магнетитом. Иногда он представлен в чистом виде, иногда в его составе присутствуют примеси других химических элементов. Следовательно, возможно поступление в почву лесопарка ТМ, например, кобальта. В почвах придорожной полосы по ул. Встречная аккумулируются ТМ в составе магнитных частиц.

Выводы. Состав магнитной фазы почв ООПТ «Черняевский лес» представлен сильномагнитными минералами – магнетитом, маггемитом, вюститом, кобальт замещённым магнетитом. Сферулы магнетита-маггемита имеют техногенную природу. Магнитные частицы магнетита имеют в своём составе только кислород и железо или содержат примеси других химических элементов, в том числе ТМ, например, кобальта. Это свидетельствует о том, что магнитные частицы в составе антропогенных выбросов в г. Перми осаждаются на поверхности лесных почв.

*Библиографический список:*

1. *Васильев А.А.* Магнитная и геохимическая оценка почвенного покрова урбанизированных территорий Предуралья на примере города Перми: монография / *А.А. Васильев, Е.С. Лобанова*: М-во с.-х. РФ, федеральное гос. бюджетное образов. учреждение высшего проф. образов. «Пермская гос. с.-х. акад. им. акад. Д.Н. Прянишникова». Пермь: ИПЦ «Прокрость», 2015. 243 с.
2. *Васильев А.А., Лобанова Е.С.* Картосхема магнитной восприимчивости почвенного покрова г. Перми // *Пермский аграрный вестник*. 2013. №3 (3). С. 24–27.
3. *Водяницкий Ю.Н., Шоба С.А.* Магнитная восприимчивость как индикатор

- загрязнения тяжелыми металлами городских почв (обзор литературы) // Почвоведение. 2015. №1. С. 13–20.
4. *Вырыпаева К.В., Трухин С.Д.* Магнитные сферулы в почвах пригородных лесов г. Перми: тез.докл. Междунар. науч. конф. «XXII Докучаевские молодежные чтения. Почва как система функциональных связей в природе» / Под ред. Б.Ф. Апарина – Спб., 2019. С. 108–109.
5. *Горохова С.М., Разинский М.В., Васильев А.А.* Минералогические и химические особенности магнитной фазы почв южной тайги Пермского края // Пермский аграрный вестник. 2017. №4 (20). С. 6–14.
6. *Казанцев И.В.* Содержание тяжелых металлов в почвенном покрове в условиях техногенеза // Самарский научный вестник. 2016. № 1 (14). С. 34–37.
- Канищев А.Н. Снижение негативного воздействия автомобильного транспорта за счет оптимального расположения лесных полос // Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. 2014. № 2 (34). С. 71–76.
7. *Сморкалов И.А., Воробейчик Е.Л.* Влияние промышленного загрязнения тяжелыми металлами на дыхание лесной подстилки // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2012. №5 (37). С. 233–236.
8. *Шелудякова Л.Ю.* Каппаметрия в оценке почвенного покрова г. Краснокамска / Шелудякова Л.Ю.: М-во с.-х. РФ, федеральное гос. бюджетное образоват. учреждение высшего проф. образов. «Пермская гос. с.-х. акад. им. акад. Д.Н. Прянишникова». Пермь: ИПЦ «Прокрость», 2014. С. 377 – 380.

COMPOSITION OF THE MAGNETIC PHASE OF SOILS ON THE  
TERRITORY OF THE PROTECTED AREA “CHERNYAEVSKY  
FOREST” (PERM)

**A.A. Azina, A.A. Vasiliev**  
*azina.dancer.666@yandex.ru*

The territories of industrial cities are objects of active human influence on various natural processes. One of the most acute problems of the present time is the contamination of soils with heavy metals (HM). The main carrier phase of TM in urban soils is technogenic magnetic particles. A common group of particles of technogenic origin are magnetic spherules. The origin of magnetic spherules is associated with the work of industrial enterprises of metallurgical profile, thermal power plants and motor transport. The study of the morphology and composition of the magnetic phase of the soil allows us to identify the sources of pollution. According to the results of magnetic susceptibility, the content of heavy metals and magnetic particles in soils, the level of contamination and their ability to resist it are evaluated. Forest soils are the most sensitive to pollution. Therefore, the study of the composition and properties of magnetic spherules as potential environmental pollutants in Perm is relevant. The composition and properties of magnetic spherules of forest soils in Perm remain poorly understood.

*Keywords: magnetic susceptibility, heavy metals, magnetic particles, pollution of forest soils.*