

ПРОСТРАНСТВЕННОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ МАГНИТНОЙ ВОСПРИИМЧИВОСТИ ПОЧВ В ПРЕДЕЛАХ ГОРОДА МЕДНОГОРСКА (ОРЕНБУРГСКАЯ ОБЛАСТЬ)

Исследована магнитная восприимчивость образцов почв города Медногорска. Петромагнитным измерениям подвергались образцы почв в непросеянном и просеянном состоянии. Всего на территории города Медногорска была отобрана 71 проба почв и 5 фоновых проб за пределами города.

Магнитная восприимчивость изменяется в пределах от 20 до 981×10^{-5} ед. СИ у непросеянных образцов и от 36 до 941×10^{-5} ед. СИ после просеивания. На основе полученных данных был рассчитан коэффициент магнитности, который отражает степень техногенной трансформации почв. Построены схемы распределения магнитной восприимчивости и коэффициента магнитности в почвах города Медногорска.

На основе построенных схем выявлены зоны высокой техногенной трансформации почвенного покрова. Площадное распределение значений магнитной восприимчивости и коэффициента магнитности на территории города Медногорска приурочено к промышленным зонам города с максимальным проявлением техногенной нагрузки. Это позволяет использовать петромагнитный метод при проведении геоэкологических и эколого-геологических исследованиях урбанизированных территорий с высоким уровнем техногенной нагрузки.

Предложены мероприятия по детальному изучению почв города Медногорска. Полученные данные о петромагнитном поле почвенного покрова и его роли для оценки общего геоэкологического состояния на территории города Медногорска необходимо подтвердить более детальными магнито-минералогическими и геохимическими исследованиями. В частности, необходимо провести эколого-геохимические исследования на определение концентрации тяжелых металлов, содержащихся в шлаках медно-серного комбината, а также эколого-биологические (микробиологические) и эколого-токсикологические (определение индекса фитотоксичности) исследования. Комплексирование данных, полученных в результате применения этих методов, позволит сформировать целостное представление о геоэкологическом состоянии на территории города Медногорска.

Ключевые слова: магнитная восприимчивость почв, почвенный покров, геоэкологическое состояние, Медногорск.

Введение

Изучению пространственного распределения магнитной восприимчивости почв на урбанизированных территориях в последнее время уделяется все больше и больше внимания [2], [4], [5], [7], [11]. Интерес исследователей вызван тем, что петромагнитный метод исследования почвенного покрова позволяет получать в краткие сроки большой объем информации, который можно интерпретировать в различных областях [6], [9], [10].

С геоэкологической точки зрения, особый интерес представляет возможность использования данных о магнитной восприимчивости для оценки степени трансформации почвенного покрова и привноса магнитных частиц техногенного происхождения в почвы. Важным является свойство окислов и гидрооксидов железа являться сорбентами и носителями тяжелых металлов в почве. Присутствие окислов и гидрооксидов железа может быть определено через значение магнитной восприимчивости, которая в свою очередь может быть индикатором загрязнения соединениями тяжелых металлов. Этим вопро-

сам уделено достаточное внимание в научной литературе [1], [2], [7], [11].

Коллективом лаборатории геоэкологии Саратовского государственного университета на протяжении многих лет ведутся работы по изучению магнитной восприимчивости почв различных техногенно-нагруженных и урбанизированных территорий. Одним из последних объектов исследований стал почвенный покров на территории города Медногорска (Оренбургская область).

Медногорск – промышленный город, расположенный в южной части западного склона Урала, на безлесных склонах глубокой долины реки Бява. Город находится в 223 км к востоку от областного центра – г. Оренбурга. Климат резко-континентальный, с большим колебанием среднесуточных и среднегодовых температур, сравнительно небольшим количеством осадков. Основным загрязнителем окружающей среды является ООО «Медногорский медно-серный комбинат». Предприятие перерабатывает медные концентраты, медные руды, клинкера производства цинковых заводов, шлак, штейн, оборот-

ные материалы металлургического производства, в результате чего производится черновая медь и серная кислота. Ниже приводятся результаты петромагнитных исследований почвенного покрова на территории города.

Методы исследования

Отбор проб почв проводился согласно существующему ГОСТу [3]. Опробованию подвергалась верхняя часть почв до глубины 10 см. Пробы отбирались методом конверта на площадках опробования площадью 4–10 м².

Магнитная восприимчивость почв измерялась как при полевом опробовании, так и в лабораторных условиях. При полевом этапе использовался полевой каппаметр КТ-6, а при лабораторном – стационарный каппаметр каппабридж KLY-2. При лабораторных исследованиях магнитная восприимчивость замерялась в пробах дважды (до и после просеивания) в десятикратном повторении. Результаты заносились в таблицы и статистически обрабатывались.

Для оценки степени привноса техногенных магнитных частиц используется коэффициент магнитности (K_{mag}), который представляет собой соотношение значений магнитной восприимчивости в пробе, отобранной на городской территории, со значением магнитной восприимчивости на фоновых участках [8]. Коэффициент магнитности рассчитывается по формуле:

$$K_{mag} = k_i/k_{фон},$$

где k_i – среднее арифметическое значение магнитной восприимчивости в пробе, $k_{фон}$ – среднее арифметическое значение магнитной восприимчивости на фоновых участках.

В зависимости от значения коэффициента магнитности можно делать выводы о степени привноса техногенного магнитного материала на урбанизированных территориях. В лаборатории геоэкологии СГУ принята следующая градация: при значении K_{mag} менее единицы степень привноса техногенных магнитных частиц оценивается как допустимая, при K_{mag} от 1 до 3 – умеренная, при K_{mag} от 3 до 5 – опасная и при K_{mag} более 5 единиц – чрезвычайно опасная.

Результаты исследований

Всего на территории города Медногорска была заложена 71 площадка опробования. Площадки опробования закладывались таким

образом, чтобы охватить все функциональные зоны города (промышленные, селитебные, рекреационные). Схема отбора проб представлена на рисунке 1. В рамках исследований было отобрано также 5 фоновых проб в 5 км северо-западнее города Медногорска в долине реки Кураганка со сходными с городской территорией геолого-геоморфологическими условиями.

Как было сказано выше, магнитная восприимчивость замерялась в образцах до и после просеивания через сито с ячейками в 1 мм. Просеивание почвенных проб проводилось для удаления крупных (более 1 мм) магнитных частиц. Результаты измерения магнитной восприимчивости показали следующую картину петромагнитного поля города Медногорска.

В непросеянных образцах магнитная восприимчивость изменялась в широком диапазоне от 20 до 981×10^{-5} ед. СИ при среднем арифметическом значении 197×10^{-5} ед. СИ. Наименьшее среднее арифметическое значение магнитной восприимчивости было отмечено на площадке опробования 11 ($34,5 \times 10^{-5}$ ед. СИ), а наибольшее – на площадке опробования 54 ($587,8 \times 10^{-5}$ ед. СИ).

После просеивания образцов магнитная восприимчивость изменялась также в широком диапазоне от 36 до 941×10^{-5} ед. СИ при среднем арифметическом значении 158×10^{-5} ед. СИ. Наименьшее среднее арифметическое значение магнитной восприимчивости было отмечено на площадке опробования 11 ($38,2 \times 10^{-5}$ ед. СИ), а наибольшее – на площадке опробования 54 ($926,2 \times 10^{-5}$ ед. СИ).

Таким образом, можно отметить, что при просеивании почвенных образцов уровень магнитной восприимчивости в минимальных и максимальных ее проявлениях практически не изменяется. При проведении исследований на территории других городов (Саратов и Ульяновск), нами отмечалось заметное снижение уровня магнитной восприимчивости. Причины такого поведения в распределении магнитной восприимчивости почвенного покрова, скорее всего, кроются в особенностях техногенной нагрузки на территории города Медногорска, а именно в широком применении шлаков ООО «Медногорский медно-серный комбинат» для отсыпки автомобильных дорог, а также в откры-

том хранении отходов производства в непосредственной близости от границ города.

Для того, чтобы более детально представить картину активного привноса магнитного материала на территории города, проведено измерение магнитной восприимчивости на фоновых участках. В непросеянном состоянии магнитная восприимчивость фоновых почв изменяется от 41 до 307×10^{-5} ед. СИ, при среднем значении 63×10^{-5} ед. СИ. После просеивания магнитная восприимчивость изменяется от 39 до 158×10^{-5} ед. СИ, при среднем значении 52×10^{-5} ед. СИ.

В пределах фоновых участков заметно снижение магнитной восприимчивости после просеивания до природного уровня, характерного для данного типа почв (черноземы). Экстремальные значения магнитной восприимчивости (более 100×10^{-5} ед. СИ) на фоновых участках связаны с геологической суперпозицией, а именно выходом на поверхность базальтовых отложений.

Расчеты коэффициента магнитности (K_{mag}), проведенные для оценки степени привноса техногенных магнитных частиц на территории города Медногорска, показали, что значения K_{mag} изменяются в пределах от 0,5 до 10,8 для почв в непросеянном состоянии, а у почв в просеянном состоянии – от 0,7 до 17,8.

Рост значений коэффициента магнитности в просеянных образцах связан со снижением среднеарифметических значений магнитной восприимчивости в фоновых образцах после просеивания. В качестве основного значения коэффициента магнитности использовались значения, рассчитанные для образцов в непросеянном состоянии. Степень привноса техногенных магнитных частиц на территории города Медногорска изменяется от допустимой до чрезвычайно опасной.

Полученные аналитические данные легли в основу графических приложений, которые детально отражают пространственное распределение магнитной восприимчивости и коэффициента магнитности в почвах исследуемой территории. Графические приложения построены при помощи программного комплекса Surfer 8.0.

Анализ схемы распределения магнитной восприимчивости в непросеянных образцах позволяет несколько основных выводов (рисун-

нок 1). На территории города Медногорска задокументирована обширная зона повышенных значений магнитной восприимчивости, которая протягивается через весь город по диагонали с северо-запада на юго-восток. В структуре аномалии выделены три основных ядра:

– первое приурочено к северо-западной части города и задокументировано по двум точкам с максимальным значением магнитной восприимчивости 422×10^{-5} ед. СИ;

– второе приурочено к промышленным площадкам предприятий ООО «Медногорский медно-серный комбинат» и ОАО «Уралэлектр» зафиксировано по шести точкам с максимальным значением магнитной восприимчивости 587×10^{-5} ед. СИ;

– третье ядро представляет собой комплексную аномалию и приурочено к юго-восточной окраине города, задокументировано по восьми точкам с максимальным значением 681×10^{-5} ед. СИ.

Первое ядро имеет, предположительно, природное происхождение, второе и третье – техногенное.

Высокие значения магнитной восприимчивости в почвенном покрове города Медногорска связаны с тем, что повсеместно на территории города для отсыпки автомобильных дорог используются шлаки медно-серного комбината, которые по своей природе обладают высокой магнитной восприимчивостью. Шлаки, помимо высоких концентраций железа, в качестве примесей содержат некоторое количество различных тяжелых металлов, в том числе высокотоксичных (кадмий, ртуть, свинец и другие). Разрушенные под антропогенным воздействием и перенесенные благодаря дефляции и плоскостному смыву, шлаки служат источником вторичного загрязнения компонентов окружающей среды (почвы, поверхностные воды, донные отложения) на территории города Медногорска.

Пути миграции железистых соединений и тяжелых металлов на исследуемой территории имеют общий тренд направленности и развития, поэтому петромагнитное поле почвенного покрова имеет тесную взаимосвязь с геохимическим полем. Вследствие этого схема распределения магнитной восприимчивости в первом приближении отражает, на наш взгляд, потенциальные зоны повышенных концентрации тя-

железных металлов в почвах города Медногорска, но данное предположение требует детальных геохимических исследований.

Схема распределения магнитной восприимчивости в просеянных образцах в целом повторяет особенности распределения магнитной восприимчивости в непросеянных образцах, поэтому в данной работе не приводится.

Распределение магнитной восприимчивости в почвенном покрове во многом зависит от типа почв и, соответственно, от геологического субстрата, на котором они формируются, то есть от материнских горных пород. На территории города Медногорска на водораздельных и склоновых поверхностях долины реки Блява близко к поверхности подходят базальтовые отложения, которые характери-

зуются высокими значениями магнитной восприимчивости. Базальты, несомненно, вносят определенный вклад в общее петромагнитное поле почв, которые на них формируются. Был рассчитан коэффициент магнитности, схема распределения которого представлена ниже (рисунок 2).

При анализе схемы распределения коэффициента магнитности видно, что данный параметр в целом детализирует области повышенных значений магнитной восприимчивости почв, выявленные ранее, поэтому детальное описание схемы приводить нецелесообразно. Важно отметить, что коэффициент магнитности отражает надфоновые значения магнитной восприимчивости, указывающие на степень привноса техногенных магнитных

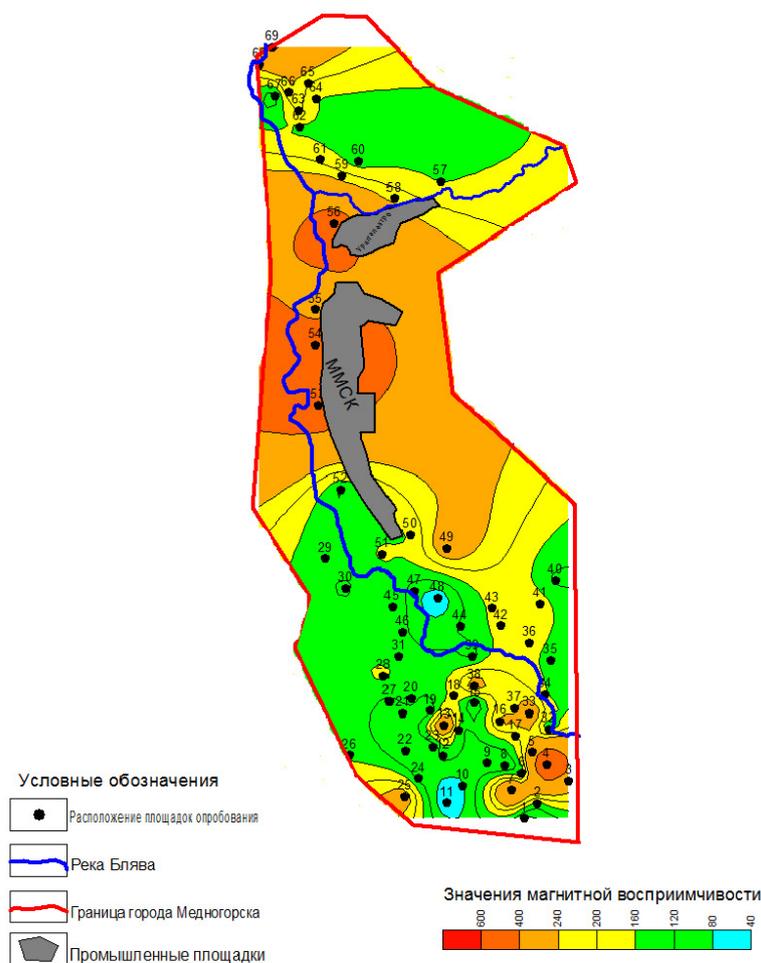


Рисунок 1. Схема распределения магнитной восприимчивости в непросеянных образцах, отобранных на территории города Медногорска (составлено в лаборатории геоэкологии СГУ).

частиц. На рисунке 2 цветовым обозначением выделены следующие участки: голубым цветом – участки допустимой степени привноса, зеленым – умеренной, желтым – опасной, красным – чрезвычайно опасной.

Приуроченность зоны чрезвычайно опасной степени привноса техногенного магнитного материала к промышленным зонам города Медногорска является показательным, так как именно на этих участках почвенный покров испытывает максимальную техногенную нагрузку.

По результатам проведенных исследований на территории города Медногорска можно сделать ряд основных выводов:

1. Магнитная восприимчивость почвенного покрова на территории города Медногорска изменяется в широких пределах, в среднем от

34 до 680×10^{-5} ед. СИ, с максимальным значением 941×10^{-5} ед. СИ.

2. Распределение магнитной восприимчивости в почвах фоновых территорий свидетельствует о том, что природные почвы имеют петромагнитные значения близкие к их естественным показателям ($60-70 \times 10^{-5}$ ед. СИ), за исключением участков выхода на поверхность материнских горных пород с повышенной магнитностью (базальты) порядка $140-160 \times 10^{-5}$ ед. СИ в выветрелом состоянии. Вследствие этого, при проведении петромагнитного опробования на территории города Медногорска необходимо учитывать близость залегания материнских пород.

3. Площадное распределение значений магнитной восприимчивости и коэффициента магнитности на территории города Медногорска

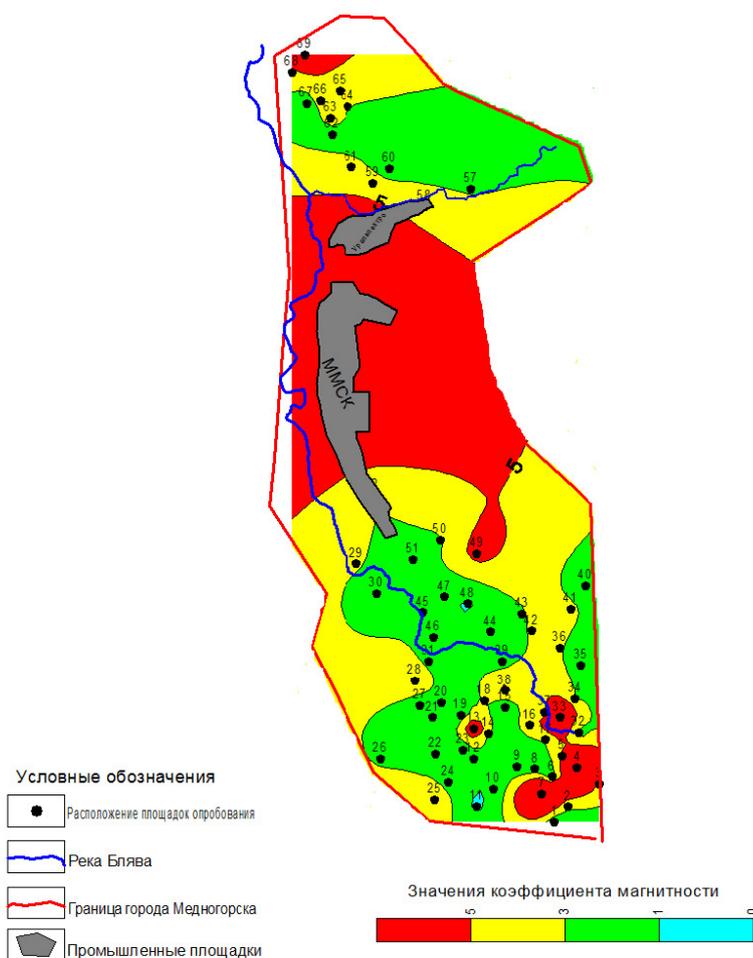


Рисунок 2. Схема распределения коэффициента магнитности в непросеянных образцах, отобранных на территории города Медногорска (составлено в лаборатории геоэкологии СГУ)

приурочено к промышленным зонам города с максимальным проявлением техногенной нагрузки. Это позволяет использовать петромагнитный метод при проведении геоэкологических и эколого-геологических исследованиях урбанизированных территории с высоким уровнем техногенной нагрузки.

4. Аномальные значения магнитной восприимчивости, зафиксированные на исследуемой территории, требуют проведения детальных магнитно-минералогических исследований. Результаты этих исследований позволяют сказать о природе магнитных частиц, а именно подтвердить или опровергнуть их техногенное происхождение.

5. Полученные данные о петромагнитном поле почвенного покрова и его роли для

оценки общего геоэкологического состояния на территории города Медногорска необходимо подтвердить более детальными магнитно-минералогическими и геохимическими исследованиями. В частности, необходимо провести эколого-геохимические исследования на определение концентрации тяжелых металлов, содержащихся в шлаках медно-серного комбината, а также эколого-биологические (микробиологические) и эколого-токсикологические (определение индекса фитотоксичности) исследования. Комплексирование данных, полученных в результате применения этих методов, позволит сформировать целостное представление о геоэкологическом состоянии на территории города Медногорска.

10.12.2014

**Работа выполнена при финансовой поддержке Минобрнауки России
в рамках государственного задания в сфере научной деятельности по Заданию №1757**

Список литературы:

1. Васильев А.А. Тяжелые металлы в почвах города Чусового: оценка и диагностика загрязнения [Текст]: монография. / А.А. Васильев, А.Н. Чашин, М-во с.-х. РФ, ФГБОУ ВПО Пермская ГСХА. – Пермь: ФГБОУ ВПО Пермская ГСХА, 2011. – 197с.; 20 см. – 100 экз.
2. Гладышева, М.А. Магнитная восприимчивость урбанизированных почв: на примере г. Москвы: автореф. дис... канд. биол. наук / М.А. Гладышева. – М., 2007. – 26 с.
3. ГОСТ 17.4.4.02-84. Охрана природы. Почвы. Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического, гельминтологического анализа. М., 1984.
4. Жорняк, Л.В. Эколого-геохимическая оценка территории г. Томска по данным изучения почв: автореф. дис... канд. г-м. наук / Л.В. Жорняк. – Томск, 2009. – 22 с.
5. Миков, О.А. Опыт использования метода каппаметрии для оценки экологической ситуации / О.А. Миков // Международный научный симпозиум «Молодежь и проблемы геологии». – Томск, 1996. – С. 34 – 37.
6. Обыденнова, Л.А. Магнитная восприимчивость почв Среднего Предуралья как показатель агроэкологической оценки почв: автореф. дис... канд. биол. наук / Л.А. Обыденнова. – М., 2003. – 24 с.
7. Решетников, М.В. Магнитная восприимчивость и концентрация тяжелых металлов в почвах урбанизированных территорий (на примере г. Саратова) / М.В. Решетников, Н.В. Добролюбова // Цветные металлы. – 2009. – №11. – С. 15-18.
8. Решетников, М.В. Результаты геоэкологических исследований почвенного покрова поселка Октябрьский (Дергачевский район Саратовской области) / М.В. Решетников, А.К. Утиулиев, И.С. Пальцев // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия Науки о Земле. Том 13. Выпуск 2. 2013. С. 89-94.
9. Румянцева, Т.И. Магнитная восприимчивость почв Удмуртской АССР: автореф. дис... канд. биол. наук / Т.И. Румянцева. – Ижевск, 1971. – 16 с.
10. Страдина, О.А. Магнитная восприимчивость почв Среднего Предуралья как показатель их загрязнения тяжелыми металлами: автореф. дис... канд. с-х. наук / О.А. Страдина. – Уфа, 2008. – 20 с.
11. Чашин, А.Н. Оксиды железа и тяжелые металлы в загрязненных металлургическим производством почвах г. Чусовой (Среднее Предуралье): автореф. дис... канд. биол. наук / А.Н. Чашин. – Уфа, 2010. – 28 с.

Сведения об авторах:

Решетников Михаил Владимирович, заведующий лабораторией геоэкологии геологического факультета Саратовского государственного университета, кандидат географических наук, e-mail: rtmv85@list.ru

Гребенюк Людмила Владимировна, доцент кафедры охраны окружающей среды и безопасности жизнедеятельности биологического факультета Саратовского государственного университета, кандидат геолого-минералогических наук, e-mail: grebenuk2@yandex.ru

Кузнецов Виталий Владимирович, студент кафедры геоэкологии геологического факультета Саратовского государственного университета, e-mail: kvv92@list.ru
410012, г. Саратов, ул. Астраханская, 83, тел. (8452) 263279