



**ПЛОВДИВСКИ УНИВЕРСИТЕТ „ПАИСИЙ ХИЛЕНДАРСКИ“
БИОЛОГИЧЕСКИ ФАКУЛТЕТ • КАТЕДРА „ЕКОЛОГИЯ И ООС“**

Богдан Николов Николов

**„ЕКОЛОГИЧНО ПРОУЧВАНЕ СЪСТОЯНИЕТО
НА ПОЧВИТЕ В ГР. ПЛОВДИВ“**

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

**на дисертационен труд
за придобиване на образователна и научна степен „доктор“**

Област на висше образование: 4. Природни науки, математика и информатика

Професионално направление: 4.3. Биологически науки

Научна специалност: Екология и опазване на екосистемите

Научни ръководители:

Проф. д-р Илиана Велчева

Проф. д-р Елена Желева-Богданова[†]

Пловдив, 2021 г.

Дисертационният труд съдържа 170 страници, 17 таблици, 44 фигури, 4 приложения, както и 222 литературни източници.

Дисертационният труд е обсъден и предложен за защита на заседание на катедра „Екология и опазване на околната среда“, Биологически факултет, ПУ „Паисий Хилендарски“, проведено на 29.09.2021 г. (Протокол № 217/29.09.2021 г.).

Защитата на дисертационния труд ще се състои на 09.02.2022 г. от 09:00 часа в Биологически факултет, ПУ „Паисий Хилендарски“, ул. „Тодор Самодумов“ №2, на открито заседание на научното жури.

Материалите по защитата са на разположение на интересуващите се в Деканата на Биологически факултет, ПУ „Паисий Хилендарски“, ул. „Тодор Самодумов“ №2.

Научно жури:

Проф. д-р Виолина Ангелова Ризова

Проф. д-р Андон Василев Андонов

Доц. д-р Екатерина Георгиева Вълчева

Доц. д-р Стефан Иванов Шилев

Доц. д-р Дилян Георгиев Георгиев

Благодарности

Изразявам огромната си благодарност към моите научни ръководители – проф. д-р Илиана Велчева и проф. д-р Елена Желева-Богданова† за огромното търпение и желание, с което ме въведоха в същността на науката и академичното мислене.

Искрено благодаря на всички колеги от катедра „Екология и опазване на околната среда“ за оказаната помощ и разбиране по време на дисертацията.

Изказвам благодарност на колегите от катедрата по „Биохимия и микробиология“, както и на колегите от катедра „Аналитична и компютърна химия“, за помощта, без която този труд нямаше да е толкова значим и пълноценен.

Дълбока признателност към колегите от Аграрен университет-Пловдив, както и колегите от Лесотехнически университет – София, благодарение на които усвоих много нови знания и умения, както и възможности да работим в екип по разнообразни инициативи.

Благодарности изказвам също към Отдел „Екология и управление на отпадъците“, Община Пловдив, за оказаното съдействие при работата на терен.

Основната част от дейностите по пробонабиране и лабораторни анализи са осъществени с финансовата подкрепа на Поделение „Научна и приложна дейност“ към ПУ „Паисий Хилендарски“ по проект МУ17БФ022 с ръководител гл. ас. д-р Славя Петрова, за което им благодаря.

Част от анализите са осъществени с финансовата подкрепа на Фонд „Научни изследване“ към МОН по проект КП 06 ОПР 03/12 с ръководител проф. д-р Илиана Велчева, за което им благодаря.

Благодаря на Моето семейство за търпението и доверието в мен.

Автор: Богдан Николов Николов

Заглавие:

ЕКОЛОГИЧНО ПРОУЧВАНЕ СЪСТОЯНИЕТО НА ПОЧВИТЕ В ГР. ПЛОВДИВ

1. УВОД

Процесът на урбанизация, изразяващ се със струпването на населението в големите градове, повлиява на почвите и води до появата на антропогенни почви, характеризиращи се с изменени почвени характеристики. Специфичните им особености са свързани с изменение на почвената киселинност, промяна в сорбционния капацитет, обогатяване с органично вещество при по-високо съдържание на нехидролизуем въглерод, по-нисък воден капацитет, по-високо уплътняване и др. (Дойчинова, 2006). Установено е, че общото съдържание на почти всички метали е по-високо в градските почви, изложени на антропогенно влияние, отколкото във фоновите почви (Stepanova et al., 2016).

На територията на гр. Пловдив (в регулационните му граници) комплексни проучвания за състоянието на почвите не са правени. Има малък брой отделни изследвания, всяко от които е съсредоточено върху различна цел (описание на фитоценозите, мониторинг на замърсяването на въздуха, биоаккумуляция тежки метали), но включват и анализи на почвите в единични точки от градския ландшафт (Пенчева и кол., 2003; Стоянова и кол., 2014; Dimitrova & Yurukova, 2009; Petrova et al., 2013, 2014).

Слабата изученост на урбанизираните почви поражда интерес към установяване на техните геоморфологични, педогенни и екохимични характеристики като ключови фактори в съвременната им еволюция. Необходимостта от детайлни изследвания върху състава, свойствата и екологичното състояние на почвите в гр. Пловдив, особено тези край пътните артерии и в големите паркови площи, е обусловена от факта, че почвите се променят значително под влияние на урбанизацията, а освен това състоянието на зелената система на града е в тясна връзка с функциите на почвата. Следователно, качеството на градските почви неминуемо дава отражение върху качеството на екосистемните услуги в урбанизираната територия, а оттам – и върху качеството на живот на населението.

Оценката на екологичното състояние на почвите в отделните административни райони на гр. Пловдив, в отделните категории характерни обекти (зелени площи за широко обществено ползване, зелени площи за ограничено ползване, улично озеленяване, защитени територии и др.), както и идентифицирането на преимуществените замърсители и техния произход е ключов момент за разработването на общински стратегии и планове за действие по отношение подобряване състоянието на околната среда в града.

2. ЛИТЕРАТУРЕН ОБЗОР

Урбанизацията концентрира хора, суровини и енергия в относително малки географски площи, каквито са големите градове и мегаполисите, за да облекчи функционирането на обществото, в резултат на което естествените екосистеми биват променяни и заменяни от антропогенни такива. Струпването

на големи маси от хора и производствени мощности върху урбанизираните територии, води до емитиране на нови вещества, включително тежки метали, несвойствени за природните екосистеми или на такива, които са в количества значително превишаващи техните естествени фонове концентрации. Тези вещества в крайна сметка постъпват в почвата, тъй като тя представлява по-малко динамична и по-добре изразена буферна система, отколкото въздухът и водата (Alloway, 1995; Li et al., 2001; Luo et al., 2012; Gu et al., 2014). В градовете и околните им територии, подложени на натиска, се отчитат повишени концентрации на тежки метали в повърхностните почвени слоеве (Bloemen et al., 1995; Sutherland et al., 2000).

По тази причина, почвите в урбанизираните райони се характеризират със специфични свойства и характеристики. Те са образувани в резултат от комбинираното въздействие на естествените фактори на почвообразуване и антропогенния фактор (Stroganova & Prokofieva, 2001). Влиянието на антропогенния фактор върху съвременния почвообразователен процес е доказано в редица изследвания, затова почви с отчетливо влияние на този фактор се диагностицират като „Антропогенни почви“ (Anthrosols) и са въведени за означаване на обособен почвен тип в Базовата почвена класификация на България (Иванов и кол., 2010).

Специфичните особености на антропогенните почви са свързани с изменение на почвената киселинност, промяна в сорбционния капацитет, обогатяване с органично вещество при по-високо съдържание на нехидролизуем въглерод, по-нисък воден капацитет, по-високо уплътняване, замърсяване с тежки метали (Дойчинова, 2006). В по-слаба степен тези характеристики се наблюдават и в почви под компактна дървесна растителност в алеи, паркове и лесопаркове на териториите на градовете (Дончева, 1987; Плулчиева, 1989; Генчева, 1995; Мънкова, 1989; Генчева и Мънкова, 2001; Жиянски и кол., 2011). При това, изследванията показват пряка зависимост между концентрацията на тежки метали в повърхностните слоеве на почвата и плътността на населението и автомобилния транспорт в градовете (Wawer et al., 2015). Доказано е също, че урбанизираните почви оказват въздействие върху здравето на човека, биоразнообразието, състава и структурата на биоценозите (Adedeji et al., 2019).

В повечето почвени екосистеми микроорганизмите са най-голямата част от биомасата и изпълняват централна роля при много важни почвени функции. Те имат ключово значение за разграждането на органичните вещества и кръговрата на хранителните елементи, затова техният баланс зависи главно от структурата и функционирането на почвената микробиота. Поради това в почвената екология се предпочитат количествени функционални характеристики. Най-използвани са методите за оценка на дишането, определяне на биомасата и специфични ензимни активности. Микробиологичните и биохимичните почвени показатели като чувствителни индикатори се променят не само под въздействие на абиотични и биотични фактори, но и в зависимост от насоките в управлението на почвените ресурси (Salazar et al., 2011). Следователно те се

разглеждат като полезни показатели за качеството на почвата (Малчева, 2020; Yakovchenko et al., 1996; Baum et al., 2003; Burylo et al., 2007).

Въз основа на направения литературен преглед може да се обобщи, че бъдещите изследвания следва да се фокусират върху изработването на цялостни оценки на състоянието и качеството на градските почви с оглед повишаване качеството на живот в съответния град. Тъй като в някои градове има завишени нива на тежки метали и органични замърсители, те трябва да бъдат включени в комплексните наблюдения на околната среда в урбанизираните райони. Проследяването на някои биологични показатели като растителност, почвени безгръбначни и микробиологични съобщества, може да допринесе съществено за по-значимо подобряване оценките на качеството на почвата и нейното екологично състояние, отколкото информацията от физико-химичните измервания.

3. ЦЕЛ И ЗАДАЧИ

Целта на настоящия дисертационен труд е да се извърши екологично проучване на състоянието на почвите в град Пловдив.

Обект на изследване в настоящия дисертационен труд са почвите на територията на град Пловдив.

Предмет на изследване е екологичното състояние на градските почви въз основа на техните основни физико-химични, биохимични и биологични свойства и характеристики.

Научна хипотеза: Ако се извърши комплексно проучване на градските почви в отделните административни райони на Пловдив, идентифицират се преимуществените замърсители на почвите и техния произход, това ще позволи да се направи оценка на тяхното екологично състояние, което е ключов момент за разработването на общински стратегии и планове за действие по отношение подобряване състоянието на околната среда в града, устойчивото управление на градските почви и повишаване качеството на живот.

За изпълнение на посочената цел са поставени следните задачи:

- 1) Подбор на пробни площадки в регулационните граници на гр. Пловдив, отразяващи различен тип и степен на антропогенни въздействия върху почвите (характерни обекти)
- 2) Подбор на пътни артерии и построяване на трансекти за детайлизирано изследване на влиянието на трафика върху почвите
- 3) Събиране на представителни почвени проби
- 4) Морфологично описание на почвени профили
- 5) Определяне на физико-химичните свойства на почвите
- 6) Определяне на съдържанието на тежки метали и токсични елементи (As, Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, Sr, U, V, Zn) в почвените проби
- 7) Анализ на свойствата и характеристиките на почвените съобщества
- 8) Анализ и оценка на екологичното състояние на почвите в гр. Пловдив

4. МАТЕРИАЛИ И МЕТОДИ

4.1. Подбор на характерни обекти и площадки за проучване екологичното състояние на почвите

За изследване и оценка състоянието на почвите в гр. Пловдив са подбрани общо 50 пробни площадки и 3 почвени профила. Подборът е извършен след предварителни теренни обхождания с цел площадките да са представителни за спецификите на въздействието на урбанизираната среда върху състоянието на почвите. Условно те са разделени на три големи групи:

I. Обекти за педогенетична характеристика:

За целите на педогенетичната характеристика са подбрани три пробни площадки, в които да се направят морфологични описания и послойни изследвания на представителни почвени профили за антропогенните почви на територията на гр. Пловдив:

Почвен профил 1 (ПП 1) е разположен в подножието на ПЗ „Младежки хълм“ (N 42°08.187' E 24°44.112'), в югоизточна посока, на отстояние 10 m от ул. „Любен Каравелов“ в посока към хълма. Почвената повърхност е покрита с тревиста растителност, постепенно преминаваща в храстова и дървесна. В участъка няма интензивно човешко присъствие, но натоварва-нето от автотрафика и намиращата се в близост жп линия е значително.

Почвен профил 2 (ПП 2) е разположен в западната част на Парк „Отдих и култура“ (N 42°08.966' E 24°41.551'), на отстояние 10 m от едноименната улица, в посока към края на града, в близост до коритото на р. Марица. Почвената повърхност е покрита с естествена тревиста растителност. В участъка няма интензивно човешко присъствие, нито интензивен трафик.

Почвен профил 3 (ПП 3) е разположен в подножието на ПЗ „Бунарджик“ (N 42°08.823' E 24°44.459'), в източната паркова зона, на отстояние 10 m от бул. „Руски“ в посока към хълма. Почвената повърхност е покрита с тревиста растителност, редки храсти и единични дървета. Участъкът се характеризира както с интензивно човешко присъствие, така и с интензивен трафик.

Проучването на обектите от тази група се очаква да даде отговор на въпросите, свързани с антропогенното въздействие върху почвообразователния процес, върху еволюцията на почвите и върху техните свойства.

II. Обекти в паркова обстановка:

1. Почви в паркови площи от надградско, общоградско и районно значение, включително почви в защитените територии – Парк „Цар Симеонова градина“ (PU1), ПЗ „Бунарджик“ (PU2), Парк „Дондукова градина“ (PU3), Парк „Отдих и култура“ (PSU4), Парк „Лаута“ (PSU5), Парк „Ружа“ (PSU6), Парк „Рибница“ (PSU7), Парк „Каменица“ (PSU8), Парк „Отдих и култура“ – буферна зона (PR9).

2. Почви от малки зелени площи с тревна растителност – Парк на ул. „Капитан Райчо“ (GU 1), Централна ЖП гара (GU 2), Парк на бул. „Княгиня Мария Луиза“ (GU 3), ЖП гара „Тракия“ (GSU 4), Езикова гимназия „Пловдив“ (GSU 5), Бул. „Цариградско шосе“ (GSU 6), Зелена площ до ТЕЦ-Пловдив (GSU 7).

Проучването на обектите от тази група се очаква да даде отговор на въпросите, свързани с въздействието върху почвите на мероприятията по поддръжка на зелените площи (озеленяване, торене, мулчиране, растителна защита, дезинсекция и др.), антропогенното натоварване на зоните за отдих и рекреация (градски фон, утъпкване, изхвърляне на отпадъци, замърсяване от домашни любимци и др.), както и следствие на сухото и мокро атмосферно отлагане на замърсители (включително чрез биоаккумуляция в растителността и разграждане на мъртвата биомаса).

III. Обекти при утежнени екологични условия

1. Почви под интензивно въздействие на автотрафика – избрани са два от най-натоварените булеварди в гр. Пловдив и са определени площадки по трансектен метод (раздел 4.2.)

2. Почви извън регулационните граници покрай големи изходни пътни артерии на гр. Пловдив – Изход за гр. Хасково (EE 1), Изход за гр. Асеновград (ESE 2), Изход за гр. Пещера (ESW 3), Изход за гр. София (ENW 4), Изход за гр. Брезово (ИЗК „Марица“) (ENE 5), Изход за гр. Пазарджик (EW 6), Изход за гр. Карлово (EN 7).

Проучването на обектите от тази група се очаква да даде отговор на въпросите, свързани с въздействието върху почвите на емисиите от трафика (замърсители, обхват, степен на натоварване), както и на мероприятията по зимна поддръжка на уличните платна (пръскане против обледяване и др.).

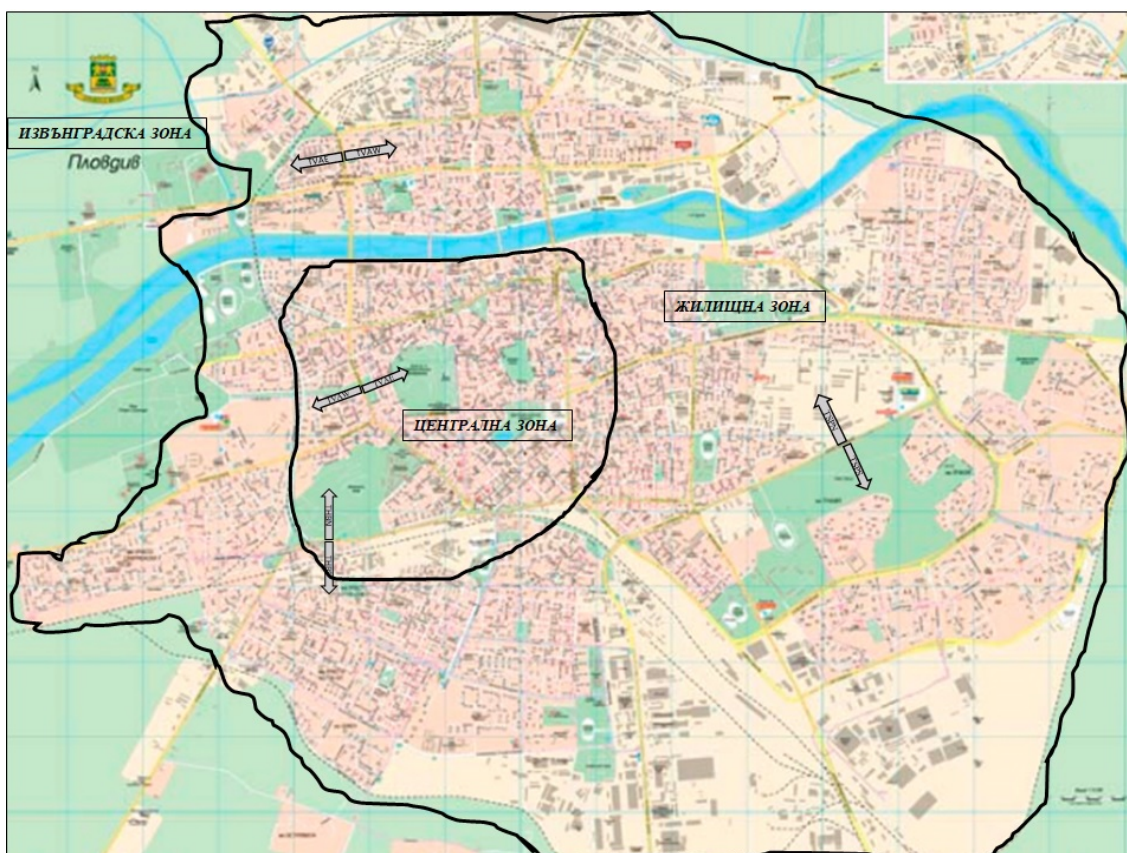
4.2. Подбор на пътни артерии и построяване на трансекти за оценка на въздействието на автомобилния трафик върху почвите

За целите на настоящото изследване са избрани две от най-натоварените пътни артерии в град Пловдив – бул. „Христо Ботев“ (ТНВ) (с част от бул. „Санкт Петербург“) и бул. „Васил Априлов“ (ТВА).

За оценка влиянието на урбанистичния градиент върху замърсяването на почвите от всеки булевард са подбрани по две зони, една от които в най-натоварената централна градска част (централна зона – U), а другата – в районите около нея (жилищна зона – SU) (Ковачев, 2003).

За оценка влиянието на разстоянието от пътното платно във всяка от зоните по трансектен метод са определени по три пробни площадки, разположени съответно на 7,5 m, 25 m и 50 m отстояние от пътя (Наскова, 2015; Наскова и кол., 2017). При невъзможност за спазване на посоченото отстояние са избрани площадки при отклонение до 10%.

За оценка влиянието на розата на вятъра трансектите с подобрите пробни площадки са ориентирани в четирите основни географски посоки (E, S, W, N) (Фиг. 1).



Фиг. 1. Местоположение на площадките при трансектния метод

4.3. Пробонабиране и пробоподготовка на почвените проби

Обхващането на пространствената вариабилност в свойствата на почвите се постига чрез 5 броя послойно опробване в една площадка и формиране на средна проба за анализ. За тази цел във всяка от избраните на база посочените критерии пробни площадки са изследвани по 5 участъка с размери 50×50 cm. Почвените проби са взети със стерилен пробовземач на дълбочина 0 – 20 cm (след отстраняване на чимовия слой) през месец юни 2017 г. (Наскова и кол., 2017; Малчева, 2020), като на място са измервани рН, влажност и температура на почвата (рН-meter, WTW, Germany).

Веднага след пробовземане от всяка почвена проба е отделена проба за микробиологичен анализ и предадена в лабораторията по микробиология, ПУ „Паисий Хилендарски“. В лабораторни условия почвените проби са почистени от включения, пресяти през почвено сито с размер на отвор 1 mm и хомогенизирани. След това почвите са разстлани върху филтърна хартия, изсушени до въздушно сухо тегло и съхранявани до анализите.

4.4. Методи за педогенетична характеристика

Теренните проучвания са проведени съгласно стандартизирана методология (Койнов, 1998) и насоките за охарактеризиране на почвени профили на ФАО (Guidelines for soil description, 1990; World Reference Base, 2015). Извършеното теренно проучване включва макроморфологично описание на почвените профили по цвят, структура, преход, включения и т.н. Описанието на почвените профили е направено по генетичните-хоризонти в дълбочина, до която са установени.

Пробовземането е извършено по почвени хоризонти съгласно БДС ISO 18400-205:2019 Качество на почви. Вземане на проби. Част 205: Ръководство към процедурата за проучване на природни, близки до природните и обработваеми площи (ISO 18400-205:2018). На почвените проби от двете пробоземания са определени основни почвени показатели, подобно на почвите от останалите пробни площадки.

4.5. Методи за анализ на физико-химичните свойства

Реакцията на почвените проби е определена потенциометрично на терен и в лабораторни условия (H_2O , KCl) съгласно БДС ISO 10390:2011 „Качество на почви. Определяне на рН“ чрез апаратура рНотоFlex Set, 2512000, WTW-Germany.

Електропроводимостта на почвите е определена по електрохимичен метод, използващ се като мярка за концентрацията на йонизируемо разтворените вещества във води ($\mu S/cm$) съгласно БДС ISO 11265:2002 „Качество на почвите. Определяне на специфичната електрическа проводимост“ чрез апаратура Multiset, F340, WTW-Germany.

Механичният състав е определен в катедра „Агроекология и опазване на околната среда“, Аграрен университет, съгласно стандартизирана методика по ISO 11277:2020 „Soil quality — Determination of particle size distribution in mineral soil material — Method by sieving and sedimentation“.

4.6. Методи за анализ на химичните свойства

Съдържанието на органично вещество (по Тюрин) и на хумус (БДС ISO 14235:2002 „Качество на почвите. Определяне на органичен въглерод чрез сулfoxромно окисление“) са анализирани в катедра „Агрохимия и почвознание“, Аграрен университет – Пловдив.

Съдържанието на подбрани химични елементи (As, Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, Sr, U, V, Zn) в почвените проби е определено чрез маспектрометрия с индуктивно свързана плазма (ICP-MS), използвайки инструмент Agilent 7700 ICP-MS (2009), DF 1000, в катедра „Аналитична и компютърна химия“, ПУ „Паисий Хилендарски“. Данните за всяка площадка са средна аритметична от три почвени проби, а данните за всяка отделна проба са средна аритметична от три аналитични измервания.

4.7. Методи за проведените геохимични анализи

За оценка на степента на въздействие на антропогенното замърсяване от транспорта върху съдържанието на тежки метали и токсични елементи в почвите са изготвени геохимични спектри на изследваните елементи. В приложната геохимия на ландшафтите е разработена система от коефициенти, които представят отношението между средните съдържания на химичните елементи в дадени, сравними помежду си, обекти. В резултат на миграцията химичните елементи се проявяват чрез концентрация или разсейване. Във връзка с това за характеризиране на миграцията се използват редица коефициенти, най-важни от които са кларк-концентрация и кларк на разсейване (Перелман и Касимов, 1999; Пенин и Желев, 2011; Желев и Пенин, 2014; Пенин и Китев, 2016; Китев, 2018). Кларк-концентрацията (КК) отразява отношението между съдържанието на даден елемент в определена матрица (почва, растителност, повърхностни води) – C_i и кларка на същия елемент в литосферата (Виноградов, 1962) – K :

$$КК = C_i / K > 1$$

Тази величина е винаги по-голяма от 0 и ако $КК = 1$, то съдържанието на елемента в обекта е равно на съдържанието му в литосферата. Когато C_i е с ниски стойности, се използва показателят „кларк на разсейване“ (КР). Той показва колко пъти кларкът превишава съдържанието на елемента в изследвания обект (Стоилкова и кол., 2016):

$$КР = K / C_i > 1.$$

Двата коефициента са с основно значение при разработването на ландшафтно-геохимичния аспект на настоящото проучване върху екологичното състояние на почвите в гр. Пловдив.

4.8. Методи за анализ на състава, структурата и свойствата на микрогеобионтните съобщества

Показателите общо микробно число при 22°C и 37°C (TVC 22°C и TVC 37°C), брой фекални колиформи (FC), *Escherichia coli* и фекални стрептококи (FS) са определени чрез стандартни аналитични методи за води (БДС EN ISO 6222:2002 „Качество на водата. Определяне на броя на жизнеспособните микроорганизми. Изброяване на колонии чрез посяване в хранителна среда агар (ISO 6222:1999)“; БДС EN ISO 9308-1:2014/A1:2017 „Качество на водата. Определяне броя на бактерии *Escherichia coli* и колиформни бактерии. Част 1: Метод чрез мембранно филтриране на води с нисък бактериален фон на флората. Изменение 1 (ISO 9308-1:2014/Amd 1:2016)“; ISO 7899-2 2000 „Water quality – Detection and enumeration of intestinal enterococci – Part 2: Membrane filtration method“).

Общият брой култивируеми плесенни гъби е определен чрез директно броене на развитите колонии след повърхностен посев на селективна среда на Сабуро с хлорамфеникол (Pitt & Hocking, 2009).

Актиномицетите са определени по следната методика: В стерилен съд се претеглят 5g пресята почва и се изсушават на въздух за 7 дни. Почвата се загрява се в сушилен шкаф на 100°C за 10 минути. Обработената почва се хомогенизира в стерилна dH₂O при съотношение 1:99 за 30 мин при 200 об.мин⁻¹. Определя се броя на прораслите колонии след повърхностен посев със 100 µl върху среда за изолиране на актиномицети (HiMedia), съдържаща нистатин 100 mg/l и налидиксова киселина 50 mg/l, и инкубиране за 14 дни при 22°C (Zhang et al., 2011).

4.9. Методи за математико-статическа обработка на резултатите

Всички данни, получени в хода на теренните наблюдения, теренните измервания, и лабораторните анализи са обработени с подходящи математически анализи с цел определяне достоверността на данните, извеждане на връзки и зависимости чрез статистически пакет Statistica 7.0. (StatSoftInc., 2006) и софтуерния пакет SPSS за Windows, версия 22 (IBM Corporation), при степен на достоверност $p < 0,05$.

5. РЕЗУЛТАТИ И ДИСКУСИЯ

5.1. Представителни почвени профили от гр. Пловдив

Трите изследвани почвени профила значително се различават по своите характеристики от класическия почвен профил. Това се дължи на начина, по който са се формирали и най-вече на продължителното антропогенно въздействие върху тях. От направените полеви описания и снимков материал ясно личи, че те нямат нормален естествен профил, а пластовете в тях са със състав, формиран от различни насипни материали. Профилът е от типа Aat(A)BCD, като в най-голяма степен са повлияни повърхностните хоризонти, в които богато са представени дребни камъчета, чакъл, едрозърнести пясъци и др. В дълбочина като цяло преобладават по-ситните фракции, особено добре изразено при ПП 2. Този профил, за разлика от другите два, няма генетична връзка със скалите на Пловдивските тепета, а е формиран за сметка на почвообразуващите наноси на р. Марица, което се потвърждава и от високото съдържание на иловата фракция.

Морфологичното изследване показва, че педогенетичните особености на почвите са свързани с типа на антропогенните въздействия върху тях. Въз основа на направените описания, анализи и характеристики, почвата и в трите профила се класифицира като Антропогенна (Antrosols), урбаногенна (Urbic antrosols), хумусна, слабо развита, пясъкливо-глинеста почва (Генчева, 1995; Банов и Христов, 1996; Генчева, 2000; Иванов и кол., 2010; Дойчинова и Жиански, 2013).

Получените резултати корелират до известна степен с наличната до момента информация, предоставена от Община Пловдив, а именно че почти цялата територия на град Пловдив е представена от антропогенни почви (Програма за опазване на околната среда на територията на Община Пловдив за периода 2014 – 2020 г.). Изключение правят почвите в големите паркове от надградско и общоградско значение, както и почвите в защитените територии на тепетата. В тази програма се посочва, че при проучванията на Шевкенова и Генчева през 1979 г. е установено, че на Пловдивските тепета, в Парк „Отдих и култура“, Парк „Лаута“, Парк „Цар Симеонова градина“ и Парк „Дондукова градина“ почвите са почти ненарушени и по морфологичен строеж почти не се различават от естествените, с изключение на повърхностните хоризонти.

При настоящото изследване, проведено 40 години след посоченото, бе установено, че антропогенно индуцираните промени в строежа на почвения профил не се заключават само в повърхностните хоризонти, а навлизат в дълбочина до над 100 cm.

Данните от анализа на механичния състав на трите почвени профила показват, че изследваните почви се характеризират с увеличена пясъчна и скелетна фракция, влошено структурно състояние (Фиг. 2). Механичният състав, според приетата класификация, в ПП 1 е пясъчливо-глинест, в ПП 2 е леко глинест и ПП 3 е тежко пясъчливо-глинест. По отношение на този параметър също не се наблюдава характерното разпределение на механичните фракции, тъй като нямаме класически почвени профили.



Фиг. 2. Основните механични фракции – пясък (0,05 – 1,0 mm), прах (0,005-0,01 mm) и ил (<0,001 mm)

По отношение на реакцията на изследваните почви във всички профили тя се движи от много слабо алкална (pH=7,3) до средно алкална (pH=8,6). Единствено в ПП 1 се забелязва известна тенденция на алкализиране на почвата в дълбочина, докато при другите профили промените са незначителни и незакономерни. Електропроводимостта е с доста ниски стойности и се изменя в интервала 67,8 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (ПП 3, 100 – 150 cm) до 99,3 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (ПП 3, 0 – 50 cm). В трите профила не се наблюдава засоляване на почвени хоризонти.

Оценката за запасеността на почвите с органичен C, хумус, общ N, както и за съотношението между органичния въглерод и общия азот в почвите (C/N)

е направена въз основа на пет степенна скала, регламентирана в Наредба № 4 от 12 януари 2009 г. за мониторинг на почвите. Според приетата класификация за хумусното съдържание на българските почви, в профил ПП 1 то варира от средно до високо, в профил ПП 2 то е високо и в профил ПП 3 варира от ниско до високо (Табл. 1). Не се наблюдава традиционното разпределение на органичното вещество по дълбочина на профилите, което е резултат от насипния характер на урбанизираните почви.

Таблица 1. Съдържание на органично вещество, хумус и биогенни елементи в изследваните почвени хоризонти

Почва	Хоризонт cm	Органичен въглерод %	Хумус %	C/N	NH ₄ mg/1000 g	NO ₃ mg/1000 g	Общ N mg/1000 g	P ₂ O ₅ mg/100 g	K ₂ O mg/100 g
ПП 1	0 – 50	3,19	5,50	23,46	9,6	4,0	13,6	15,5	28,2
	50 – 100	1,81	3,12	14,96	7,2	4,9	12,1	11,3	19,6
	100 – 150	2,16	3,72	17,70	8,4	3,8	12,2	13,8	20,5
ПП 2	0 – 50	3,53	6,09	18,58	12,5	6,5	19,0	17,5	32,3
	50 – 100	3,02	5,21	16,15	12,7	6,0	18,7	10,0	29,7
	100 – 140	3,33	5,74	17,62	11,6	7,3	18,9	9,3	22,5
ПП 3	0 – 50	2,98	5,14	12,47	15,0	8,9	23,9	13,0	24,6
	50 – 100	3,36	5,79	20,49	13,2	3,2	16,4	6,5	18,9
	100 – 130	0,44	0,76	3,83	7,4	4,1	11,5	13,5	21,1

Съдържанието на органичен въглерод е много високо във всички почвени профили и хоризонти, с изключение най-дълбоките слоеве на ПП 3. Съотношението C/N е индикатор за благоприятни условия за почвеното биоразнообразие и за стабилност на почвената структура. Въглеродът осигурява предварителния източник на енергия, а количеството азот определя растежа на микробната популация. Респективно, запазването на правилното съотношение C/N е важно за почвените функции като среда за живот.

Проучването на почвените профили показва, че съотношението има високи и много високи стойности в почвите от ПП 1 и ПП 2, докато при тези от ПП 3 стойностите силно варират в дълбочина – от средно през много високо до много ниско (Табл. 1). Тези резултати са сравнително благоприятни от гледна точка на почвените микробиални съобщества, тъй като микроорганизмите използват 30 части въглерод за 1 част азот (Yan et al., 2015; Gonawala et al., 2018). При по-високо C/N съотношение дейността на им е подтисната и скоростта на разлагане е бавна (Artemio et al., 2018).

Данните от анализите показват слаба запасеност с азот (общ и подвижни форми) на почвите в профил ПП 1, средна запасеност с фосфор (подвижни форми) и добра запасеност с калий (подвижни форми). В профил ПП 2 се наблюдава слаба запасеност с общ азот и подвижни форми, средна до добра запасеност с подвижен фосфор и добра запасеност с подвижен калий. В профил ПП 3 запасеността с азот общ и подвижни форми е ниска, с подвижен фосфор е средна до добра и с калий (подвижни форми) има също средна до добра запасеност (Табл. 1). По отношение на тези параметри също не се установяват характерните черти на класическия почвен профил.

5.2. Анализ на физичните и физико-химичните свойства на почвите от характерните обекти

Анализът на **механичния състав** на изследваните почви и класификацията им по Вигнер показва, че те в преобладаващата част са пясъчливи, като фракцията на глината е в диапазона 11% – 13,6%. Единствено в двете площадки в жилищната зона на бул. „Васил Априлов“ (TVAW-SU и TVAE-SU) почвите са глинесто-пясъчливи, а фракцията на глината достига до 28,3%. По тази причина може да се очаква, че почвите в гр. Пловдив ще имат висока чувствителност към антропогенни натоварвания, тъй като почвите с по-високо съдържание на физичен пясък се характеризират с по-ниска буферна способност към негативни въздействия.

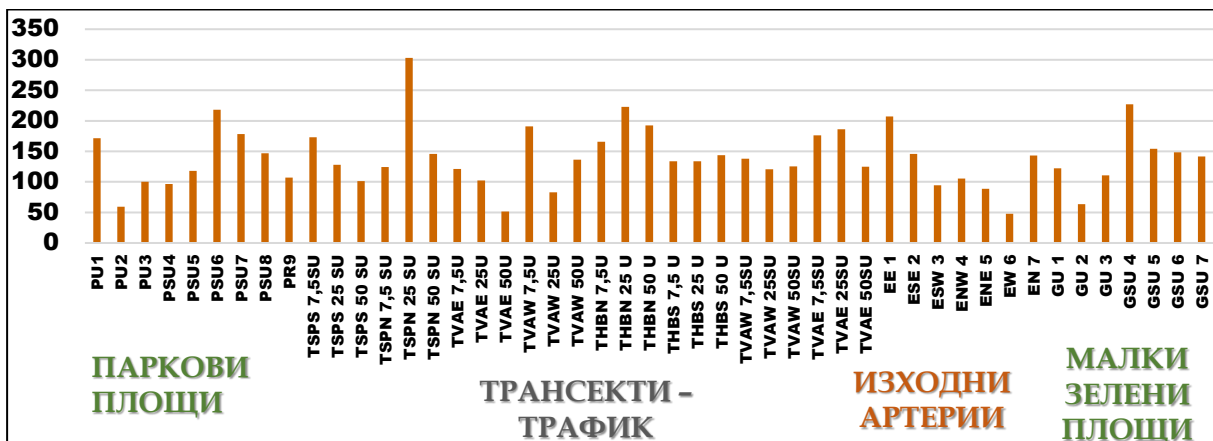
Реакцията на изследваните почви като цяло тя варира от слабо кисела до неутрална, а в две от площадките е средно кисела (TSPS 7,5SU и TVAW 50SU). Почвите от големите паркови площи имат слабо кисела реакция, а тези от по-малките паркове – близка до неутралната. Не са установени достоверни различия между почвите в изследваните площадки по отношение на реакцията им, нито зависимости между реакцията и отстоянието от пътното платно, но е доказано различие при реакцията на почвите от изследваните почвени профили ($p < 0,05$) (Фиг. 3). Стойностите на рН показват алкалността или киселинността на почвените материали и влияят върху подвижността на химичните елементи и съединения в почвата, както и върху развитието на микроорганизмите. Стойности на рН между 6,0 и 7,5 са предпочитани от бактериите, между 5,5 и 8 са добра работна среда за гъбите, а такива над 7 са предпочитани от актиномицетите (Rynk, 1992).

По отношение на **електропроводимостта** са установени достоверно по-високи стойности в почвите, повлияни в по-значителна степен от антропогенни дейности като транспорт и мероприятия по поддръжка на зелените площи. В почти всички трансекти максималните стойности са установени в почвите, подложени в по-значителна степен на транспортно въздействие (дистанция 7,5 m), а като цяло получените резултати са по-високи в площадките от жилищната зона (83 – 303 $\mu\text{S}/\text{cm}$) (Фиг. 4). От площадките в централната зона с най-ниска електропроводимост са почвите от парк „Бунарджик“ (TVAE-U – 51 – 121 $\mu\text{S}/\text{cm}$), а с най-висока – почвите от парк „Младежки

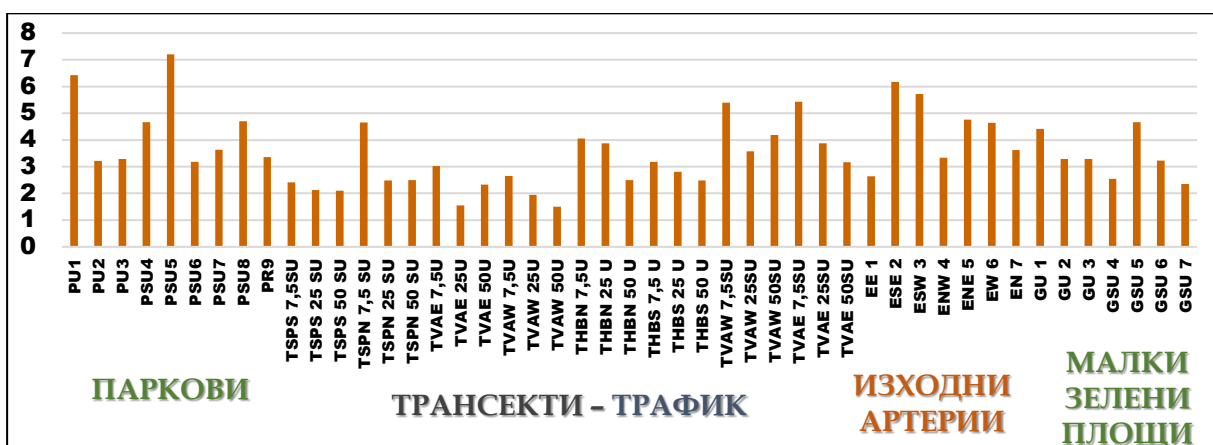
хълм“ (ТНВN-U = 165 – 223 $\mu\text{S}/\text{cm}$) (Фиг. 4). Сравнението между стойностите на електропроводимостта на почвите в тези две площадки и стойностите на електропроводимостта, измерени при двата профила от същите тепета (съответно ПП 3 и ПП 1), показва много по-силно изразено повишаване при парк „Младежки хълм“.



Фиг. 3. Реакция на почвата в изследваните характерни обекти



Фиг. 4. Електропроводимост на почвата в изследваните характерни обекти



Фиг. 5. Съдържание на хумус (%) в почвата в изследваните характерни обекти

Съдържанието на органичен въглерод в изследваните градски почви е в диапазона от 0,87% (**TVAW 50SU**, бул. „Васил Априлов“) до 4,18% (**PSU5**, Парк „Лаута“). Статистическата обработка доказва достоверно по-високи нива на почвено органично вещество в парковете и малките зелени площи, както и в почвите покрай изходните артерии на гр. Пловдив ($p < 0,05$).

При анализа на запасеността на почвите с хумус също са установени достоверни различия между почвите от посочените площадки и почвите покрай уличната мрежа на гр. Пловдив. По отношение на обектите при утежнени екологични условия може да се отбележи, че по-високи стойности са измерени в близост до пътното платно (дистанция 7,5 m), а като цяло средното съдържание варира в диапазона от 1,5% (**TVAW 50SU**) до 5,43% (**TVAE 7,5SU**) (от ниско до много високо). Най-високо количество хумус при почвите от тази група е регистрирано при пробите **TVAE-SU** (3,17 – 5,43%) и **TVAW-SU** (3,6 – 5,4%) (бул. „Васил Априлов“), следвани от **TSPN-SU** (2,5 – 4,7%) (бул. „Санкт Петербург“) и **THBN-U** (2,5 – 4,05%) (бул. „Христо Ботев“) (Фиг. 5). Този анализ показва, че почвите в града са сравнително плодородни и имат достатъчно възможности за удовлетворяване нуждите на растенията.

5.3. Съдържание на тежки метали и токсични елементи в почвите

По отношение съдържанието на **желязо** в трите почвени профила може да се отбележи, че като цяло то е по-ниско в ПП 1 (0,9% средно) и ПП 3 (1,23% средно), а в ПП 2 е достоверно по-високо (1,47% средно). В ПП 1 се наблюдава нарастваща тенденция в дълбочина, докато при другите два профила максимални стойности се регистрират в средните хоризонти, а повърхностните и дълбочинните са със сходно съдържание на желязо.

В хода на настоящото изследване се установи, че съдържанието на **желязо** в почвените проби е най-ниско в повърхностния хоризонт на **ПП 1** (0,6%), в площадка **EN 7** (0,6%) и **ПП 2** (0,7%), следвани от площадки **GSU 6 = 0,8%**, **GU 3 = ENE 5 = PU 3 = TVAЕ 50SU = 0,9%**. Максимум е отчетен в площадка **PR 9 = 3,8%**, следвана от **TVAW 7,5SU = 2,4%** и **TSPS 50SU = 2,3%**. Средното съдържание на желязо за градските почви е 1,79%, като с по-голямо количество се отличават почвите в близост до пътните артерии.

Средното съдържание на **манган** също е достоверно по-високо в ПП 2 (611 mg kg^{-1}) и ПП 3 (543 mg kg^{-1}) в сравнение с ПП 1 (387 mg kg^{-1}). Установява се нарастваща тенденция в дълбочина при пробите от ПП 1 и намаляваща тенденция в дълбочина при ПП 3. Единствено в ПП 2 резултатите са хетерогенни и не позволяват подобна интерпретация, но може да се отбележи, че в дълбочинните хоризонти се отчитат по-ниски нива.

В хода на настоящото проучване най-ниско съдържание на **манган** е отчетено в повърхностния хоризонт на **ПП 1** (302 mg/kg), почвите от малки зелени площи **EN 7** (305 mg/kg) и **ENW 4** (327 mg/kg), както и покрай някои пътни артерии **TVAE 50SU** и **TVAW-7,5U** (335 и 340 mg/kg). Максимуми са

регистрирани при площадки **PR 9** = 1030 mg/kg (Парк „Отдых и култура“), **GSU 5** = 892 mg/kg (Езикова гимназия), **SP 2 50-100** = 837 mg/kg (Парк „Отдых и култура“ – профил), **TVAW 7,5SU** и **TSPS 50SU** (873 и 842 mg/kg). Средното съдържание на манган за града е 517,29 mg/kg, като се доказва тенденция за повишаване на количеството с отдалечаване от пътя.

Средното съдържание на **цинк** в изследваните от нас почви покрай пътни артерии е 93,77 mg/kg, като количеството му достоверно намалява с увеличаване на отстоянието от пътя. Максимално количество е измерено в почвите от площадки **ESE 2** = **300 mg/kg** и **GU 2** = **224 mg/kg**, а минимално – в повърхностните и средните хоризонти на **ПП 1** – съответно 11 и 9 mg/kg.

В хода на настоящото проучване на почвите в град Пловдив е измерено средно съдържание на **мед** от 34,75 mg/kg, като тенденцията е към намаляване на количеството с отдалечаване от пътните артерии. Минимални стойности са измерени в почвата от повърхностния и средния хоризонт на **ПП 1** (съответно 2 и 9 mg/kg), както и в средните и дълбоките хоризонти на **ПП 3** (съответно 2 и 9 mg/kg). Максимални количества мед са регистрирани в площадката **PR 9** (57 mg/kg), следвана от площадки **ESE 2** (46 mg/kg), **TVAW 7,5SU** (42 mg/kg) и **ТНВН 7,5U** (40 mg/kg).

Съдържанието на **никел** в изследваните почвени проби от гр. Пловдив се движи в диапазона 7 – 96 mg/kg, като минималните стойности са отчетени в повърхностния хоризонт на **ПП 1**, а максималните – в площадката **PR 9** (96 mg/kg), площадката **PSU 6** (82 mg/kg) и средния хоризонт на **ПП 2** (87 mg/kg). При почвените профили се доказва нарастваща тенденция в дълбочина при **ПП 1** и намаляваща тенденция в дълбочина при **ПП 3**. При почвите под въздействие на трафика се доказва нарастваща тенденция с отдалечаване от пътното платно при трансектите в площадки **ТНВS U** и **TSPN SU** и намаляваща тенденция при трансектите в площадки **TVAE U** и **ТНВН U**.

В хода на настоящото изследване максимално съдържание на **стронций** е установено в дълбочинните хоризонти на **ПП 1** (150 mg/kg), следвано от площадки **TVAW 25SU** (95 mg/kg), **GSU 4** (86 mg/kg) и **PSU 7** (82 mg/kg). Минимално съдържание на стронций показват почвите от средните и дълбоките хоризонти на профил **ПП 2**, както и площадката **PSU 4** (23 mg/kg), следвани от **ТНВН 25U** (24 mg/mg).

Изследваните почви имат сравнително високо съдържание на **олово** като стойностите се движат в диапазона от 11 mg/kg (**ПП 1 100-150 cm**) до 203 mg/kg (**ESE 2**). Максималната стойност е отчетена в почвите на изхода за гр. Асеновград и двукратно надвишава най-високите нива, измерени в града – 123 mg/kg в почвите от площадката **TVAW 25SU** и 117 mg/kg в площадката **ТНВS 50 U**. По отношение на почвите, подложени на емисии от трафика, се доказва нарастваща тенденция по трансект за почвите от площадката **TVAE SU** и намаляваща тенденция при площадки **TSPS SU**, **TSPN SU**, **TVAW SU**, **ТНВН U**. При почвените профили се наблюдават по-високи нива

на Рb в средните хоризонти, следвани от повърхностните, а най-ниски нива се отчитат в дълбочинните хоризонти.

При анализа на съдържанието на **ванадий** в изследваните почви максимумът от 91 mg/kg е отчетено в площадка **PR9** (буферната зона на Парк „Отдих и култура“), докато най-ниската стойност (19 mg/kg) е регистрирана в площадка **TVAW 50SU**. Като цяло, почвите от изследваните паркови площи показват достоверно по-високо средно ниво на ванадий (56 mg/kg) в сравнение с останалите – 40 mg/kg средно за почвите покрай пътни артерии, 46 mg/kg средно за почвите покрай изходите на града, 47 mg/kg средно за малките зелени площи, 48 mg/kg средно за почвените профили.

В хода на настоящото изследване е доказано достоверно по-високо съдържание на **хром** (53 mg/kg) в почвите от големите паркови площи в сравнение с останалите категории, включително и почвите, намиращи се при утежнени екологични условия (32 mg/kg). Получените резултати от измерванията варират в диапазона от 14 mg/kg (**ТHBN 50 U**) до 97 mg/kg (средните хоризонти на **ПП 2**). Нарастваща тенденция в количеството хром се доказва за почвите от трансект **ТHBS 7,5 U** и за **ПП 1**, а намаляваща – за почвите от трансект **ТHBN 7,5U**.

Количеството на **кадмий** в изследваните почви от град Пловдив е най-ниско в пробите от почвените профили, където средното съдържание е около 0,11 mg/kg, а тенденцията е към намаляване в дълбочина. При останалите пробни площадки, ниски са стойностите в почвите от **ENW 4** (0,15 mg/kg), **GSU 7** (0,16 mg/kg) и **TVAW 7,5SU** (0,17 mg/kg). Многократно по-високо съдържание е регистрирано в площадка **ESE 2** (3,15 mg/kg), следвана от площадката **TVAE 7,5SU** (1 mg/kg). По отношение на почвите под въздействието на трафика, се доказва нарастваща тенденция по трансект **TVAE SU** и намаляваща тенденция при почти всички останали трансекти.

Уранът в изследваните почви от парковите площи в гр. Пловдив се движи в диапазона от 2,0 mg/kg (**PSU5**) до 5,8 mg/kg (**PR9**), средна стойност 3,18 mg/kg. В останалите характерни обекти нивото на уран в почвите е достоверно по-ниско – 1,91 mg/kg в почвите покрай пътни артерии, 2,1 mg/kg в почвените профили, 2,2 mg/kg покрай изходите на гр. Пловдив и 2,3 mg/kg в почвите от малки зелени площи. Нарастваща тенденция в дълбочина се доказва за **ПП 1**, а намаляваща – за **ПП 2**.

Съдържанието на **арсен** в изследваните почви също е достоверно по-високо в почвите от големи паркови площи със средна стойност от 4,99 mg/kg и достоверно по-ниско в почвите под въздействие на трафика (3,76 mg/kg) в сравнение с останалите пробни площадки. Минимална стойност е регистрирана в повърхностния хоризонт на **ПП 1** (1,1 mg/kg), следвана от площадката **TVAE 50SU** (2,0 mg/kg). Максимумът е отчетен в средния хоризонт на **ПП 2** (8,0 mg/kg), следван от площадки **PR9** (7,1 mg/kg) и **TVAW 7,5SU** (5,6 mg/kg). Нарастваща тенденция се доказва в дълбочина на почвения профил **ПП 1**, а намаляваща – по трансект **TVAW SU**.

Таблица 2. Съдържание на потенциално токсични елементи и тежки метали в изследваните почви от гр. Пловдив

	V	Cr	Fe	Mn	Ni	Cu	Zn	As	Sr	Cd	Pb	U
	mg/kg	mg/kg	%	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
Паркови почви	55,86± 3,46	52,96± 3,53	1,52± 3,06	632,32± 1,69	44,86± 3,54	31,31± 3,27	79,14± 3,68	4,97± 3,65	49,55± 3,45	0,45± 3,87	46,48± 2,86	3,17± 3,35
Почви от малки зелени площи	45,04± 3,59	39,17± 3,59	1,16± 2,99	571,07± 1,78	27,65± 3,59	29,2± 3,31	104,19± 3,51	4,27± 3,59	58,22± 2,92	0,49± 3,59	44,1± 2,84	2,36± 3,59
Почви покрай градски пътни артерии	39,98± 2,28	32,85± 3,31	1,79± 2,66	517,26± 2,22	34,64± 2,98	30,73± 3,28	95,59± 3,09	3,76± 4,16	42,03± 2,37	0,41± 8,78	48,08± 1,86	1,9± 1,91
Почви покрай изходни пътни артерии	46,86± 3,64	43,54± 3,64	1,15± 2,86	466,87± 1,58	29,23± 3,64	25,01± 3,22	95,93± 3,71	4,22± 3,64	39,6± 3,31	0,74± 3,64	54,22± 3,06	2,22± 3,64
Средно за гр. Пловдив	46,93± 3,25	42,13± 3,52	1,41± 2,89	546,88± 1,82	34,09± 3,44	29,06± 3,27	93,71± 3,5	4,31± 3,76	47,35± 3,01	0,52± 4,97	48,22± 2,66	2,41± 3,12
ПК по Наредба №3 от 2008 г.		90			60	50	110	15		0,6	40	
МДК по Наредба №3 от 2008 г.		200			100	300	400	25		8	200	

ПК – „Предохранителна концентрация“ е съдържание на вредно вещество в почвата в mg/kg, превишаването на която не води до нарушаване на почвените функции и до опасност за околната среда и човешкото здраве.

МК – „Максимално допустима концентрация“ е съдържание на вредно вещество в почвата в mg/kg, превишаването на която при определени условия води до нарушаване на почвените функции и до опасност за околната среда и човешкото здраве.

Всички измерени концентрации на посочените елементи са значително по-ниски от регламентираните максимално допустими концентрации (МДК) в почви на паркове и населени места съгласно „Наредба №3 от 1 август 2008 г. за нормите за допустимо съдържание на вредни вещества в почвите“, тоест не представляват опасност за околната среда и човешкото здраве (Табл. 2). Единствено при оловото е установено съвсем слабо превишаване на МДК в почвите от площадка **ESE 2**, където е регистрирана стойност от 203 mg/kg. Тази площадка се намира на изхода от гр. Пловдив в посока към гр. Асеновград, така че може да се допусне обогатяване с олово под въздействие на емисии от „КЦМ 2000“ АД при подходяща посока на ветровете.

Във вътрешността на града се констатира превишения на предохраниелните нива за съдържание на олово в градски почви – средна стойност за град Пловдив е 48,1 mg/kg. Най-засегнати са почвите покрай бул. „Васил Априлов“, особено по трансектите **TVAE SU** и **TVAW U**. Предохранителните стойности за елементите кадмий и цинк също са превишени в площадка **ESE 2** (3 – 5 пъти) и в посочените трансекти (1,2 – 1,5 пъти), особено в почвите непосредствено край пътя (Табл. 2).

5.4. Анализ на състава и структурата на микроорганизмите съобщества в изследваните градски почви

Микробиотата на градската почва е ключов компонент на градските екосистеми. Бактериалните съобщества участват в различни почвени процеси, като разграждане на органични вещества, образуването на хумус, отделяне на хранителни вещества, азот фиксация и поради тези си характеристики оказват силно влияние върху почвените характеристики и плодородие. Същевременно, микробиологичните и биохимичните почвени показатели показват висока чувствителност не само към въздействието на абиотични и биотични фактори, но и в зависимост от насоките в управлението на почвените ресурси (Salazar et al., 2011). Следователно, те се явяват надеждни индикатори за екологичното състояние и за качеството на почвата (Малчева, 2020; Burylo et al., 2007).

За разлика от физико-химичните показатели, микроорганизмите са по-удачни за установяването на аномалии в почвените свойства чрез промени в състава и структурата на техните съобщества. Един от важните компоненти на почвения профил е броят на различните видове микроорганизми, тяхната ензимна активност (Малчева, 2020; Dec, 2014), съотношението бактерии/плесенни гъби и присъствието на индикатори за фекално-битово замърсяване като фекални колиформи (FC), фекални ентерококи (FS) и *Escherichia coli* (Song et al., 2015; Nogueira et al., 2016; Malik et al., 2016).

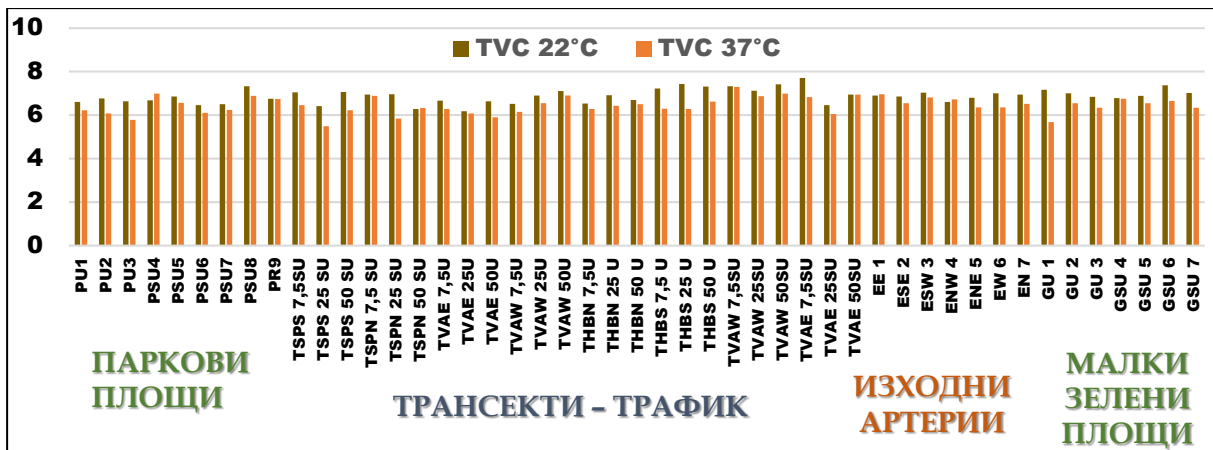
Общият брой на хетеротрофните микроорганизми, определен чрез култивиране при 22°C (TVC22) се явява индикатор за степента на натоварване на средата с лесно усвоима органична материя, а при 37°C (TVC37) – за наличие на органично замърсяване.

Числеността на TVC22 в повърхностния почвен слой варира от 304×10^4 (TVAE 25SU) до 648×10^5 (ENW 4) cfu.g⁻¹ суха почва като най-голямо натоварване с лесно усвоима органична материя се открива на изходите на град Пловдив. Броят на TVC37 е в границите 16×10^4 (TSPS 25SU) – 167×10^5 (TVAW 7,5SU) cfu.g⁻¹ суха почва. Най-високи стойности са отчетени при изходите за Пещера и Пазарджик, освен за TVC22, така и за броя на актиномицетите. В зоните на изследване, разположени в големите градски паркове, органичното замърсяване е най-ниско, като минимални стойности на общия брой хетеротрофи при 37°C са отчетени в парковете край ул. „Капитан Райчо“ GU 1 и в парк „Дондукова градина“ PU 3 – 48×10^4 cfu.g⁻¹ и 60×10^4 cfu.g⁻¹ съответно. Не се отчитат достоверни разлики нито между изследваните пробни площадки, нито между стойностите от всяка отделна площадка във времето (периода 2017 – 2018 г.) (Фиг. 6).

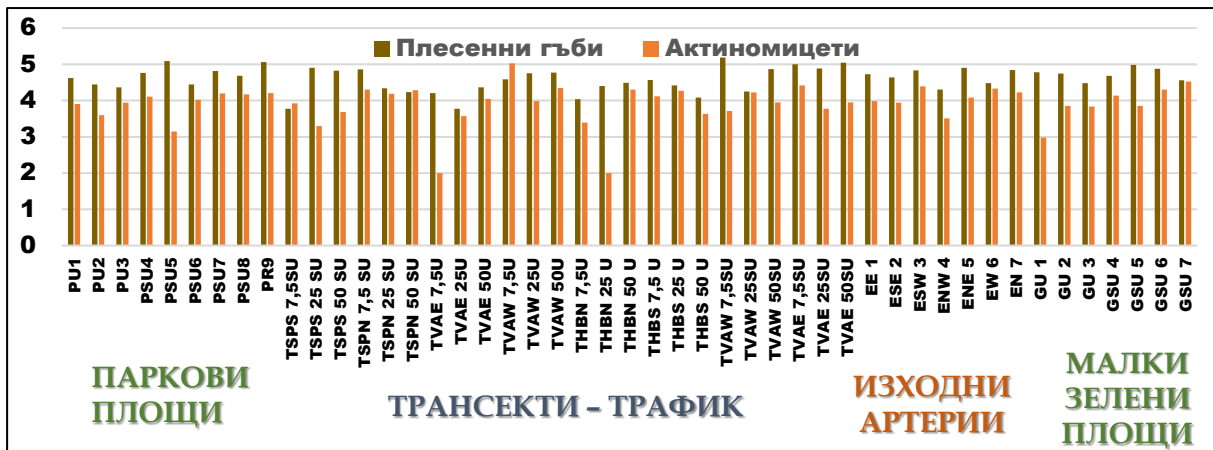
Плесените са важен почвен компонент, тъй като участват активно в разграждането на органични съединения. Получените резултати през 2017 г. показват по-голяма съотношение бактерии : плесени, указващо съществено влияние върху усвояването на органичната материя. Най-ниски стойности са отчетени в парк „Каменица“ и парк „Бунарджик“ – запад – 4×10^3 cfu.g⁻¹ суха почва, а най-високи – в почвените проби от зелените площи около ЖП гарата в квартал „Тракия“ – 3×10^5 cfu.g⁻¹ суха почва. По-слабото развитие на плесените е следствие на по-ниската почвена влажност поради горещите летни дни. Плесенните гъби имат есенен максимум в количеството на общата микрофлора, свързан с постъпването на свежи органични вещества през сезона. През 2018 г. плесенните гъби неколккратно надвишават броя на актиномицетите във всяка площадка по построените трансекти, като най-ниска стойност е отчетена в почвите в близост до пътното платно при трансекти TVAЕ U и THBN U (6×10^3 cfu.g⁻¹ суха почва), а най-висока – при трансекти TVAW SU и TVAЕ SU (153×10^3 cfu.g⁻¹ суха почва) (Фиг. 7).

Актиномицетите са важен биоиндикатор и по тяхната численост може да се определи антропогенния натиск. Количествот им варира в границите 107×10^3 cfu.g⁻¹ при площадка THBN U до 100 cfu.g⁻¹ при почвата от площадка TVAW U. При парковите площи броят на актиномицетите при парк „Лаута“ PSU 5, както и в парка на ул. „Капитан Райчо“ PSU 8, е най-нисък в сравнение със всички изследвани площадки от тази група. Това може да се дължи както на структурата на почвата, така и на по-висока влажност, която благоприятства развитието на плесенни гъби. Не се отчитат достоверни разлики при отчетените резултати за двете години.

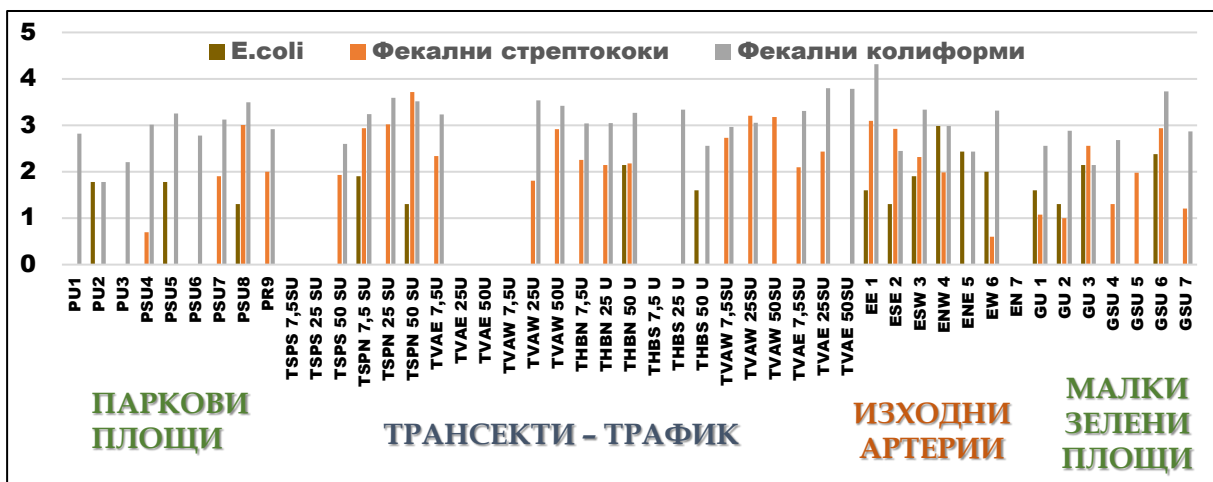
През 2018 г. при изхода за град София ENW 4 се отчитат най-ниски нива както на плесенните гъби (200×10^2 cfu.g⁻¹), така и на актиномицетите ($32 \times 10_2$ cfu.g⁻¹). Не се отчита никакво органично замърсяване при изхода за град Карлово EN 7, а ниско се отчита при изходите за град Брезово ENE 5 и Асеновград ESE 2. Не се отчитат достоверни разлики със данните от предходната изследвана година.



Фиг. 6. Съдържание на общ брой хетеротрофни микроорганизми (\log_{10} cfu.g⁻¹) в почвата от изследваните характерни обекти



Фиг. 7. Съдържание на плесенни гъби и актиномицети (\log_{10} cfu.g⁻¹) в почвата от изследваните характерни обекти



Фиг. 8. Съдържание на патогенни колиформи и стрептококи (\log_{10} cfu.g⁻¹) в почвата от изследваните характерни обекти

По отношение на патогенните микроорганизми, през 2017 г. в почвите покрай изходите за гр. Карлово, Асеновград, Пазарджик, Брезово, както и в парковете „Бунарджик“, Парк „Каменица“, Парк „Ружа“, Парк „Цар Симеоновата градина“ и парк „Дондукова градина“, парковете край бул. „Цариградско шосе“ и бул. „Княгиня Мария Луиза“, числеността на *E. coli* и фекалните ентерококи е по-малко от 20 cfu.g^{-1} , което говори за липса на замърсяване от човешки или животински произход. Във вътрешността на парковете на ул. „Свобода“ и на бул. „Санкт Петербург“, както и в региона на Езикова гимназия „Пловдив“, се наблюдава повишаване на тези показатели (Фиг. 8). През 2018 г. се наблюдава редукция на броя на фекалните колиформи (FC) и ентерококи (FS), както липса на *E. coli*, което може да се дължи на моментно замърсяване през 2017 година.

Може да се обобщи, че урбанизацията оказва значително влияние върху състоянието на почвите в гр. Пловдив. Един от подходящите индикатори за оценка на това въздействие е числеността на бактериите и плесените. Антропогенното влияние намалява към изходите на града, където се наблюдава липсва на замърсяване от човешки или животински произход и завишаване на броя на хетеротрофните микроорганизми. Освен тези показатели трябва да се вземе предвид сезона на пробовземане, тъй като той също оказва съществено влияние върху изследваните фактори. След повторно изследване на почвения материал се доказва, че няма достоверни различия между двете години за изследване за общия брой микроорганизми при 22°C и 37°C . Отново се регистрира намаляване на антропогенния натиск към изходите на града, както и липса на замърсяване от човешки или животински произход. Същата тенденция може да се проследи и при част от парковете с надградско и общоградско значение и другите зелени площи.

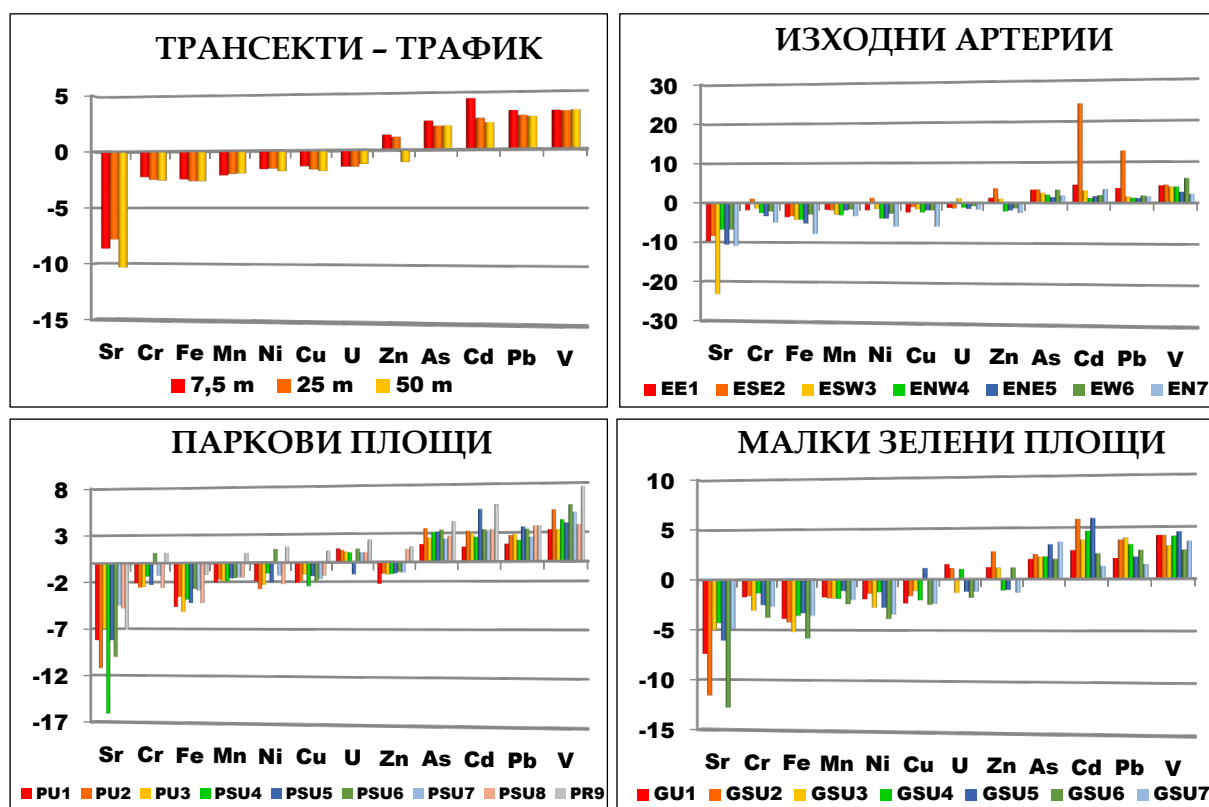
5.5. Анализ на източниците и факторите, повлияващи разпределението на тежки метали и токсични елементи в изследваните градски почви

Прилагането на геохимичния подход има редица предимства пред еко-токсикологичните подходи при оценката на качеството на компонентите на околната среда, в частност – при оценка степента на замърсяване на почвите (Куйкин, 2003). Фоновото съдържание на елементите е основен геохимичен стандарт за качество на околната среда при еколого-геохимичните оценки. Кларковете, изчислени като средни съдържания общо за земната кора, за отделните ѝ слоеве и компоненти на околната среда, са обективни справочни стойности – геохимични стандарти за концентрациите на елементите, при които съществува животът на Земята. Кларковите съдържания на химичните елементи служат като еколого-геохимичен стандарт за условията на обитаване на живите организми, вкл. човека, в биосферата (Куйкин, 2003).

От анализа на изчислените кларки на концентрация и кларки на разсейване добре проличава, че елементът **стронций е с литогенен произход** в

почвите от всички изследвани характерни обекти. По отношение на елементите хром, желязо, манган никел и мед също се доказва литогенен произход с изключения в единични обекти. Антропогенно привнесени количества мед се установяват в зелените площи в двора на Езикова гимназия-Пловдив. Хром и никел от антропогенни източници се доказват в почвите покрай изходните артерии за Асеновград, а също и почвите на Парк „Ружа“ (район Западен). Внесени количества на хром, манган, никел и мед се регистрират и в почвените проби от Парк „Отдих и култура“.

За елементите уран и цинк също се доказва двойствен произход в по-голяма част от изследваните почви. При почвите под въздействие на емисии от трафика не се доказва антропогенен привнос на уран, но при цинка много ясно личи как с отдалечаване от пътното платно това въздействие затихва (Фиг. 9). При всички почви от големите паркови площи (освен Парк „Лаута“), при почвите от малки зелени площи в Централната градска част и почвите покрай двете ЖП гари се констатира привнос на уран, а при последните – и на цинк (Фиг. 9). По отношение на останалите елементи – арсен, кадмий, олово и ванадий, във всички изследвани характерни обекти се доказва антропогенен произход.



Фиг. 9. Геохимичен спектър на изследваните елементи в почвите от характерни обекти от град Пловдив

При площадките от трансектите за оценка въздействието на трафика правят впечатление повишените концентрации на асоциацията от елементите V-Pb-Cd (КК=3 – 4). И при трите елемента най-високите стойности са

в най-близко разположените до пътя площадки (7,5 m), а с отдалечаване от пътя концентрациите намаляват. Подобна е и тенденцията при As – с относително по-високи стойности на КК=2 – 2,5 (Фиг. 9).

При почвените проби от площадки покрай изходните артерии прави впечатление изходът за гр. Асеновград с асоциацията от елементите Cd-Pb-V-Zn-As (КК=3,6 – 27), към която с по-ниски кларки се присъединяват Ni-Cr (КК=1,5 – 1,6) (Фиг. 9). Високият фактор на обогатяване на почвите с посочените елементи се дължи на емисии от намиращият се в тази посока комбинат за цветни метали „КЦМ 2000“ АД. При изхода за гр. Хасково също се регистрира подобна асоциация – Cd-Pb-V-As (КК=3,2 – 4,6).

Геохимичните спектри на почвите от паркови площи показват, че в най-голяма степен подложени на антропогенен привнос на As, Pb, Cd и V са почвите от парковете с общоградско и надградско значение като Парк „Отдых и култура“, Парк Лаута“ и Парк „Бунарджик“ (КК=2,5 – 5,1) (Фиг. 9).

При корелационния анализ въз основа на резултатите от анализиранияте почвени проби са открити общо 40 положителни корелационни връзки между концентрациите на тежки метали и токсични елементи (Табл. 3). Най-много корелации са установени при Ni (с 10 от останалите 11 елемента), следван от Cr (с 9 елемента), от As и Cu (с 8 химични елемента), както и Fe и Mn (със 7 елемента). Единствено при Sr не са доказани абсолютно никакви взаимовръзки с останалите химични елементи. Тези резултати ни дават основание да предположим, че в района на нашето изследване между посочените елементи съществува синергизъм и вероятно са с общ произход. Рециди публикации посочват, че Fe се отделя от спирач на автомобилите, Pb и Cd – от ауспуховите газове, V – от различни сплави (Maher et al., 2008).

Таблица 3. Корелационен анализ между изследваните микробиологични индикатори и съдържанието на някои елементи в почвите на гр. Пловдив ($p < 0,05$)

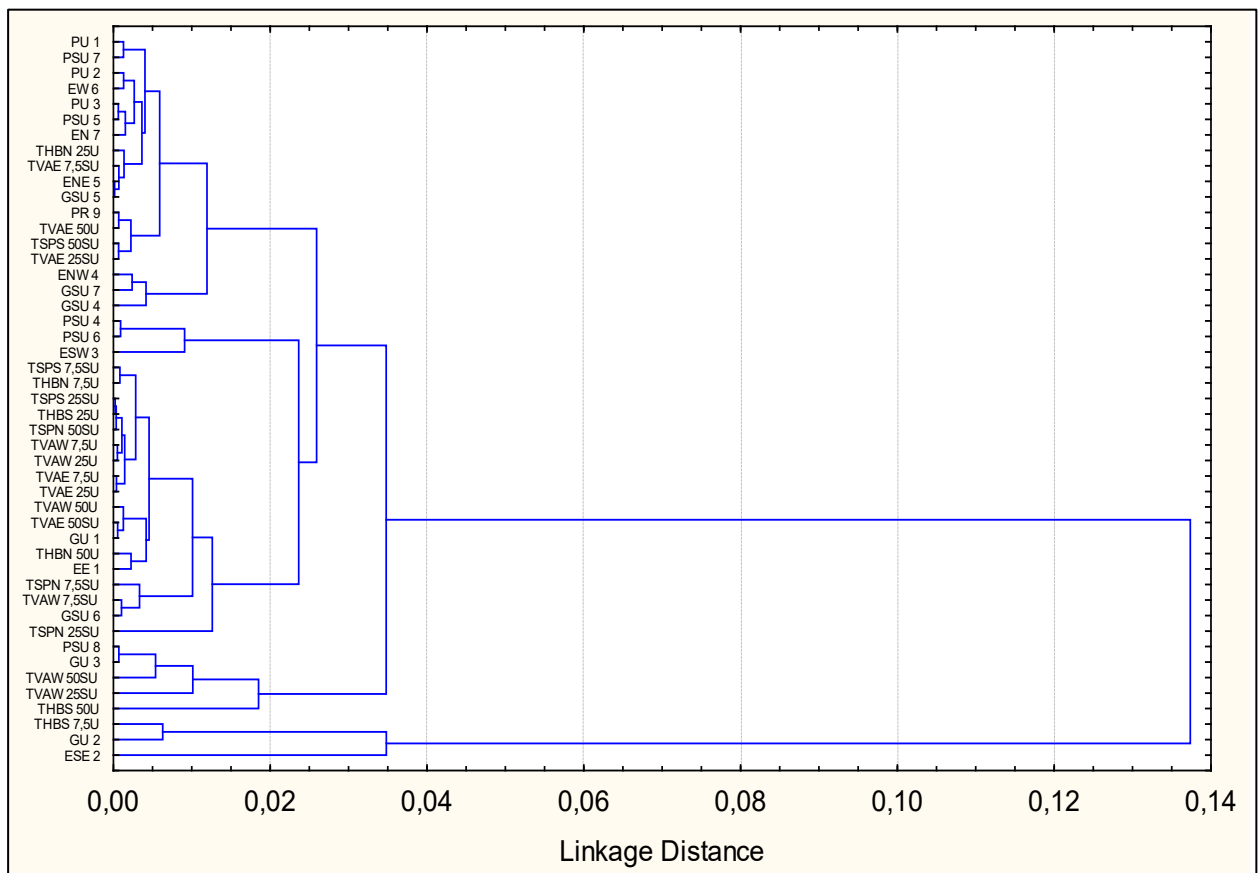
Variable	Mn	Zn	Pb	Cr	Cu	Cd	TVC22	TVC37	FC	FS	<i>E. coli</i>	Fungi
Mn	1,00											
Zn	-0,54	1,00										
Pb	-0,18	0,56	1,00									
Cr	0,08	0,33	0,57	1,00								
Cu	-0,12	0,78	0,63	0,18	1,00							
Cd	-0,48	0,88	0,67	0,33	0,76	1,00						
TVC22	-0,06	0,15	-0,25	0,17	-0,03	0,01	1,00					
TVC37	-0,22	0,16	0,07	0,25	-0,04	0,15	0,86	1,00				
FC	-0,10	0,14	0,33	0,62	-0,07	0,11	0,36	0,42	1,00			
FS	-0,46	0,50	0,65	0,50	0,31	0,30	-0,06	0,08	0,58	1,00		
<i>E. coli</i>	-0,28	0,37	0,83	0,54	0,36	0,34	-0,21	0,06	0,58	0,91	1,00	
Fungi	-0,14	-0,30	-0,20	0,30	-0,48	-0,09	0,32	0,39	0,29	-0,20	-0,17	1,00

Корелационният анализ не доказва взаимовръзка между общия брой хетеротрофни микроорганизми и присъствието на тежки метали в почвата

(Таблица 3), въпреки че в литературата се посочват значими негативни въздействия при продължителна тежкометална експозиция (Sobolev & Begonia 2008; Xie et al., 2016). Вероятно обяснение на този факт би могло да се търси в разликите между измереното съдържание на тежки метали в почвите при настоящото изследване и многократно по-високите нива при цитираните изследвания. Взаимовръзка е доказана по отношение на хумусното съдържание и почвената микробиота ($p < 0,05$).

Положителни корелационни връзки се доказват между патогенните микроорганизми, като броят на *E. coli* корелира положително с количеството на фекалните колиформи и фекалните стрептококи. Подобни резултати се съобщават и от други автори (De Corato, 2020). Положителни корелации се доказват между съдържанието на олово и патогенните фекални стрептококи и *E. coli*, съобщено преди това и от Наскова и кол. (2017).

При клъстер анализа на изследваните характерни обекти въз основа на регистрираните нива на тежки метали и токсични елементи в тях се доказва, че най-отдалечена от всички е площадка ESE 2, разположена на изхода от гр. Пловдив в посока към гр. Асеновград. За тази площадка и в предходните анализи се потвърди значително по мащаби и различно по характер антропогенно въздействие, а именно емисии от „КЦМ 2000“, които значително повлияват почвените свойства и характеристики (Фиг. 10).



Фиг. 10. Клъстерен анализ на изследваните почвени проби от характерни обекти

Към тази площадка се присъединяват почвите от района на централна ЖП гара (GU 2) и разположената в близост до нея площадка THBS 7,5U. Почвите в тези две площадки са изложени също на специфични антропогенни въздействия, комбиниращи емисиите от автомобилния трафик с емисиите от жп транспорта, което обяснява и групирането им в отделен клъстер.

Всички останали пробни площадки влизат в една голяма група, която от своя страна се подразделя на няколко подгрупи. Първата подгрупа показва близостта между PSU 8 (Парк Каменица) и GU 3 (Парк на бул. „Княгиня Мария Луиза“), и двете разположени в Централната градска част, към които постепенно се присъединяват някои от по-отдалените площадки по трансектите на бул. „Васил Априлов“ и бул. „Христо Ботев“. На следващото ниво се отделят две по-големи подгрупи, всяка от които се разпада на по-малки клъстери. Обща тенденция е, че в едната група попадат основно площадките от построените трансекти за оценка въздействието на трафика върху състоянието на почвите, а в другата подгрупа попадат основно почвите от големите паркове и малките зелени площи.

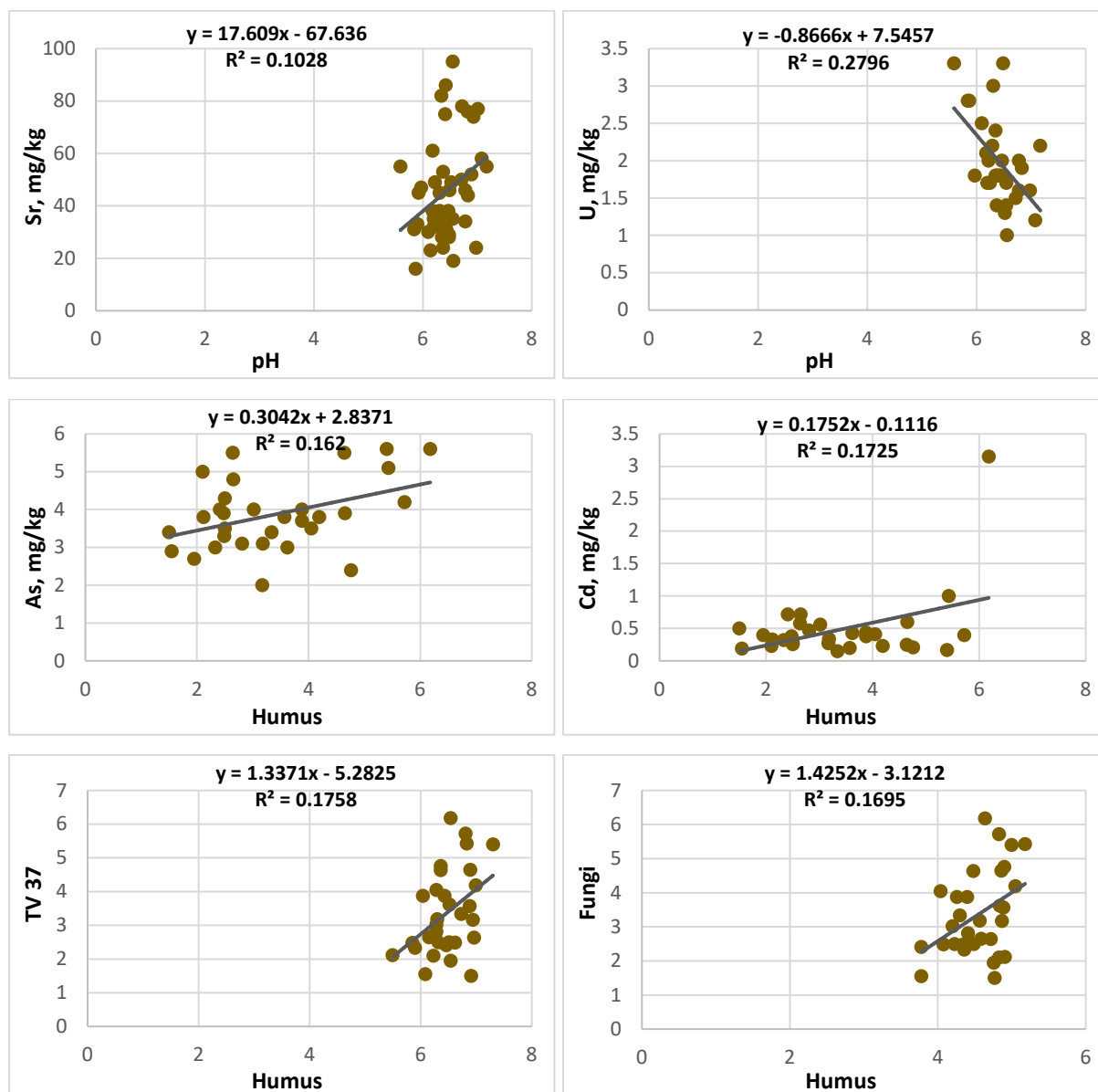
Тази дендрограма за пореден път потвърждава, че характерът и интензитетът на антропогенните въздействия върху почвите има водещо значение за тяхното екологично състояние.

Регресионният анализ е проведен с цел изследване формата и модела на установената корелационна зависимост, както и оценка степента на влияние на факторите върху зависимата променлива чрез определяне значимостта на коефициента на регресия. Представените линейни регресионни модели и уравнения показват, че съществува зависимост по отношение на някои от разглежданите почвени параметри и изменението в даден показател може да бъде обяснено спрямо друг показател.

Линейна регресионна зависимост е доказана между реакцията на почвата и съдържанието на стронций и уран (Фиг. 11). Стойността на коефициента на детерминация при стронция $R^2 = 0,103$ и показва, че 10,3% от общата дисперсия на елемента стронций може да се обясни с дисперсията на фактора рН. Останалите 89,7% се дължат на невключени в модела фактори. Стойността на коефициента на детерминация при урана е $R^2 = 0,280$, което показва, че 28% от общата дисперсия на съдържанието на уран в почвата може да се обясни с дисперсията на фактора рН. Останалите 72% се дължат на невключени в модела фактори.

Построени са и регресионни модели, отразяващи връзката между запасеността на почвата с хумус и съдържанието на арсен и кадмий (Фиг. 11). Стойността на коефициента на детерминация при арсен е $R^2 = 0,162$ и показва, че 16,2% от общата дисперсия на количеството As в почвата може да се обясни с дисперсията на фактора запасеност с хумус. Останалите 83,8% се дължат на невключени в модела фактори. Стойността на коефициента на детерминация при кадмий е $R^2 = 0,173$ показва, че 17,3% от общата дисперсия

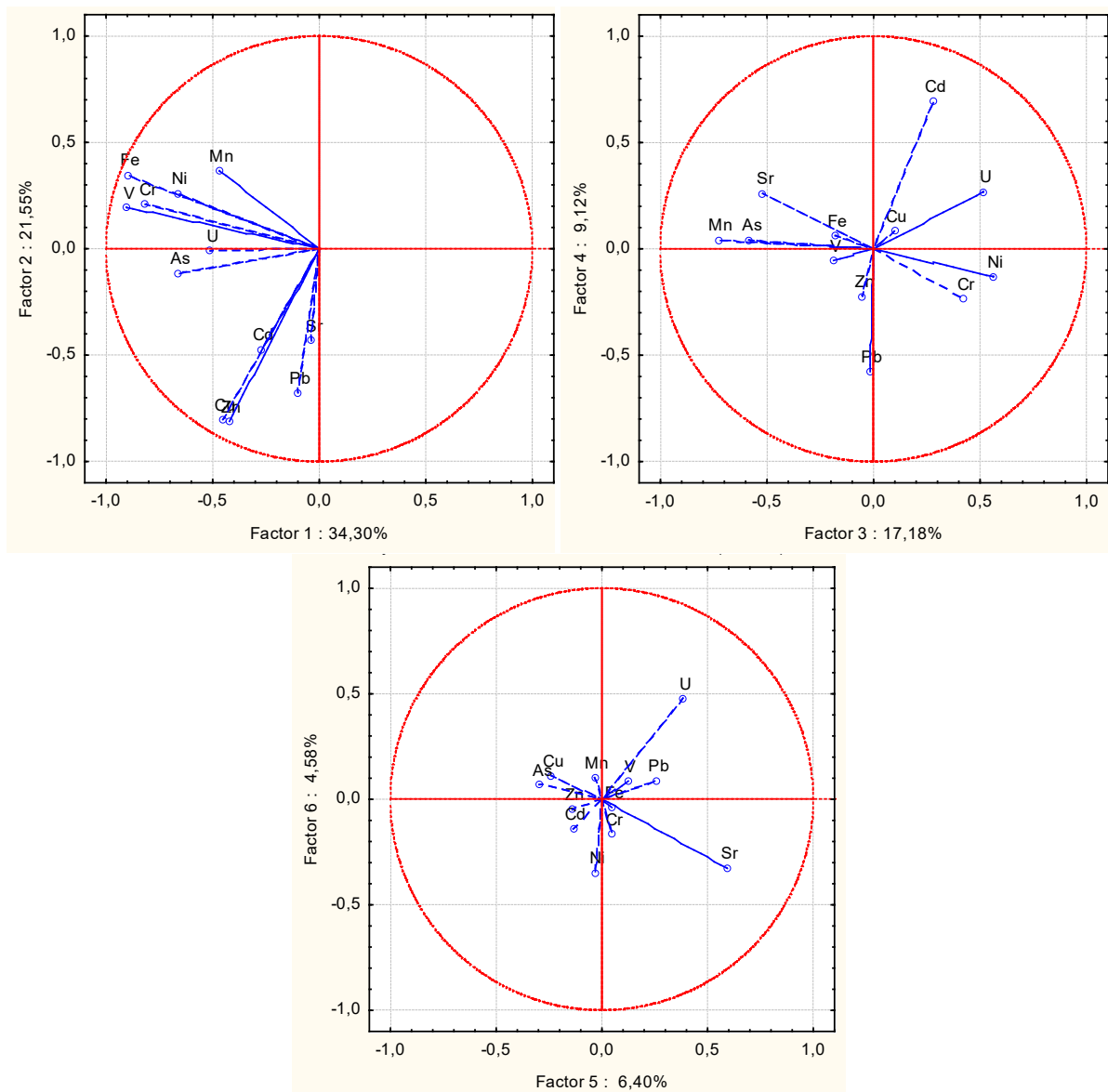
на съдържанието на Cd може да се обясни с дисперсията на хумуса. Останалите 82,7% се дължат на невключени в модела фактори.



Фиг. 11. Линейни регресионни модели на зависимостите между почвените параметри в изследваните характерни обекти

Линейни регресионни модели за връзката между хумус и почвени микроорганизми също са представени на Фиг. 11. Стойността на коефициента на детерминация при хететрофните микроорганизми е $R^2 = 0,177$, което показва, че 17,7% от общата дисперсия на резултативния признак (TV 37) може да се обясни с дисперсията на фактора Humus. Останалите 82,3% се дължат на невключени в модела фактори. Стойността на коефициента на детерминация при почвените гъби $R^2 = 0,170$ показва, че 17% от общата дисперсия на резултативния признак (Fungi) може да се обясни с дисперсията на фактора Humus. Останалите 83% се дължат на невключени в модела фактори.

Последната част от статистическата обработка на резултатите включва прилагането на многофакторен статистически анализ с оглед идентифициране на поведението на елементите в отделните почвени проби, взаимовръзките между тях и разграничаване на групи с различно поведение, показващи различни източници и фактори на въздействие (Фиг. 12). Анализът на главните компоненти (РСА) е многофакторен статистически метод, при който всеки основен (главен) компонент е линейна комбинация от изходните променливи. Този метод се използва при едновременното изследване на няколко фактора и обяснява дисперсията в данните в процеса на редукцията им до няколко несвързани помежду си компонента (фактори).



Фиг. 12. Многофакторен анализ (РСА) на факторите, влияещи върху разпределението на тежки метали и токсични елементи в изследваните почви от гр. Пловдив

Приложеният метод включва 6 фактора:

- 1) „Местоположение на площадката“ с категории централна зона и жилищна зона;
- 2) „Отстояние от пътното платно“ с категории 7,5 m, 25 m, 50 m;
- 3) „Произход на елементите“ с категории литогенен (фоново ниво) и антропогенен;
- 4) „Роза на вятъра“;
- 5) „Физико-химични параметри на почвите“;
- 6) „Други антропогенни дейности“.

С най-голяма значимост от тях (Factor 1 = 34,40%) се доказва, че е „Произходът на елементите“ – фоново ниво за почвите в изследвания район, следван от „Отстоянието от пътя“ (Factor 2 = 21,55%) и „Местоположението на площадката“ (Factor 3 = 17,18%). Значително по-слабо въздействие върху разпределението на изследваните тежки метали и токсични елементи в почвите имат „Розата на ветровете“ за Пловдив (Factor 4 = 9,12%), „Други антропогенни дейности“ освен транспорта (Factor 5 = 6,40%) и „Физико-химичните параметри“ на почвите (Factor 6 = 4,58%).

6. ИЗВОДИ

1. Антропогенизираните почви от трите представителни почвени профила показват характерните особености на урбанизираните почви – тип урбаногенни (Urbic antrosols). Характеризират се с увеличена пясъчна и скелетна фракция, влошено структурно състояние, намалено съдържание на хумус, повишени стойности на рН, значително намалена биогенност и микробиологична активност, като се установяват и промени в структурата на организмовите съобщества.

2. По отношение на електропроводимостта са установени достоверно по-високи стойности в почвите, повлияни в по-значителна степен от транспорт и мероприятия по поддръжка на зелените площи. При почвите от парковете и малките зелени площи на територията на гр. Пловдив, както и при почвите покрай изходните артерии, са доказани по-високи нива на почвено органично вещество и хумус.

3. Превишения на предохранителните концентрации (Наредба №3/2008) за олово, кадмий и цинк се установяват в почвите при утежнени екологични условия (трафик), особено в непосредствена близост до пътното платно. Превишения на предохранителните концентрации (Наредба №3/2008) и целевите концентрации (VROM, 2000) за хром, никел и мед се установяват в почвите от обекти в паркова обстановка.

4. Урбанизацията оказва значително влияние върху екологичното състояние и биологичните процеси в почвите на гр. Пловдив, като антропо-генният натиск намалява към изходите на града. Количествените индекси на

микробната биомаса и съотношенията между тях са важни отличителни белези на урбанизираните почви и могат да намерят приложение като критерии за тяхната екологична оценка.

5. Геохимичните спектри на изследваните почвени проби от гр. Пловдив разкриват, че за присъствието на Sr, Cr, Fe, Mn, Ni, Cu и U в градските почви водещо значение има геохимичния състав на почвообразуващите скали, докато за елементите Pb, V, Cd и As основният фактор е антропогенната дейност. Единствено при Zn се доказва двойствен произход – лито/педогенен и антропогенен в зависимост от местоположението.

6. Водеща роля за съдържанието и разпределението на елементите в градските почви играе регионалното фоново ниво, следвано от отстоянието от пътното платно и типът на градската зона. Регионалният геохимичен фон може да послужи като база за изработване на хигиенни норми за качество на компонентите на околната среда, а местният геохимичен фон – за оценката на конкретните геохимични аномалии (природни и антропогенни).

7. Екологичното им състояние на изследваните почви от гр. Пловдив се определя като добро по отношение на потенциално токсични елементи, т.е. не са констатирани нарушения на почвените функции и опасности по отношение на околната среда и човешкото здраве. Ретроспективният анализ показва нарастваща тенденция при елементите олово, мед и кадмий в почвите от централната градска част и почвите от защитените територии.

7. ПРИНОСИ

1. За пръв път са проведени систематизирани комплексни проучвания върху екологичното състояние на почвите в гр. Пловдив, включващи анализи на физични, физико-химични, химични и микробиологични параметри.

2. За пръв път са проведени ландшафтно-геохимични изследвания и са представени геохимични спектри на потенциално токсични елементи в почвите на град Пловдив.

3. Идентифициран е произходът на потенциално токсични елементи в почвите и са ранжирани факторите, определящи тяхното поведение и миграция в градската среда.

4. В резултат от комплексните проучвания са открити градски зони с по-силно повлияни почвени характеристики и изменени свойства на микробните съобщества.

5. Приложеният комбиниран подход при настоящото изследване и предложените критерии (геохимични, микробиологични и др.) могат да се използват успешно за оценка екологичното състояние на почвите в други големи населени места.

Получените резултати в хода на дисертацията ще бъдат предоставени на Община Пловдив и ще поставят основата за създаване на оригинална база данни за почвите в град Пловдив.

Резултатите от настоящето изследване могат да намерят приложение при разработване и прилагане на стратегии за контрол на количеството и миграцията на потенциално опасни елементи в градската среда, както и за устойчиво управление на качеството на почвите в гр. Пловдив.

8. ПУБЛИКАЦИИ И УЧАСТИЯ В НАУЧНИ ФОРУМИ, СВЪРЗАНИ С ДИСЕРТАЦИОННИЯ ТРУД

• Публикации

1. Petrova S., B. Nikolov, I. Velcheva, M. Yankova, E. Kogan, E. Zheleva, E. Valcheva, A. Alexandrov, M. Marhova, M. Tsankova, I. Iliev. Dynamics of soil properties under a pollution gradient in urban areas (Plovdiv, Bulgaria). Scientific Papers, Series A. Agronomy, 2018, Volume LXI, No. 1, pp. 109 – 116. ISSN 2285-5785; ISSN CD-ROM 2285-5793; ISSN Online 2285-5807; ISSN-L 2285-5785
2. Nikolov B., I. Velcheva, E. Zheleva, P. Zapryanova, E. Valcheva, T. Bileva, S. Petrova. 2019. Accumulation of heavy metals in the urban soils of Natural monument „Bunardzhik“ (Plovdiv, Bulgaria). Ecologia balkanica, 11(2): 215 – 228.
3. Nikolov B., S. Petrova, I. Velcheva, N. Angelov, E. Valcheva, P. Zapryanova, G. Hristozova, E. Varbanova, D. Georgieva, V. Stefanova. 2020. Macro- and microelements content of urban soils from Plovdiv (Bulgaria). Scientific Papers. Series A. Agronomy, Vol. LXIII, No. 1, 2020, 104 – 111.

• Участия в научни форуми

1. Участие с постер в научен форум: Slaveya Petrova, Bogdan Nikolov, Iliana Velcheva, Mariya Yankova, Emiliya Kogan, Elena Zheleva, Ekaterina Valcheva, Alexandar Alexandrov, Mariana Marhova, Marinela Tsankova, Ivan Iliev. 2018. dynamics of soil properties under a pollution gradient in urban areas (plovdiv, bulgaria). the interntaional conference of the university of agronomic sciences and veterinary medicine of Bucharest “agriculture for life, life for agriculture” 7 – 9 june 2018, Bucharest, Romania.
2. Участие с доклад в научен форум: Nikolov B., I. Velcheva, E. Zheleva, S. Petrova. Content of heavy metals and toxic elements in soils from the park zone of the Natural Monument Bunardzhik. Third Anniversary Scientific Conference on Ecology, 2 – 3 November 2018, Plovdiv, Bulgaria.
3. Участие с постер в научен форум: Nikolov B., I. Velcheva, E. Zheleva, S. Petrova. Analyse of the soil content of some heavy metals and toxic elements in Lauta Park, Plovdiv, Bulgaria. International Scientific Conference Kliment’s Days, 8 – 9 November 2018, Sofia, Bulgaria.
4. Участие с постер в научен форум: International Seminar of Ecology – 2019, Institute of Biodiversity and Ecosystem research – BAS, 18 – 19 April 2019, Sofia, Bulgaria, Nikolov B., S. Petrova I. Velcheva, E. Zheleva, P. Zapryanova, E. Valcheva. Content of heavy metals and toxic elements in soils from the park zone of Nature Monument „Mladezhki halm“. Program and abstracts of International Seminar of Ecology 2019, p. 35.

5. Участие с постер в научна конференция за студенти и млади учени „Екологията начин на мислене – 11“, 11 май 2019 г., Пловдив, Nikolov B., S. Petrova I. Velcheva, E. Zheleva. Analysis of relationships between some heavy metals and toxic elements in soil-plant system.
6. Участие с постер в научна сесия с международно участие „Екология и агротехнологии – фундаментална наука и практическа реализация“, 10 – 11 октомври 2019 г., София „Bogdan Nikolov, Slaveya Petrova, Iliana Velcheva, Violeta Stefanova, Deyana Georgieva, Evelina Varbanova, Penka Zapryanova, Ekaterina Valcheva. 2019. Content of Pb, Cd and Cr in permanent grassland areas exposed to the traffic influence (Plovdiv, Bulgaria)“.
7. Участие с постер в международна конференция CBU International Conference on Innovations in Science and Education, 23 – 25 March 2020, Prague, Czech Republic. Bogdan Nikolov, Slaveya Petrova, Iliana Velcheva, Nikola Angelov, Ekaterina Valcheva, Penka Zapryanova, Gergana Hristozova, Evelina Varbanova, Deyana Georgieva, Violeta Stefanova. Accumulation and mobile forms of some heavy metals in roadside urban soils.
8. Участие с постер в международна конференция Agriculture for Life, Life for Agriculture, 4 – 6 June 2020, Bucharest, Romania. B. Nikolov, S. Petrova, I. Velcheva, N. Angelov, E. Valcheva, P. Zapryanova, G. Hristozova, E. Varbanova, D. Georgieva, V. Stefanova. Macro- and microelements content of urban soils from Plovdiv (Bulgaria).
9. Участие с постер в научна конференция за студенти и млади учени „Екологията начин на мислене – 12“, 1 ноември 2020 г. Николов, Б., С. Петрова, И. Велчева, Е. Желева. Механичен състав, съдържание на органично вещество и хумус в градски почви.
10. Участие с постер в научна конференция за студенти и млади учени „Екологията начин на мислене – 12“, 1 ноември 2020 г., Пловдив, Ангелов Н., Б. Николов, С. Петрова, И. Велчева, Е. Желева, П. Петров, В. Стефанова, П. Запрянова, Г. Христева, Е. Вълчева. Геохимични спектри на някои химични елементи в градски почви.

9. БИБЛИОГРАФИЯ

1. Банов М., Бл. Христов. 1996. Теоретични и практически проблеми при рекултивация на нарушените земи в България. Конференция „Реформи и екологична политика в селското стопанство“, т. 2, стр. 47 – 50.
2. БДС ISO 10390:2011 Качество на почви. Определяне на рН. Достъпен на: <https://bds-bg.org/bg/project/show/bds:proj:84645>
3. БДС ISO 11265:2002 Качество на почвите. Определяне на специфичната електрическа проводимост. Достъпен на: <https://bds-bg.org/bg/project/show/bds:proj:30748>
4. БДС EN ISO 6222:2002 Качество на водата. Определяне на броя на жизнеспособните микроорганизми. Изброяване на колонии чрез посяване в хранителна среда агар (ISO 6222:1999). Достъпен на: <https://bds-bg.org/bg/project/show/bds:proj:29553>
5. БДС EN ISO 9308-1:2014/A1:2017 Качество на водата. Определяне броя на бактерии *Escherichia coli* и колиформни бактерии. Част 1: Метод чрез мембранно филтриране на води с нисък бактериален фон на флората. Изменение 1 (ISO 9308-1:2014/Amd 1:2016). Достъпен на: <https://bds-bg.org/bg/project/show/bds:proj:100421>
6. БДС ISO 14235:2002 Качество на почвите. Определяне на органичен въглерод чрез сулфохромно окисление. Достъпен на: <https://bds-bg.org/bg/project/show/bds:proj:30752>
7. БДС ISO 18400-205:2019 Качество на почви. Вземане на проби. Част 205: Ръководство към процедурата за проучване на природни, близки до природните и обработваеми площи (ISO 18400-205:2018). Достъпен на: <https://bds-bg.org/bg/project/show/bds:proj:109689>
8. Виноградов А. П. (1962). Среднее содержание элементов в главных типах изверженных горных пород. Геохимия №7.

9. Генчева, С. (1995). Класификация и някои особености на антропогенните почви. Дисертация, С., ЛТУ.
10. Генчева, С. (2000). Актуализирана класификация и диагностика на антропогенните почви. I. Класификация на антропогенните почви. – В: Юбилеен сборник научни доклади „75 години лесотехническо образование в България“, секция: „Горско стопанство“. С., ЛТУ, ИК при ЛТУ, 189 – 195.
11. Генчева, Св., Н. Мънкова (2001). Замърсяване с тежки метали на алейни насаждения в урбанизирана среда. Third Balcan Sci. Confer., 2 – 6 Oktober, Sofia, Proc., Vol. 1: 258 – 265
12. Дойчинова, В. 2006. Тежки метали в почви под урбанизирани дъбови екосистеми от Софийски район. ИП „Н. Пушкиров“, София, с. 288.
13. Дойчинова В., М. Жиянски (2013). Проучвания върху характеристики на почви в градски лесопаркове и в естествени горски насаждения от района на град Сандански. Почвознание агрохимия и екология, XLVII, № 2, 68 – 75.
14. Дончева, М. (1987). Защитни функции на дървесната растителност срещу прахово и газово замърсяване. Дисертация. ЛТУ, София, с. 430.
15. Желев Д., Р. Пенин. (2014). Урбоекологични проучвания в Стара Загора. Годишник на СУ, книга 2 География, том 106, 171 – 190.
16. Жиянски, М., В. Дойчинова, П. Иванов, М. Соколовска (2011). Характеристика на почви от урбанизирани лесопаркове в Софийски район. Научни доклади. Международна конференция „100 години почвена наука в България“, 16 – 20 Май 2011, София, ИП „Н. Пушкиров“, Първа част, с. 306 – 310.
17. Иванов, П., М. Жиански, В. Дойчинова (2010). Преглед на някои класификации, засягащи систематиката на почви от градскилесопаркове. – Наука за гората, 2, 59 – 66.
18. Китев А. (2018). Тежки метали в почвите на Южен Пирин. Проблеми на географията, 1 – 2, 115 – 123.
19. Койнов В. (1998). Атлас на почвите в България. Земиздат, СОфия, с. 393.
20. Куйкин С. (2003). Принцип на нормалността в геохимията на околната среда. Годишник на Минно-геоложкия университет „Св. Иван Рилски“, том 46 (2003), свитък I, Геология и геофизика, 135 – 139.
21. Малчева Б. (2020). Микробно разнообразие и ензимна активност на почви в иглолистни горски екосистеми. Почвознание агрохимия и екология, 54 (4): 43 – 54.
22. Наредба №3 от 1 август 2008 г. за нормите за допустимо съдържание на вредни вещества в почвите, обн. ДВ. бр.71 от 12 Август 2008 г., издадена от МОСВ, МЗ и МЗХ.
23. Наредба № 4 от 12 януари 2009 г. мониторинг на почвите, Обн. ДВ. бр. 19 от 13 Март 2009 г.
24. Наскова, П. (2015). Управление на тежкометалното замърсяване на природни, агро и урбо-екосистеми. Автореферат на дисертационен труд за придобиване на образователна и научна степен „доктор“, ВВМУ „Никола Йонков Вапцаров“.
25. Наскова П., М. Консулова, Д. Пламенов, Б. Малчева. 2017. Математически модел за определяне на степента на влияние на различни физикохимични фактори върху числеността на общата микрофлора в антропогенни почви. Списание за наука „Ново знание“ 6 – 4, 88 – 102
26. Общински план за развитие на Община Пловдив 2014 – 2020. Достъпен на: <https://plovdiv.bg/wp-content/uploads/2014/01/plan-za-razvitie-2014-2020.pdf>
27. Пенин Р. 2003. Геохимията на ландшафтите – приоритетно научно направление при разкриване и решаване на екологични проблеми. Юбилеен сборник 30 години катедра „Ландшафтознание и опазване на природната среда“. С., „Малео-63-Варна“, 89 – 94.
28. Пенин Р., Д. Желев. 2011. Екогеохимични проучвания в басейна на р. Сазлийка. – Проблеми на географията, 3 – 4, стр. 79 – 97.
29. Пенин, Р., А. Китев. 2016. Ландшафтни и екогеохимични изследвания в планината Славянка. – Год. СУ, ГГФ, 2, География, 117 – 130.

30. Пенчева, Е., А. Бендерев, А. Бургиньон, Р. Атанасова. Динамика, еволюция и ограничаване на замърсяването с тежки метали на водите в Пловдивско – международен проект по програмата „НАТО за мир“. 2003. Сп. „Минно дело и геология“, № 5, 9 – 15.
31. Перельман, А. И., Н. С. Касимов (1999). Геохимия ландшафта. М., Астрей-2000, 416 – 594.
32. Плулчиева, М. (1989). Проучване върху замърсяването на почвата с горско-дървесна растителност с Pb, Zn, Cd край пътните магистрали на Варна. Дисертация. ЛТУ, София, с. 157.
33. Стоилкова Т., Р. Пенин, И. Тамбураджиев (2016). Екогеохимични проучвания в Пловдивското поле. СБОРНИК ДОКЛАДИ научна конференция Географски аспекти на планирането и използването на територията в условията на глобални промени. гр. Вършец, България, 23.09 – 25.09.2016 г., ISBN: 978-619-90446-1-2.
34. Стоянова В., А. Цеков, С. Петрова (2014). Мониторинг на състоянието на почвите в големите паркови площи в град Пловдив. ШЕСТА СТУДЕНТСКА НАУЧНА КОНФЕРЕНЦИЯ „Екологията – начин на мислене“, 6 – 10 май 2014 г., гр. Пловдив, Сборник с доклади, 15 – 21.
35. Adedeji, O. H., O. O. Olayinka, O.O. Topre-Ajayi. (2019). Spatial Distribution and Health Risk Assessment of Soil Pollution by Heavy Metals in Ijebu-Ode, Nigeria. J Health Pollution, 22(9): 190601
36. Alloway, B. J. (1995). Heavy Metals in Soils. In: Alloway, B. J. (Ed.). Chapman and Hall, London, UK, p. 372.
37. Artemio, M. M., Robles, C., Ruiz-Vega, J., Ernesto, C. H. (2018). Composting agroindustrial waste inoculated with lignocellulosic fungi and modifying the C/N ratio. Rev. Mex. Cienc. Agríc. 9, 271–280.
38. Baum, C., Leinweber, P., Schlichting, A. (2003). Effects of chemical conditions in re-wetted peats on temporal variation in microbial biomass and acid phosphatase activity within the growing season. Applied Soil Ecology, 22(2), 167 – 174.
39. Bloemen M. L., B. Markert, H. Lieth. 1995. The distribution of Cd, Cu, Pb and Zn in topsoils of Osnabrück in relation to land use. The Science of the Total Environment, 166: 137 – 148.
40. Burylo, M., Rey, F., & Delcros, P. (2007). Abiotic and biotic factors influencing the early stages of vegetation colonization in restored marly gullies (Southern Alps, France). Ecological engineering, 30(3), 231 – 239.
41. Dec, D. 2014. Assessment of the microbiological activity in agricultural and urban soils. Soil Science Annual, 65(4), 156 – 160.
42. De Corato, U. (2020). Soil microbiota manipulation and its role in suppressing soil-borne plant pathogens in organic farming systems under the light of microbiome-assisted strategies. Chem. Biol. Technol. Agric. 7, 17.
43. Dimitrova, I., L. Yurukova (2005). Biondication of anthropogenic pollution with *Plantago lanceolata* (Plantaginaceae): metal accumulation, morphological and stomatal leaf characteristics. Phytologia Balcanica, 11(1): 89 – 96.
44. FAO Guidelines for soil description. 1990. Available at: <https://www.fao.org/land-water/land/land-governance/land-resources-planning-toolbox/category/details/en/c/1236461/>
45. FAO World Reference Base (WRB). 2015. Available at: <https://www.fao.org/soils-portal/soil-survey/soil-classification/world-reference-base/en/>
46. Gonawala, S. S.; Jardosh H. (2018). Organic Waste in Composting: A brief review. Int. J. Curr. Eng. Technol. 8, 36 – 38.
47. Gu Y. G., Q. S. Li, J. H. Fang, B. Y. He, H. B. Fu, Z. J. Tong. 2014. Identification of heavy metal sources in the reclaimed farmland soils of the Pearl River Estuary in China using a multivariate geostatistical approach. Ecotoxicology and Environmental Safety, 105: 7 – 12.
48. Li X. D., C.-s. Poon, P. S. Liu (2001). Heavy metal contamination of urban soils and street dusts in Hong Kong. Applied Geochemistry, 16: 1361 – 1368.
49. Luo X.S., S. Yu, Y.G. Zhu, X. D. Li. (2012). Trace metal contamination in urban soils of China. Science of The Total Environment, 421 – 422: 17 – 30.

50. Maher, B. A., Moore, C., Matzka, J. (2008). Spatial variation in vehicle-derived metal pollution identified by magnetic and elemental analysis of roadside tree leaves. *Atmospheric Environment* 42, 364 – 373.
51. Malik, A. A., Roth, V.-N., Hébert, M., Tremblay, L., Dittmar, T., and Gleixner, G. (2016). Linking molecular size, composition and carbon turnover of extractable soil microbial compounds. *Soil Biol. Biochem.* 100, 66–73. doi: 10.1016/j.soilbio.2016.05.019
52. Nogueira, L. R., C. F. da Silva, M.G. Pereira, J. H. Gaia-Gomes, E. M. Ribeiro da Silva (2016). Biological Properties and Organic Matter Dynamics of Soil in Pasture and Natural Regeneration Areas in the Atlantic Forest Biome. *Rev Bras Cienc Solo* 2016; 40: e015036. <https://doi.org/10.1590/18069657rbcs20150366>
53. Petrova, S., L. Yurukova, I. Velcheva. 2013. *Taraxacum officinale* as a biomonitor of metals and toxic elements (Plovdiv, Bulgaria). *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 19(2): 241 – 247.
54. Petrova, S., I. Velcheva, L. Yurukova, M. Berova. 2014. *Plantago lanceolata* L. as a Biomonitor of Trace Elements in an Urban Area. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 20(2):325 – 329
55. Pitt, J., A. Hocking. 2009. *Fungi and Food Spoilage*. Blackie Academic and Professional, London. <http://dx.doi.org/10.1007/978-0-387-92207-2>
56. Rynk, R. 1992. *On-Farm Composting Handbook*. NRAES Pub
57. Salazar, S., L. Sánchez, J. Alvarez, A. Valverde, P. Galindo, J. Igual, I. Santa-Regina. 2011. Correlation among soil enzyme activities under different forest system management practices. *Ecological Engineering*, 37(8), 1123 – 1131.
58. Sobolev D., M. F. T. Begonia (2008). Effects of heavy metal contamination upon soil microbes: lead-induced changes in general and denitrifying microbial communities as evidenced by molecular markers. *Int J Environ Res Public Health*, 5(5), 450 – 456.
59. Song, H. S., Cannon, W. R., Beliaev, A. S., and Konopka, A. (2015). Mathematical modeling of microbial community dynamics: a methodological review. *Processes* 2, 711 – 752. doi: 10.3390/pr3030699
60. SPSS for Windows ver. 22. IBM Corporation. Available at: <https://www.ibm.com/products/spss-statistics>.
61. Statistica 7.0. Software. Statistical Package for Windows. StatSoft Inc., 2006. Available at: www.statsoft.com
62. Stepanova, L. P., E. V. Yakovleva, A. V. Pisareva (2016). Ekologicheskaya kharakteristika antropogenno-transformirovannykh pochv, zagryaznennykh tyazhelymi metallami. *Agrokimiya*, 12: 60 – 67.
63. Stroganova, M., T. Prokofieva (2001). Urban Soils Classification for Russian Cities of The Taiga Zone. In: *Soil Classification 2001*. E. Micheli, F. O. Nachtergaele, R. J. A. Jones and L. Montanarella (Eds.). European Soil Bureau Research Report No.7, EUR 20398 EN, (2002), 248. Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg, 153 – 156.
64. Sutherland R. A. (2000). Bed sediment-associated trace metals in an urban stream, Oahu, Hawaii. *Environ Geol* 39(6): 611 – 627.
65. Wawer, M., T. Magiera, G. Ojha, E. Appel, G. Kusza, S. Hu, N. Basavaiah (2015). Traffic-Related Pollutants in Roadside Soils of Different Countries in Europe and Asia. *Water Air Soil Pollut*, 226: 216.
66. Xie, Y., J. Fan, W. Zhu, E. Amombo, Y. Lou et al. (2016). Effect of heavy metals pollution on soil microbial diversity and bermudagrass genetic variation. *Front Pla Sci*, 7, 1 – 12.
67. Yakovchenko, V., L. Sikora, D. Kaufman. 1996. A biologically based indicator of soil quality. *Biology and Fertility of Soils*, 21(4), 245 – 251.
68. Yan, Z., Z. Song, D. Li, Y. Yuan, X. Liu, T. Zheng (2015). The effects of initial substrate concentration, C/N ratio and temperature on solid-state anaerobic digestion from composting rice straw. *Bioresour. Technol.* 177, 266 – 273.
69. Zhang, L., X. Ding, J. Cui, H. Xu, J. Chen, Y. N. Gong et al. (2011). Cysteine methylation disrupts ubiquitin-chain sensing in NF-κB activation. *Nature* 481, 204 – 208. doi: 10.1038/nature10690