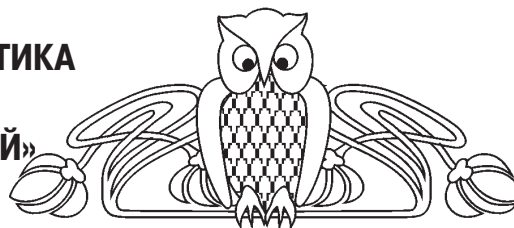




УДК 631.412 : 551.438.5

## ПЕТРО- И ТЕРМОМАГНИТНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПОЧВ И ГРУНТОВ В РАЙОНЕ ПОЛИГОНА СКЛАДИРОВАНИЯ ОТХОДОВ «ОКТЯБРЬСКИЙ» (г. САРАТОВ)



А. С. Шешнёв, М. В. Решетников

Саратовский государственный университет  
E-mail: sheshnev@inbox.ru

Проведены исследования физических параметров (магнитная восприимчивость, термомагнитный эффект) и гранулометрического состава почв и грунтов в районе полигона складирования отходов. Выполнена предварительная оценка техногенного загрязнения почв и грунтов тяжелыми металлами и нефтепродуктами.

**Ключевые слова:** полигон твердых отходов, свалка, экологическое состояние почв, урбанизированные территории, антропогенные отложения, Саратов.

### Petromagnetic and Thermomagnetic Characteristic of Soils in the Area of «Oktyabrskiy» Landfill Waste Disposal (Saratov)

A. S. Sheshnev, M. V. Reshetnikov

Investigations of the physical parameters (magnetic susceptibility, thermal-magnetic effect) and soil texture and soil in the area of the landfill waste disposal. Performed a preliminary assessment of technogenic pollution of soils and soil heavy metals and petroleum products.

**Key words:** landfill solid waste, dump, ecological condition of soils, urban areas, anthropogenic deposit, Saratov.

### Введение

При изучении влияния полигонов складирования отходов на геоэкологическое состояние прилегающих территорий большое внимание уделяется почвенному покрову как среде, депонирующей загрязнители, поступающие из других сред. В Саратовском госуниверситете для предварительной оценки техногенного загрязнения грунтов и почв тяжелыми металлами и нефтепродуктами разработаны и внедрены в практику геоэкологических исследований методы петромагнитного и термомагнитного картирования [1–3].

На территории г. Саратова известно несколько десятков полигонов накопления отходов. Участок настоящего исследования расположен в районе карьера завода силикатного кирпича, на местном субширотном водоразделе. Административно Октябрьский поселок расположен на границе Заводского и Октябрьского районов г. Саратова. Полигон окружен преимущественно малоэтажной частной застройкой, на востоке к участку примыкает промзона завода силикатного кирпича.

Цель настоящей работы – исследование физических параметров почв и грунтов в районе полигона складирования отходов.

### Общая характеристика полигона

Песчаный карьер для местных нужд разрабатывался с конца XIX века. С 1938 года месторождение эксплуатировалось заводом силикатного кирпича. Продуктивный интервал – песчаная пачка нижнего подъяруса сеноманского яруса мощностью до 24 м. Почвообразующей породой служат четвертичные суглинки мощностью до 3,5 м.

К концу 1970-х годов глубина карьера достигла 25 м. К 1980-м годам разработка песчаных толщ прекратилась. Уже во второй половине 1980-х годов в карьере стихийно возникают свалочные тела, возводится гаражный массив в днище карьера и на его бортах. С 1990-х годов на участок свозят строительные отходы со многих районов Саратова. Резкий рост площади и объема свалочного тела наблюдается в течение последних 10–15 лет.

В пределах городской черты Саратова широко распространены антропогенные отложения, которые своим происхождением обязаны хозяйственной деятельностью человека [4]. Антропогенные отложения вносят существенный вклад в геоэкологические условия, зачастую выступая почвообразующей породой. Согласно классификации Ф. В. Котлова [5], антропогенные отложения на изучаемом полигоне относятся к генетическому комплексу насыпных и включают два основных типа антропогенных отложений.

**Q<sub>4</sub>tn<sub>1</sub>.** Техногенные отложения – отвалы горной выработки, представленные вскрышными породами: покровными суглинками и почвенным слоем, глино-силицитами и мергелем «губкового» горизонта сантона. Распространены локально между южной и северной частями карьера. Возраст большей части толщи 35–55 лет.

**Q<sub>4</sub>tn<sub>2</sub>.** Современные насыпные отложения. Толща сложена преимущественно перемешанными грунтами и обломками строительного мусора, в сухом состоянии имеет серый до черного цвет. В нижних частях склонов сформирован шлейф из остатков деревянных конструкций, пенопласта, шлакоблоков, автомобильных покрышек. На ряде участков наблюдается фрагментарное зарастание откосов сорной растительностью. Возраст основной массы насыпных грунтов до 30–35 лет.



Складирование отходов в настоящее время осуществляется в направлении остатков карьерных форм. Объем грунта на полигоне к 2012 году оценивался величиной около 700 тыс. м<sup>3</sup> [6] и с тех пор лишь увеличивается.

Рельеф полигона существенно трансформирован: свалка как вторичная антропогенная форма наложена на первичную – карьер. Современные абсолютные отметки превышают значения, отмечавшиеся в природных условиях до трансформации при карьерной разработке. Аккумулятивный рельеф имеет высоту около 23–25 м относительно дна карьера. Склоны насыпи имеют крутизну до 50° и подвержены комплексу склоновых процессов (рис. 1).

Поверхность полигона не гидроизолирована и представляет собой водопроницаемый грунт, фильтрат легко проникает в подстилающую зону аэрации. Отсутствует необходимая информация об объеме и составе депонированных отходов, особенностях фильтрата, строении и геоэкологическом состоянии подстилающего грунта.

Свалка является экологическим фактором снижения комфортности проживания жителей: в радиусе нескольких сотен метров от объекта наблюдается перенос мусора воздушным путем; на полигоне многократно происходили возгорания, чему способствует состав отходов. Необходим детальный анализ влияния полигона твердых отходов на геоэкологическое состояние прилегающих территорий.

Ликвидация многометровых толщ отходов практически невозможна, и следует рассматривать вариант фиксации загрязнителей на месте. Преобладание в составе антропогенных отложений грунтовых толщ и инертных материалов позволяет рассматривать достаточно широкий спектр вариантов функционального использования территории.

## Результаты

С целью изучения физических параметров почв и грунтов в районе полигона складирования отходов отобрано 11 образцов почв и грунтов, расположенных по периметру карьера и на собственном насыпном теле (рис. 2).

В результате работ определены физические свойства (магнитная восприимчивость, термомагнитный эффект), гранулометрический состав почв и грунтов (на глубинах 5–10 см) и места потенциального накопления загрязнителей на исследуемой территории.

Отбор проб и пробоподготовка велась в соответствии с ГОСТом 17.4.4.02-84 [7]. Точки отбора проб размещались с целью выявления наиболее полной картины экологического состояния почв. В соответствии с требованиями ГОСТа опробованию подвергалась верхняя часть почвенного горизонта «А» до глубины 5 см, где обычно накапливается основная масса загрязнителей. Экспрессное выделение и предварительная оценка почвенно-геохимических аномалий, обусловленных воздушным переносом загрязнителей, осуществляются с помощью определения коэффициента магнитности ( $K_M$ ):

$$K_M = k_{изм} / k_{фон},$$

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

Максимальные значения  $K_M$  характерны для почв около источников загрязнения, при удалении от них показатель снижается. В качестве обобщенного значения магнитной восприимчивости для каждой точки принимается ее среднеарифметическое значение по результатам десятикратных измерений.



Рис. 1. Фрагмент северного борта насыпного тела полигона

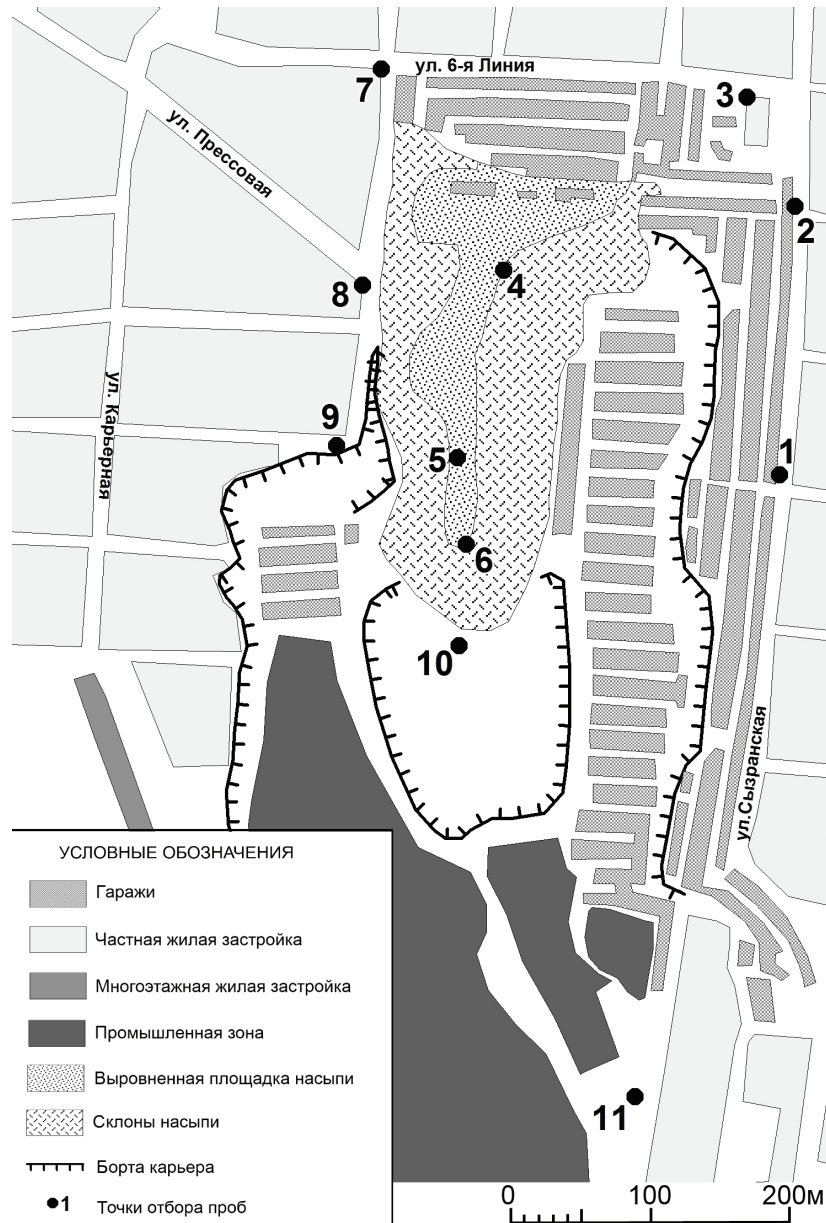
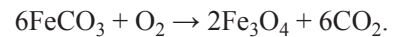
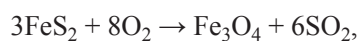


Рис. 2. Схема расположения точек отбора проб почв и грунтов

Физико-химической предпосылкой использования термомагнитного метода для оценки экологического состояния почв по загрязнению нефтепродуктами являются биогеохимические процессы, протекающие в биокостном субстрате, обогащенном углеводородами [2]. В насыщенном органикой горизонте «А» современного почвенного профиля под влиянием микроорганизмов происходит активное окисление углеводородов с генерацией  $\text{CO}_2$ , а при участии в процессе сульфатов – биогенного  $\text{H}_2\text{S}$ , которые, соединяясь с железом почвы, образуют тонкодисперсные аутигенные пирит и сидерит. Данные минералы при нагреве проб до температур 450–500°C переходят в магнетит:



При фазовых превращениях резко возрастает магнитная восприимчивость образцов почв, что легко фиксируется измерителем магнитной восприимчивости. Величина прироста определяется с помощью термомагнитного коэффициента ( $dk$ ):

$$dk = kt/k,$$

где  $k$  – исходная магнитная восприимчивость почвенного образца,  $kt$  – его величина после прогрева.

Отсюда следует схема эксперимента: измерение магнитной восприимчивости почвы до нагрева ( $k$ ) → нагрев → измерение магнитной восприимчивости после нагрева ( $kt$ ) → определение термомагнитного коэффициента ( $dk$ ).





Магнитная восприимчивость измерялась при помощи приборов ИМВ-2 и КТ-5 (до и после нагрева), нагрев проводился в муфельной печи с терморегулятором. Гранулометрический анализ осуществлялся ситовым способом. Результаты исследования были занесены в таблицы и обработаны при помощи программы Excel.

Полученные аналитические данные по магнитной восприимчивости отобранных проб почв и грунтов отражены в табл. 1, 2.

Средние значения магнитной восприимчивости в исследуемых образцах изменяются в пределах от 20,4 до  $114,8 \times 10^{-5}$  ед. СИ. Фоновое значение магнитной восприимчивости для почв исследуемой территории составляет  $40 - 45 \times 10^{-5}$  ед. СИ. Превышение над фоном наблюдается в точках 2, 3, 5, 7, 8, 9, 10 и 11, что может рассматриваться как индикатор присутствия тяжелых металлов.

Значение магнитной восприимчивости образцов после нагрева ( $k_t$ ) практически не возрастает по сравнению с  $k$  до нагрева. Термомагнитный

коэффициент изменяется в пределах от 0,95 до 1,65, что является косвенным показателем отсутствия углеводородного загрязнения.

Полученные аналитические данные гранулометрического анализа занесены в табл. 3. Для каждой пробы представлены размерности зерен (фракции) в процентном соотношении.

Охарактеризуем точки наблюдения, в которых отбирались на анализ образцы почв и грунтов.

*Точка наблюдения 1.* Индустриозем. Расположена в гаражном массиве (пересечение улиц Сызранской и 3-й Линии). По гранулометрическому составу определяется как супесь, потенциал накопления тяжелых металлов небольшой.

*Точка наблюдения 2.* Индустриозем в гаражном массиве (пересечение улиц Сызранской и 5-й Линии). Материал пробы определяется как супесь. Потенциал накопления тяжелых металлов небольшой.

*Точка наблюдения 3.* Культурозем. Располагается во дворе малоэтажного дома (пересечение

Таблица 1

Значения магнитной восприимчивости в исследуемых пробах

Номер пробы	Номер измерения										Магнитная восприимчивость, $1 \times 10^{-5}$ ед. СИ		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	средняя	минимальная	максимальная
1	0	59	19	54	56	55	55	59	62	58	47,7	0	62
2	75	77	73	73	72	74	74	72	61	62	71,3	61	77
3	77	77	77	76	74	82	80	79	83	85	79	74	85
4	50	48	49	50	47	46	47	45	50	48	48	45	50
5	6	66	65	62	63	62	60	62	63	64	57,3	6	66
6	28	2	25	25	25	18	18	24	24	15	20,4	2	28
7	56	59	50	52	54	56	55	58	53	56	54,9	50	59
8	95	87	91	89	92	91	90	90	84	89	89,8	84	95
9	51	54	53	59	55	54	61	61	52	55	55,5	51	61
10	95	100	150	120	98	95	120	135	89	146	114,8	89	150
11	46	63	152	47	64	41	42	43	42	46	58,6	41	152

Таблица 2

Значения магнитной восприимчивости образцов до нагрева ( $k$ ) и после нагрева ( $k_t$ ), а также значений термомагнитного коэффициента ( $dk$ )

Номер пробы	$k$ , $1 \times 10^{-5}$ ед. СИ	$k_t$ , $1 \times 10^{-5}$ ед. СИ	$dk$
1	48	48	1,00
2	61	62	1,02
3	62	68	1,10
4	42	40	0,95
5	53	56	1,06
6	26	43	1,65
7	48	48	1,00
8	75	84	1,12
9	40	54	1,35
10	80	82	1,03
11	33	33	1,00



Таблица 3

## Результаты гранулометрического анализа исследуемых проб

Номер пробы	Фракции, мм				
	Менее 0,01	0,01–0,1	0,1–0,25	0,25–0,5	0,5–1
	Процентное содержание				
1	11,4	2,5	54,1	30	2
2	15,7	4,4	48,1	29,1	2,7
3	15,1	7,6	51,5	22,9	2,9
4	36,8	7	33,3	18,8	4,1
5	35,4	17,2	32	12,2	3,2
6	30,5	11,9	37	18	2,6
7	58,1	10,9	17,5	9,9	3,6
8	22,2	8,5	46	19,4	3,9
9	21,4	9,2	52,6	14,7	2,1
10	33,6	12,3	30,1	18,4	5,6
11	26,2	6,9	49,5	15,5	1,9

улиц Сызранской и 6-й Линии. Определяется как супесь. Потенциал накопления тяжелых металлов небольшой.

*Точка наблюдения 4.* Выровненная площадка в верхней части свалочного тела в 70 м от гаражей (ул. 6-я Линия). Материал определяется как суглинок средний. Потенциал накопления тяжелых металлов высокий.

*Точка наблюдения 5.* Выровненная площадка в верхней части свалочного тела (75 м к северо-востоку от ул. 4-й Карьерный проезд). Суглинок средний. Потенциал накопления тяжелых металлов высокий.

*Точка наблюдения 6.* Бровка выровненной площадки свалки. Материал определяется как суглинок средний. Потенциал накопления тяжелых металлов высокий.

*Точка наблюдения 7.* Культурозем во дворе частного дома (пересечение улиц 6-я Линия и 3-я Силикатная). Суглинок тяжелый с высоким потенциалом накопления тяжелых металлов.

*Точка наблюдения 8.* Культурозем во дворе частного дома (пересечение улицы Прессовой и 5-го Карьерного проезда). Определяется как суглинок легкий с повышенным потенциалом накопления тяжелых металлов.

*Точка наблюдения 9.* Индустриозем у южного борта карьера (4-й Карьерный проезд). Определяется как суглинок легкий. Потенциал накопления тяжелых металлов повышенный.

*Точка наблюдения 10.* Индустриозем на дне сохранившегося участка карьера в 10 м от внешней границы свалки. Материал определяется как суглинок средний. Потенциал накопления тяжелых металлов высокий.

*Точка наблюдения 11.* Индустриозем в промышленной зоне завода силикатного кирпича в 370 м к востоку от внешней границы свалки (130 м

от пересечения ул. Сызранской и 3-го Товарного проезда). Грунт определяется как суглинок легкий с повышенным потенциалом накопления тяжелых металлов.

### Выводы

1. Магнитная восприимчивость почв на участке изменяется в широком диапазоне – от 20,4 до  $114,8 \times 10^{-5}$  ед. СИ. Значения магнитной восприимчивости, превышающие фоновые, указывают на техногенную трансформацию исследуемых почв и могут являться косвенным показателем наличия повышенных концентраций тяжелых металлов в этих пробах.

2. Значение магнитной восприимчивости образцов после нагрева ( $t_k$ ) практически не возрастает по сравнению с  $k$  до нагрева. Термомагнитный коэффициент изменяется в пределах от 0,95 до 1,65, что является косвенным показателем отсутствия углеводородного загрязнения.

3. Получены следующие результаты по гранулометрическому анализу проб: среди изученных 11 проб преобладают суглинок средний (37%), супесь (27%), суглинок легкий (27%) и суглинок тяжелый (9%).

4. Комплексная интерпретация данных позволяет выделить участки с различным потенциалом накопления тяжелых металлов. Высокий потенциал отмечен в точках 4, 5, 6, 7, 10, которые пространственно совпадают со свалочным телом или непосредственно к нему примыкают. Точки 8, 9, 11 с повышенным потенциалом накопления тяжелых металлов расположены на освоенной площади карьерной разработки и на его отвалах. Точки, где наличие тяжелых металлов не предполагается, расположены на наветренной стороне в селитебной зоне и вблизи гаражного массива.



*Работа выполнена при финансовой поддержке Минобрнауки России в рамках государственного задания в сфере научной деятельности (проект № 1757) и гранта Президента РФ для поддержки молодых российских ученых (проект МК-5424.2015.5).*

#### **Библиографический список**

1. *Молостовский Э. А., Абакишин О. В., Ерёмин В. Н.* Петромагнитная индикация техногенного загрязнения урбанизированных территорий // Проблемы геоэкологии Саратова и области. Саратов : Колледж, 1996. Вып. 1. С. 25–32.
2. *Решетников М. В.* Применение термомагнитного метода при изучении загрязнения почв нефтепродуктами // Материалы V Междунар. науч. конф. студ. и асп., посвящ. 90-летию Днепрпетровского национального ун-та. Киев : Картография, 2008. Вып. 5. С. 212–214.
3. *Решетников М. В.* Магнитная индикация почв городских территорий (на примере Саратова) / Саратов. гос. техн. ун-т. Саратов, 2011. 152 с.
4. *Шешнёв А. С., Решетников М. В., Жучков П. С., Кузнецов В. В.* Генетические комплексы антропогенных отложений на территории Саратова // Вестн. Саратов. гос. техн. ун-та. 2013. Т. 4, № 1(73). С. 248–254.
5. *Котлов Ф. В.* Изменение геологической среды под влиянием деятельности человека. М. : Недра, 1978. 263 с.
6. *Шешнёв А. С.* Антропогенная трансформация геолого-геоморфологического субстрата в системе «карьер – несанкционированная свалка» (на примере полигона в поселке Октябрьском, Саратов) // Вестн. Саратов. гос. техн. ун-та. 2012. Т. 1, № 1(63). С. 235–244.
7. ГОСТ 17.4.4.02-84. Охрана природы. Почвы. Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического, гельминтологического анализа. М. : Стандартинформ, 2008. 7 с.