



УДК 631.48

РЕЗУЛЬТАТЫ ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА ПОСЁЛКА ОКТЯБРЬСКИЙ (Дергачевский район Саратовской области)

М. В. Решетников, А. К. Утиулиев¹, И. С. Пальцев

Саратовский государственный университет

E-mail: rnv85@list.ru

¹Саратовский государственный технический университет

Представлены результаты исследований почвенного покрова посёлка Октябрьский (Дергачевский район Саратовской области). Измерены значения магнитной восприимчивости и концентрация цинка в почвах исследуемого участка. Оценена степень трансформации почвенного покрова по анализируемым компонентам. Сделаны выводы об общем геоэкологическом состоянии почв.

Ключевые слова: почвенный покров, магнитная восприимчивость, цинк.

The Results of Geoecological Research of Oktyabrskiy Settlement Soil Cover (Dergachevskiy District Saratov Region)

M. V. Reshetnikov, A. K. Utuliev, I. S. Paltsev

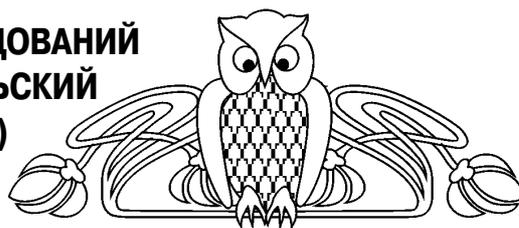
The results of soil cover research of Oktyabrskiy settlement (Dergachevskiy district, Saratov region) are presented. The magnetic susceptibility value and zinc concentration in research area soil are measured. Content of soil cover transformation by analyzed components is estimated. Also authors drew conclusions about the general geoecological soil condition.

Key words: soil cover, magnetic susceptibility, zinc.

Введение. Антропогенное воздействие человека на окружающую среду имеет весьма опасные последствия. Человеческая деятельность наносит ущерб различным компонентам окружающей среды, особенно депонирующим средам, таким как почвенный покров и донные отложения. Наибольшее воздействие на эти среды наблюдается в пределах городов и на территории крупных промышленных комплексов [1, 2]. Изучению почвенного покрова на территории крупных городов уделяется огромное внимание в современной литературе, менее изучены в этом направлении процессы начальной стадии трансформации депонирующих сред в пределах малых населённых пунктов.

Наша статья посвящена изучению процессов трансформации почвенного покрова на территории небольшого населённого пункта, которым является посёлок Октябрьский Дергачёвского района Саратовской области. Исследование опирается на данные результатов изучения физических и химических параметров почвенного покрова. Для достижения данной цели были поставлены следующие задачи:

– отбор проб почвы и последующее определение в них гранулометрического состава,



концентрации цинка и магнитной восприимчивости;

– анализ полученных лабораторных исследований, построение таблиц и графиков взаимосвязи;

– оценка степени трансформации почвенного покрова на исследуемом участке.

Практическая значимость. Полученные данные можно использовать для более детального и глубокого изучения почвы населённого пункта, изучения техногенной нагрузки на исследуемой территории, они расширят представление об источниках загрязнения почв цинком. Их также можно применить в системе экологического мониторинга. Изучение взаимосвязи магнитной восприимчивости с тяжёлыми металлами позволит найти альтернативный способ определения концентрации опасного элемента в почвенном покрове.

Научная новизна. Предлагаемый нами метод исследований уже неоднократно применялся в крупных городах страны [1, 2, 3]. Однако на территории малых населённых пунктов подобная работа проводится впервые. Была установлена прямая связь между магнитной восприимчивостью почв и содержанием в них цинка. Экспериментальные данные получены в летний период в 2011–2012 гг.

Методика отбора проб почв. Отбор и подготовка проб велись в соответствии с ГОСТ 17.4.4.02-84 (почвы) [4, 5]. Точки отбора проб устанавливались с учётом розы ветров, особенностей микрорельефа, плана размещения зданий и коммуникаций. В соответствии с требованиями ГОСТа опробованию подвергалась верхняя часть почвенного горизонта «А» до глубины 5 см, где обычно накапливается основная масса загрязнителей, выпадающих из атмосферы.

Размеры пробных площадок варьировали от 2–3 до 10 м². Отбор проб проводился методом конверта – одна проба в центре, четыре по углам площадки, по 2–3 пробы вокруг вершин конверта. Вес объединённой пробы варьировал в пределах 0,5 кг.

Сухие пробы перемешивались и очищались от обломков и корней растений в точке пробоотбора и после перемешивания квартовались и помещались в двойной полиэтиленовый пакет с сопроводительной этикеткой. Влажные пробы предварительно просушивались на воздухе и подвергались квартованию в лаборатории. Просеивание всех проб на сите 1×1 мм проводилось в лаборатории. Для каждой пробы, отправленной



на анализ, до конца работ сохранялся дубликат для страховки от непредвиденных обстоятельств или повторного анализа в случае необходимости

Методика проведения петромагнитного картирования. Магнитное картирование городских почв для оценки их техногенного загрязнения базируется на достаточно очевидной физико-геологической предпосылке. Аэрозольные выбросы транспорта, металлообрабатывающих, металлургических, гальванических и ряда других производств, наряду с экологически опасными тяжелыми металлами, включают частицы чугуна, стали и никелевых сплавов, обладающих ферромагнитными свойствами. Попадая в почвы, они увеличивают их магнитную восприимчивость (k), которая становится косвенным индикатором техногенного загрязнения окружающей среды. В геохимически техногеннонарушенных почвах сильно отклоняются от нормы и распределения петромагнитные характеристики почвенного профиля. Хаотичность в вертикальном распределении магнитной восприимчивости, свойственная в первую очередь индустриозёмам, возникает за счёт многочисленных магнитных частиц и обломков. Таким образом, намечается два направления использования петромагнитных параметров в экологии: оценка степени урбанизации почв на конкретных участках; экспрессное выделение и предварительная оценка пространственного положения и конфигурации почвенных аномалий, обусловленных воздушными выбросами промышленных производств и транспорта.

Вторая задача решается с помощью коэффициента магнитности

$$K_m = k_{\text{изм}} / k_{\text{фон}}, \quad (1)$$

где $k_{\text{изм}}$ – магнитная восприимчивость исследуемых почв, ед. СИ;

$k_{\text{фон}}$ – фоновая магнитная восприимчивость почв, ед. СИ.

Установлена прямая зависимость K_m почв на конкретных участках от их положения относительно источника загрязнения [1]. Максимальные значения K_m свойственны почвам промышленных зон, с удалением от них этот показатель снижается. Магнитометрические измерения на городской территории проводятся маршрутным методом, пробы отбираются в разных ландшафтных и функциональных зонах по их профилям. В качестве обобщенного значения магнитной восприимчивости принимается ее среднеарифметическое значение в данной точке.

Методика проведения гранулометрического анализа. Для анализа брался почвенный образец навеской 100 гр, предварительно растолченный и растертый резиновой пробкой в ступке. В первую очередь производилось отделение частиц менее 0,01 мм. Для этого порода помещалась в градировочный батарейный стакан, на котором метки сделаны на уровне 14 см и 7 см. Помещенный в такой стакан образец заливался

водой до отметки 14 см, тщательно взмучивался стеклянной палочкой с резиновым наконечником и отстаивался в течение 3–4 мин. За это время частицы более 0,01 мм оседают. В верхней части столба (до 7 см) суспензии отстаивались частицы менее 0,01 мм, которые сливались через сифон в чашку. Операция повторялась 5–10 раз.

Отмачивание заканчивалось в эмалированной миске. При этом почва слегка растиралась резиновой пробкой, затем заливалась водой до 2/3 миски и через каждые 100 с верхний слой суспензии осторожно, чтобы не затронуть осадка на дне чашки, сливался. Операция продолжалась до полного исчезновения глинистых частиц, т. е. до прозрачности суспензии в миске.

Отмытая от глинистых частиц почва, точнее её песчано-алевритистая часть переносилась в фарфоровую чашечку и высушивалась. Затем просеивалась через набор сит с отверстиями 1, 0,5, 0,25 и 0,1 мм.

Все полученные фракции взвешивались на технических весах до второго знака и помещались в полиэтиленовые пакетики. На пакетах указывался точный адрес и номер образца. Содержание частиц менее 0,01 мм определялось по разности между взятой навеской и весом навесок, полученных после отмачивания почвы.

Методика определения концентрации цинка в образцах и расчет коэффициента концентрации K_c и коэффициента опасности $K_{\text{ПДК}}$. Определение цинка проводилось методом атомной абсорбции на спектрофотометре ААС-1N. Валовые формы извлекались путём химического разложения почв кипячением с HNO_3 (1:1).

Аналитические данные обрабатывались на компьютере с использованием общепринятых параметров и формул [6]. В каждой пробе для всех элементов подсчитывались коэффициенты концентрации по формуле

$$K_c = C_i / C_f,$$

В этом отношении C_i составляет содержание элемента в пробе, а C_f – его фоновое значение.

В настоящей работе, помимо стандартного K_c от фонового уровня, было предусмотрено определение параметра $K_{\text{ПДК}}$ (коэффициент опасности), рассчитанного по формуле

$$K_{\text{ПДК}} = C_i / C_{\text{ПДК}},$$

где C_i – концентрации элемента в почве, $C_{\text{ПДК}}$ – предельно допустимые концентрации (ПДК) [6].

Результаты исследований и их обсуждение. Согласно вышеуказанной методике на территории посёлка Октябрьский было отобрано 14 почвенных образцов, схема отбора представлена на рис. 1. Площадки опробования закладывались в основном на пересечении поселковых улиц (площадки опробования 2, 3, 4, 5, 8, 9, 12, 13 и 14), а площадка опробования 1 была заложена в пределах поселкового детского сада, 6 –

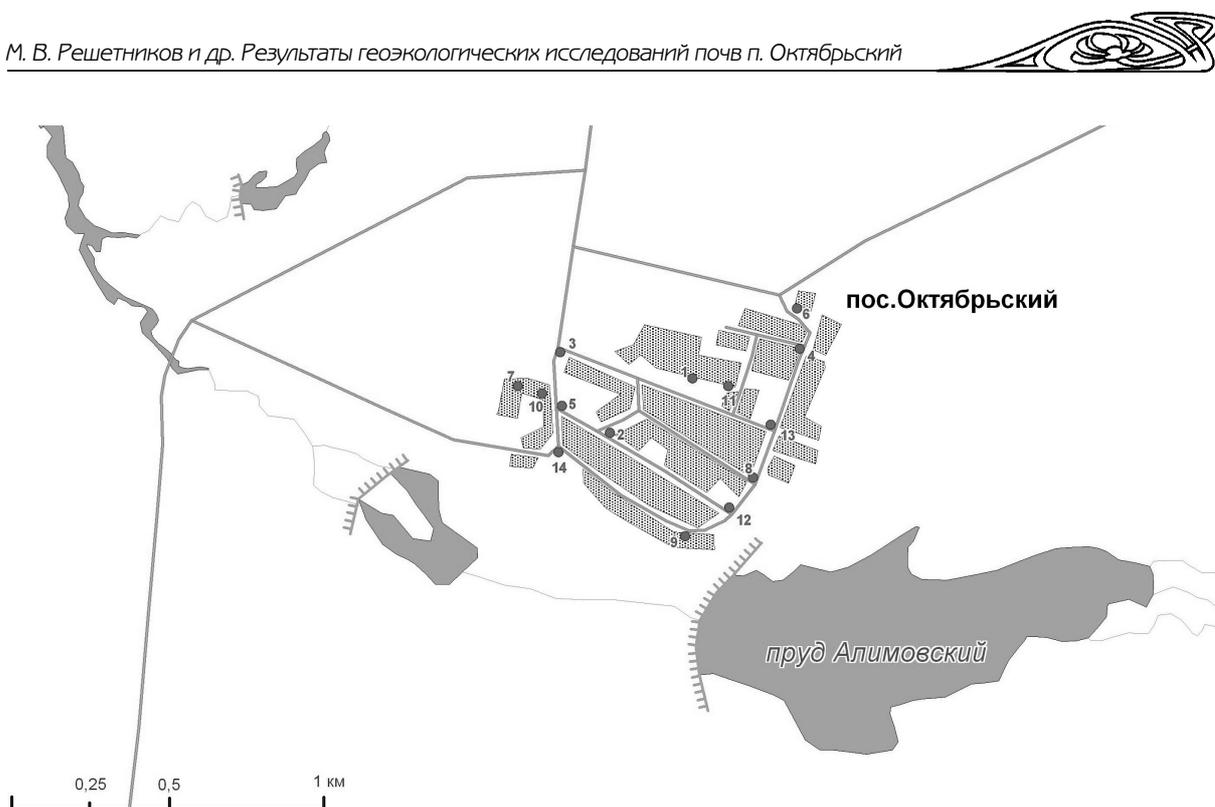


Рис. 1. Схема расположения площадок опробования почвенного покрова на территории посёлка Октябрьский (составлено в лаборатории геоэкологии СГУ)

поселковой больницы, 7 – строительного цеха, 10 – мастерской по ремонту автомобильного транспорта, 11 – школы.

Результаты определения гранулометрического состава. По результатам проведенного гранулометрического анализа были получены данные о процентном распределении элементарных почвенных частиц в исследуемых образцах, которые представлены в табл. 1.

Полученные результаты послужили основанием для определения типа почвы по классификации Н. А. Качинского и международной классификации, а также при построении интегральной и дифференциальной кривых распределения элементарных почвенных частиц. Ниже приводятся результаты определения типа почвы. Согласно классификации Н. А. Качинского, все пробы на исследуемом участке имеют суглинистый и глинистый характер, за исключением пробы № 10, которая классифицирована нами как супесь.

Результаты измерения магнитной восприимчивости. Результаты измерения магнитной восприимчивости приведены в табл. 2. Магнитная восприимчивость измерялась как у обобщенной пробы в целом, так и в навесках различных фракций после проведения гранулометрического состава.

Как видно из табл. 2 наиболее магнитными оказались частицы размерностью 0,5–1 мм, их средняя магнитная восприимчивость для всей совокупности проб составила приблизительно 75×10^{-5} ед. СИ, затем идет группа частиц с размерностью 0,1–0,25 и 0,25–0,5 мм со средними значениями 59 и 56×10^{-5} ед. СИ. Наименьшей

магнитной восприимчивостью обладают частицы размерностью менее 0,1 мм – 35×10^{-5} ед. СИ. Опираясь на полученные данные, можно сделать вывод о том, что основные минералы почв обследуемой территории, являющиеся носителями магнитной информации, имеют песчанистую размерность.

Фоновое значение магнитной восприимчивости почв было установлено по результатам 20 замеров на площади, расположенной в 2 км к востоку от посёлка и составило 40×10^{-5} ед. СИ. Соответственно коэффициент магнитности, являющийся отношением между средним значением магнитной восприимчивости в пробе и её фоновым значением, изменяется на территории посёлка в пределах от 0,4 до 3,6, что указывает на незначительный принос магнитного материала на территории посёлка.

Результаты определения соединений цинка. Результаты испытаний на содержание тяжелых металлов в пробах, отобранных на территории посёлка Октябрьский, расчеты коэффициента концентрации K_C и определение параметра $K_{ПДК}$ сведены в табл. 3. Фоновое содержание цинка 29,1 мг/кг. ПДК содержания цинка в почве составляет 58 мг/кг [6].

В ходе исследований выяснилось, что на территории посёлка Октябрьский содержание цинка в почве не превышает предельно допустимой концентрации.

Валовые формы нахождения соединений цинка определены во всех анализируемых пробах в концентрации от 39,6 до 50,9 мг/кг, что не превышает установленную предельно допустимую



Таблица 1

Процентное содержание элементарных почвенных частиц в исследуемых образцах

Номер образца	Размерность фракции, мм				
	1–0,5	0,5–0,25	0,25–0,1	0,1–0,01	Менее 0,01
1	6,4	10	13	18,2	52,4
2	8,2	15,3	23,4	27,4	25,5
3	10,7	13,6	18,2	19,9	37,6
4	4,4	7,1	11,1	8	69,4
5	8	10,8	16,4	6,5	55,3
6	8,8	11,7	25,8	19	34,7
7	6,2	13	38,1	16,9	25,8
8	3,4	7,8	9,8	12,2	64,8
9	12,4	9,2	17,9	20	40,5
10	9,6	12,4	33,6	25,3	19,1
11	5,2	12,4	36,5	21,1	24,8
12	13,1	11,6	31,5	17	26,8
13	10,1	12,1	25,9	6,4	45,5
14	7	12,9	37,2	5,2	37,7

Таблица 2

Значения магнитной восприимчивости в исследуемых образцах

Номер образца	Магнитная восприимчивость у разных фракций, мм, почвы, 10^{-5} ед. СИ				
	Среднее для пробы	<0,1мм	0,1–0,25	0,25–0,5	0,5–1
1	33,7	26	41	27	41
2	65,2	57	70	44	90
3	84,2	53	83	91	110
4	17,5	12	10	37	11
5	96	38	80	86	180
6	30,5	24	36	40	22
7	143	62	130	180	200
8	21,7	13	31	17	26
9	26,2	28	30	12	35
10	112	58	110	90	190
11	62,2	64	73	54	58
12	33	29	40	32	31
13	24	6	38	38	14
14	42	22	54	46	46

мую концентрацию (см. табл. 3). Превышение же над фоновой концентрацией не более чем в 2–3 раза, поэтому на данной территории отсутствуют участки с аномальными концентрациями соединений цинка. Таким образом, по данному показателю исследуемый участок относится к категории незагрязненных.

Вместе с тем, обращает на себя внимание группа проб № 3,5,7,10 (см. рис. 1), которые образуют локальную общность новоиспеченных параметров магнитной восприимчивости ($84–143 \cdot 10^{-5}$ СИ), содержания цинка ($50,2–50,9$ мг/кг) и коэффициентов опасности ($0,86–0,87$). Пробы приурочены к северо-западной территории по-

селка, где находятся строительный цех, мастерская ремонта автотехники и проходит оживленная автодорога. Наиболее контрастно пробы выделяются по величинам магнитной восприимчивости фракции размерности 0,5–1 мм ($110–200 \cdot 10^{-5}$ СИ).

Таким образом, можно сделать вывод о формировании локального «зародыша» магнитно-геохимической аномалии в промышленной зоне поселка. Возможными источниками поступления и депонирования почвами соединений цинка могут служить приземные выбросы предприятий и транспорта. Факт отражения аномальных почв этого участка в повышении магнитности проб может свидетельствовать о влиянии выбро-



Таблица 3

Концентрация валовых форм нахождения цинка и коэффициенты концентрации и опасности в почвах посёлка Октябрьский

Номер образца	Место отбора проб	Цинк, мг/кг	K_c	$K_{ндк}$
1	Территория детского сада	46,6	1,6	0,8
2	Пересечение ул. Октябрьской и ул. Садовой	44,2	1,5	0,76
3	Пересечение ул. Школьной и трассы	50,2	1,73	0,86
4	Пересечение ул. Молодежной и ул. Стадионной	39,6	1,4	0,68
5	Ул. Садовая и трассы	50,5	1,7	0,87
6	Территория больницы	46,4	1,6	0,8
7	Строительный цех	50,9	1,75	0,87
8	Пересечение ул. Октябрьской и ул. Стадионной	46,4	1,6	0,8
9	Пересечение ул. Первомайской и ул. Стадионной	42,5	1,46	0,73
10	Территория мастерской	50,6	1,8	0,87
11	Территория школы	47,8	1,64	0,82
12	Пересечение ул. Садовой и ул. Стадионной	44,5	1,52	0,76
13	Пересечение ул. Школьной и ул. Стадионной	44,8	1,54	0,77
14	Пересечение ул. Первомайской и трассы	45,9	1,57	0,79

сов от упомянутых источников на содержание в них соединений железа, а возможно, и других парагенетически связанных тяжелых металлов.

При этом важно отметить, что незначительное превышение над фоновой концентрацией всё-таки указывает на незначительную степень техногенной трансформации почвенного покрова посёлка Октябрьский, особенно в зоне влияния промышленных производств. На это указывает приуроченность повышенных концентраций цинка к таким участкам, как строительный цех и территория мастерской по ремонту автомобильной техники.

Результаты сопоставления химических и физических параметров почвенного покрова на территории посёлка Октябрьский. В данной работе мы проанализировали также генетическую взаимосвязь химических (содержание цинка) и физических (содержание физической глины, физического песка и магнитная восприимчивость почв) параметров почвенного покрова.

Для определения степени взаимосвязи механического состава исследуемых почв и концентрации валовых форм соединений цинка был рассчитан коэффициент корреляции (r) в системах «содержание физической глины – концентрация цинка» и «содержание физического песка – концентрация цинка». В системе «содержание физической глины – концентрация цинка» $r = -0,4$, что указывает на обратную корреляционную связь между двумя параметрами, а в паре «содержание физического песка – концентрация цинка» $r = 0,36$, что говорит о прямой корреляционной взаимосвязи двух показателей. Основываясь на этих показателях, можно сделать вывод о том, что соединения цинка в обследуемых образцах приурочены к песчанистой фракции почв.

При рассмотрении корреляционных взаимосвязей в системах «содержание физической глины – магнитная восприимчивость» и «содержание физического песка – магнитная восприимчивость» было установлено следующее. В паре «содержание физической глины – магнитная восприимчивость» $r = -0,48$, что указывает на обратную корреляционную связь между двумя параметрами, а в паре «содержание физического песка – магнитная восприимчивость» $r = 0,45$, что говорит о прямой корреляционной взаимосвязи двух показателей. Следовательно, можно предположить, что в почвах посёлка Октябрьский магнитные минералы имеют песчанистую размерность, что еще раз подтверждает наши слова, сказанные выше.

Корреляционный анализ значений магнитной восприимчивости и концентраций соединений цинка показал, что между этими параметрами существует прямая значимая корреляционная связь – $r = 0,8$ (рис. 2). Это в совокупности с их общей приуроченностью к песчанистой фракции почв указывает на общий парагенезис указанных параметров. Важно отметить, что столь высокий уровень корреляционной связи между магнитной восприимчивостью и концентрацией цинка отмечается многими исследователями, в том числе и нами, для различных территорий [2, 3].

Полученные факты позволяют в очередной раз утверждать, что измерение магнитной восприимчивости почв можно использовать при оценке их загрязненности для выявления зон потенциального накопления разнообразных тяжёлых металлов, в частности цинка.

Выводы. В результате проведенного исследования были получены данные о грануломе-

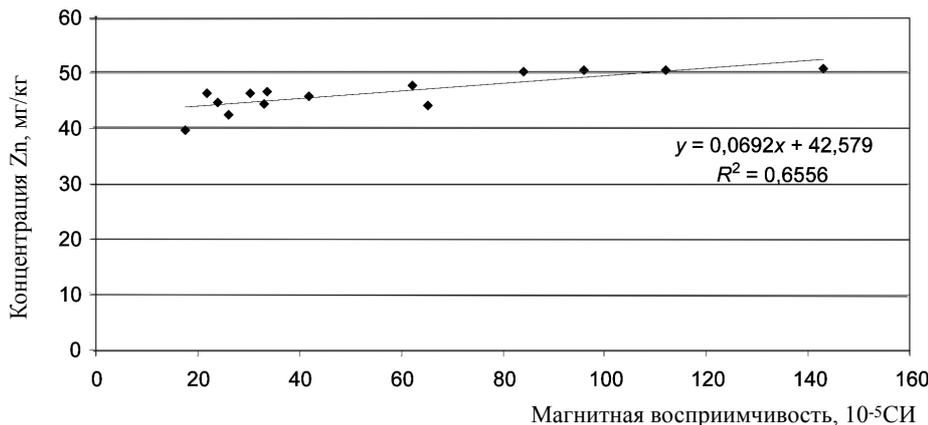


Рис. 2. Зависимость содержания цинка от значений магнитной восприимчивости в почвах посёлка Октябрьский

трическом составе, распределении соединений цинка и магнитной восприимчивости в почвенном покрове посёлка Октябрьский. Результаты аналитических исследований были сопоставлены с фоновым значением и ПДК, были сделаны выводы об эколого-геохимическом состоянии почвенного покрова. Параллельно с геохимическими исследованиями было проведено измерение магнитной восприимчивости почв с целью установления взаимосвязи двух характеристик. В целом результаты проделанного исследования можно свести к следующим выводам.

1. С помощью гранулометрического анализа было установлено, что на территории посёлка Октябрьский почвы имеют в основном суглинистый и глинистый характер механического состава. Об этом свидетельствует то, что содержание физической глины в них изменяется в пределах от 42,7 до 70,6%.

2. Измерение магнитной восприимчивости и расчёт коэффициента магнитности (до 3,6) свидетельствуют о том, что на некоторых участках посёлка Октябрьский отмечается незначительный принос магнитного материала.

3. Определение концентрации валовых соединений цинка показало отсутствие превышения над ПДК (коэффициент опасности достигает 0,87), превышение же над фоновой концентрацией (коэффициент концентрации достигает 1,8) указывает на принос соединений цинка в отдельных точках.

4. Изучение корреляционных отношений указывает на тесную взаимосвязь магнитной восприимчивости почв и концентрации валовых соединений цинка ($r = 0,8$), а также на их общую приуроченность к песчаной фракции почв.

5. Группа проб № 3, 5, 7, 10, образует локальную общность, которая приурочена к северо-западной территории посёлка.

Тем самым формируется локальный «заро-

дыш» магнитно-геохимической аномалии в промышленной зоне посёлка.

Подводя итог, необходимо сказать, что полученные нами данные имеют важное значение для природоохранных и земельных служб Дергачёвского района Саратовской области, так как могут быть использованы при реализации мониторинговых исследований за состоянием окружающей среды на территории города.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ «Эколого-геохимические и петромагнитные исследования почв на техногенных субстратах урбанизированных территорий (на примере г. Саратова)» (12-05-31206 мол.а).

Библиографический список

1. Артемьев С. А., Абакишин О. В., Ерёмин В. Н., Кононов В. А., Молоствовский Э. А. Некоторые особенности взаимосвязи магнитной восприимчивости городских почв и концентраций тяжёлых металлов // Проблемы геоэкологии Саратова и области. Саратов, 1998. Вып. 2. С. 44–49.
2. Решетников М. В., Добролюбова Н. В. Магнитная восприимчивость и концентрация тяжёлых металлов в почвах урбанизированных территорий (на примере г. Саратова) // Цветные металлы. 2009. Вып. № 11. С. 15–18.
3. Решетников М. В., Гребенюк Л. В. Применение метода измерения магнитной восприимчивости для выделения ареалов техногенного загрязнения почв города Ульяновска Изв. Сарат. ун-та. Новая серия. Серия Химия. Биология. Экология. 2012. Т. 12, вып. 2.
4. ГОСТ 17.4.3.01-83. Почвы. Общие требования к отбору почв. М., 1983.
5. ГОСТ 17.4.4.02-84. Охрана природы. Почвы. Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического, гельминтологического анализа. М., 1984.
6. Методические указания по оценке степени опасности загрязнения почвы химическими веществами (№ 4266–87 от 13.03.87). М., 1987.