

ЗОРНИЦА НИКОЛОВА ЧОЛАКОВА

**ЛАНДШАФТНО-ГЕОХИМИЧНИ ИЗСЛЕДВАНИЯ В БАСЕЙНА НА
Р. ИСКЪР МЕЖДУ ГР. НОВИ ИСКЪР И ГР. МЕЗДРА**

АВТОРЕФЕРАТ

на

ДИСЕРТАЦИЯ

**за присъждане на образователната и научна степен „Доктор“
научна специалност: 01.08.01 „Физическа география и ландшафтознание“**

НАУЧЕН РЪКОВОДИТЕЛ:

Проф. д-р Румен Пенин

НАУЧНО ЖУРИ:

1. Проф. д-р Ангел Велчев
2. Проф. д-р Румен Пенин
3. Доц. д-р Никола Тодоров
4. Доц. д-р Цветан Коцев
5. Доц. д-р Галин Петров

София

2016

Дисертационният труд е преминал предварително обсъждане на разширено заседание на катедра „Ландшафтознание и опазване на природната среда”, ГГФ, СУ „Св. Климент Охридски”, на 1.09.2016 г. (протокол № 9), след което единодушно е насочен за откриване на процедура за публична защита. Научното жури е утвърдено от Факултетния съвет на Геолого-географски факултет на 27.09.2016 г.

Дисертационният труд е в обем от 243 стр. основен текст и 13 стр. литература с 237 заглавия (179 на кирилица (на български и руски език) и 58 на латиница (на английски и немски език) и 5 онлайн източника. В основния текст са включени 30 таблици и 73 фигури (9 от тях – карти), а като приложения – 8 таблици и 21 карти.

Използваната номерация на фигурите и таблиците в автореферата отговаря на тази в дисертационния труд.

Публичната защита ще се проведе на 5 декември 2016 г. от 16,30 ч. в зала 252 на СУ „Св. Климент Охридски”. Дисертационният труд е на разположение на интересуващите се в каб. 254, Геолого-географски факултет, Ректорат на СУ „Св. Климент Охридски”, северно крило.

А. ОСНОВНА ХАРАКТЕРИСТИКА НА ДИСЕРТАЦИОННИЯ ТРУД

Актуалност на темата

Потоъкът от химични елементи, който мигрира в природата и се разпределя между отделните ѝ компоненти е в центъра на внимание на настоящия дисертационен труд. Част от тези елементи имат рисково въздействие върху живите организми. Те нарушават динамичното равновесие между системните елементи в природните комплекси (ландшафти) и разрушават естествените взаимодействия между тях. Причина за това въздействие е увеличаващият се техногенен (антропогенен) натиск. Дори ограничен на по-късен етап, химичният му отпечатък остава за дълго в природата (ландшафта). Нейната функционална и структурна същност е променена необратимо и самовъзстановяването ѝ (ако е възможно) протича при различни от първоначалните (естествените) условия и създава нови природно-техногенни (антропогенни) комплекси (системи, елементи). Изучаването на тези изменения е важно както за самата теория за развитие на природно-антропогенните системи, така и за оценката на въздействието върху околната среда и риска за здравето и живота на човека и живите организми. Съчетаването на ландшафтно-геохимичния и басейновия подход дава добри и надеждни резултати при решаването на подобни научни проблеми. Такъв проблем е разгледан в настоящия дисертационен труд. Неговата актуалност се засилва и от обстоятелството, че разглежда речен басейн, към чиято територия все още има активен интерес от гледна точка на местоживеене, стопанска дейност, рекреация, транспорт, туризъм и др.

Целта на дисертационното изследване е анализ на ландшафтно-геохимичната структура (хоризонтална и вертикална) в басейна на р. Искър между гр. Нови Искър и гр. Мездра чрез изследване на миграцията и диференциацията на осем микроелементи-тежки метали – Cu, Zn, Pb, Cr, Ni, Co, Mn, Cd в различни компоненти – почви, речни дънни седименти и седименти от заливните тераси, доминантни растителни видове, скална основа.

Задачи на изследването:

1. Разкриване на теоретичната основа на геохимията на ландшафтните, значението на тежките метали за замърсяването на компонентите на природната среда и методиката на изследване.
2. Характеризиране и анализиране на природните компоненти в басейна на р. Искър между гр. Нови Искър и гр. Мездра като ландшафтно-геохимични фактори;
3. Провеждане на теренни картировки и пробоземане от почвените типове, дънните седименти, седименти от заливните тераси, доминантни растителни видове, скална основа;
4. Пробоподготовка, химичен лабораторен анализ на събраните проби и определяне на съдържанието на елементите Cu, Zn, Pb, Cr, Ni, Co, Mn, Cd;
5. Ландшафтно-геохимичен анализ на резултатите и установяване на особеностите на миграция и диференциация на изследваните химични елементи в отделните компоненти и геохимични ландшафти. Прилагане на специфични геохимични показатели.
6. Изработване на картографски материали, свързани с тематиката на дисертацията.
7. Изводи относно ландшафтно-геохимичната структура в басейна на р. Искър между гр. Нови Искър и гр. Мездра, миграцията и диференциацията на тежките метали Cu, Zn, Pb, Cr, Ni, Co, Mn, Cd.

Подходи и методи на изследване:

Използвани са различни групи методи: камерални, теренни, лабораторни, математико-статистически, картографски, ландшафтно-геохимични. Всички те са подчинени на *басейновия (системния) и ландшафтно-геохимичния* подход.

Басейновият или системният подход е основен в геохимията на ландшафтните, защото съвпада с идеята за ландшафтно-геохимичните системи на локално, регионално и глобално ниво. Елементарните и каскадните ландшафтно-геохимични системи (ЕЛГС и КЛГС) са тясно обвързани с водосборните басейни, които се явяват по-сложно ниво на изява на каскадните системи. Връзката на понятията „геохимичен ландшафт“, ландшафтно-геохимична катена, арена, ЕЛГС и КЛГС е разгледана в главата „Теоретична постановка“. Тези понятия са в основата на приложения ландшафтно-геохимичен подход, част от който се явява басейновият подход.

Камералните методи включват работа с литературни, фондови и картни материали. Проучени са голям по обем източници, свързани с природно-географските особености в басейна на р. Искър в Стара планина между гр. Нови Искър и гр. Мездра, с теоретичната основа на ландшафтно-геохимичните изследвания и свързаните с тях методи и показатели, фондови писмени и картни материали относно литогеохимичните, хидрохимичните и геолого-структурните особености на изследвания басейн от Националния геофонд към МОСВ (сега към Министерството на икономиката), доклади по оценка на въздействието върху околната среда от архива на МОСВ, фондови материали от Националната почвена служба към ИПАРЗ „Н. Пушкиров” и от РИОСВ – гр. Враца. Значителната по обем информация е обработена, анализирана и включена в различните глави на дисертационния труд.

Събрани и анализирани са образци от почвените типове в изследвания басейн на р. Искър (68 бр.), от речните седименти (78 бр.), от седименти от заливните тераси (9 бр.), от скалната основа (18 бр.), от растителността (38 бр.) и от хвост и шлаков материал от минно-металургичното предприятие „Елисейна” ЕАД (3 бр.) или общо 214 бр. проби.

Лабораторните методи включват предварителната обработка на събраните проби и последващия химичен анализ. Основната част от химичните анализи на пробите са извършени в Лабораторията по геохимия на ГГФ на СУ „Св. Климент Охридски” по метода на атомно-абсорбционната спектрофотометрия (AAS). Част от пробите са анализирани в лабораторията на РИОСВ – Велико Търново по метода на оптико-емисионната спектрометрия с индуктивно свързана плазма (ICP – OES).

Съставени са следните карти: природно-географска, геоложка, почвена, на растителните формации, на местоположенията на събраните проби и поредица от геохимични карти за съдържанието на изследваните химични елементи в почвите, дънните седименти и растителността (общо 30 бр.).

Математико-статистическите и ландшафтно-геохимичните методи са разгледани в следващи глави на дисертационния труд.

Б. СЪДЪРЖАНИЕ НА ДИСЕРТАЦИОННИЯ ТРУД

Глава 1. ТЕОРЕТИКО-МЕТОДОЛОГИЧНА ПОСТАНОВКА

1.1. Обект на изследване

Водосборният басейн на р. Искър между гр. Нови Искър и гр. Мездра е главен **обект** на изследване в настоящия дисертационен труд. Територията му се разполага в част от Западна Стара планина и Западния Предбалкан. Реката протича първоначално в посока юг-север, която след вливането на р. Пребойница при гара Лакатник се променя от югозапад-североизток до запад-изток. В територията на басейна попадат (частично или изцяло) планините Софийска, Мургаш, Голема, Ржана (в десния водосбор) и Мала, Понор, Козница, Врачанска (в левия водосбор). Надморската височина се изменя от 1780 m при билото на Козница планина до 220 m в поречието на р. Искър, южно от гр. Мездра. Площта на изследвания басейн е 1217 km².

1.2. Предмет на изследване

Основен **предмет** на настоящата дисертационна разработка са елементарните и каскадните геохимични ландшафти и системи в басейна на р. Искър между гр. Нови Искър и гр. Мездра.

Трябва да се отбележи, че геохимичните ландшафти имат особености и класификация, които ги отличават от различните по таксономичен ранг ландшафти, предмет на изследване в ландшафтознанието и ландшафтната екология.

В ландшафтно-геохимичните изследвания се използват много различни показатели, които могат да бъдат разделени на две групи. Първата група показатели са свързани с абсолютното съдържание на химичните елементи в ландшафтите, техните компоненти, хоризонти и отделни елементи. Това са кларките и местните кларки. Втората група показатели отразява относителното разпределение на елементите в изучаваните обекти при съпоставянето му с други обекти – различни геохимични коефициенти.

Широко приложение са придобили кларките на концентрация и разсейване. Вернадский (1937) обозначава кларка на концентрация като съотношение между съдържанието на химичния елемент в конкретния природен обект и съдържанието му в литосферата. Той се изразява с формулата:

$$KK = \frac{k_i}{K_i}, \text{ където } k_i \text{ е съдържанието на елемента в изследвания обект; } K_i \text{ – кларкът на същия}$$

елемент в литосферата.

През 1975 г. А. Перельман предлага за общо удобство на операциите с аналитични данни и по-добра нагледност на графичното изобразяване нов показател – кларк на разсейване (КР), като обратен показател на кларка на концентрация. Той представя съотношението между кларка на изследвания елемент в литосферата и неговото съдържание в конкретния природен обект. Той показва степента на разсейване на елемента в геохимичната система при $KK < 1$. Изчислява се по формулата:

$$KP = \frac{K_i}{k_i}.$$

Широко използван в ландшафтно-геохимичните изследвания е и коефициентът на водна миграция (K_x):

$$K_x = \frac{m_x \cdot 100}{an_x}, \text{ където } m_x \text{ е съдържанието на елемента } x \text{ във водата; } n_x \text{ е съдържанието на елемента}$$

x в дренираните скали; a – величина на минералния остатък на речната или грунтовата вода.

Интензивността на биологичното поглъщане на елементите от растенията представлява съотношение между количеството на елемента в зола (пепелния остатък) на растенията и неговото количество в почвата или скалата. А. Перельман (1975) предлага това съотношение да се нарича “коефициент на биологично поглъщане” – A_x :

$$A_x = \frac{l_x}{n_x}, \text{ където } l_x \text{ – съдържанието на елемента } x \text{ в пепелния остатък на растението, а } n_x \text{ –}$$

съдържанието на елемента x в скалата или почвата, на която то расте, или кларкът на литосферата. При $A_x > 1$ елементите се натрупват в растенията, а при $A_x < 1$ – само се захващат.

Често се използва и коефициентът на радиална диференциация (K_p, R), който представлява съотношение между средното съдържание на даден химичен елемент в определен почвен хоризонт и средното съдържание на същия елемент в почвообразуващата скала. Той е предложен от М. Глазовская и Н. Касимов (1987)

Въведен е и коефициентът на латерална диференциация (K_l, L). Той представлява съотношение между средното съдържание на елемента в минералните хоризонти на почвата и изветрителната кора (неспоени наноси) от геохимически подчинения елементарен ландшафт и средното съдържание на елемента в същите хоризонти на автономния елементарен ландшафт.

Коефициентът на концентрация K_c , въведен от А. Ферсман през 1933 г., характеризира степента на натрупване на даден химичен елемент в сравнение с геохимичния фон. Изразява се чрез формулата:

$$K_c = \frac{C}{C_\phi}, \text{ където } C \text{ е концентрацията на елемента в изследвания обект, } C_\phi \text{ е неговото фоново}$$

съдържание. Този коефициент позволява точно да се фиксират основните техногенни замърсители.

1.2. Методическа обосновка

1.2.1. Определяне на средното съдържание и границите на фона в разпределението на елементите

Математико-статистическите методи подпомагат определянето на средното съдържание и границите на фона в разпределението на химичните елементи в природата. Това разпределение се подчинява на различни закони – на нормалния (Гаусово разпределение), на логнормалния и др. За долна граница на аномалността (C_a) при нормално разпределение много често се приема величината $C_\phi \pm 3\sigma$ („правило на трите сигми”): $C_a \geq C_\phi \pm 3\sigma$,

където C_{ϕ} е фоновото съдържание (средната аритметична стойност). Аномалията може да е положителна (при $C_a \geq C_{\phi} + 3\sigma$) или отрицателна ($C_a < C_{\phi} - 3\sigma$).

По-често разпределението се подчинява на логнормалния закон – нормалното разпределение не се отнася за самата величина, а за нейния логаритъм. При това положение основни величини са средната геометрична стойност (\bar{x}_G) и логаритмичното значение на стандартното отклонение, което се обозначава с ϵ . Тогава долната граница на аномалното съдържание може да се определи чрез уравнението: $C_a \geq C_{\phi}\epsilon$.

Широките обсъждания сред учените в света са довели до извода, че при различни типове минерали и скали се проявява както нормалното, така и логнормалното разпределение.

Куйкин и кол. (2001a, 2001б) прилагат статистически методи, за да получат средните и фоновите данни за скалите в България. Приложените статистически критерии за нормалност по ексцес и асиметрия показват, че случаите на нормално или логнормално разпределение са сравнително редки. Тогава авторите отнасят съдържанията в изследваните съвкупности към устойчивите разпределения и използват математически апарат, при който за очаквана средна стойност се приема медианата (M_e), а разсейването се оценява чрез първи ($Q_1 =$ процентил 25, 25p) и трети квантил ($Q_3 =$ процентил 75, 75p) и относителното квантилно отклонение (D_q):

$$D_q = \frac{Q_3 - Q_1}{Q_3 + Q_1} 100$$

Горният праг на фоновите концентрации (ГПФ), при зададено ниво на значимост q , се определя по формулата (на Юфа, Гурвич, 1964):

$$\text{ГПФ}_q = M_e + 0,5 \sqrt{3/q} (Q_3 - M_e).$$

При изчисленията на ГПФ за скалите на България авторите използват ниво на значимост $q = 0,05$.

Тази методика е възприета и приложена за изчисляване на средните съдържания и фоновите граници в почвената покривка от басейна на р. Искър между гр. Нови Искър и гр. Мездра.

1.2.2. Сравняване на получените резултати с други средни стойности

Друг важен момент при анализиране на геохимичните данни е съпоставката със средните съдържания на елементите в земната кора (т. нар. кларки). В световната геохимична литература са известни имената на много учени, които се занимават с проблемите на средното съдържание на елементите в главните типове скали, както и в земната кора като цяло – Clarke (1889), Clarke and Washington (1924), Goldschmidt (1937), Ферсман (1933-1939), Mason (1958), Виноградов (1962), Taylor (1964), Wedepohl (1967, 1995) и др. Сравнявайки посочените стойности, се натъкваме на значителни различия в кларките на някои елементи, особено на тежките метали. В зависимост от целите на всяко геохимично изследване следва да се преценява кои от многото изчислени средни стойности да бъдат използвани, имайки пред вид, че непрекъснато се получават нови данни и излизат публикации за състава на земната кора (напр.: Hu, Gao, 2008). В публикациите за територията на страната досега най-много са сравненията със средните стойности, обобщени от Виноградов (1962).

При екогеохимични изследвания е по-добре да се използват данни за местните „кларки”, т. е. да се използват достатъчно надеждни и относително точни данни за съдържанието на изследваните елементи в местните типове скали или местния литогеохимичен фон. В това отношение могат да бъдат цитирани данните от литогеохимични карти, налични като фондови архивни материали в Националния геофонд (напр.: Панайотов и др., 1990), или обобщаващи данни от публикации (напр.: Куйкин и др., 2001a, 2001б, Kuikin et al., 2002).

Средни стойности, отнасящи се за останалите компоненти на ландшафтите – почви, растителност, дънни речни седименти, повърхностни води също могат да бъдат цитирани и използвани при сравнителния анализ на геохимичната структура и диференциацията на ландшафтите.

От 2005 година в Европа съществуват средни фонове стойности за няколко компонента на природната среда – почви, речни води, речни седименти, седименти от заливните речни тераси. Те са резултат от мащабен международен проект, реализиран по единна методика в 26 европейски страни (без участие на България) в периода 1998–2001 г. – Геохимичен атлас на Европа (Salminen et al.,

2005; De Vos, Tarvainen et al., 2006). Тези средни стойности са използвани при сравнителния геохимичен анализ.

Като сравнителни стойности за замърсители на дънни седименти са приложени тези, утвърдени от Агенцията за защита на околната среда в САЩ (US EPA).

За сравняване на съдържанията на тежки метали в почвената покривка са използвани въведените от Р. Пенин (2003) средни съдържания за почви и дънни седименти от фонове и техногенни райони в България. Същият автор публикува и данни за съдържанието на тежки метали в растителни дървесни, храстови и тревни видове от различни ландшафти в България и Северна Гърция (Пенин, 2013).

Много важни са нормативно определените норми за допустими съдържания на вредни вещества в почвите, водите и др. компоненти: Наредба № 3 от 1979 г. (ДВ бр. 36 от 1979 г., ДВ бр. 54 от 1997 г., ДВ бр. 21 от 2000 г., ДВ бр. 39 от 2002 г., в сила до 2008 г.), и Наредба № 3 от 2008 г. за норми относно допустими съдържания на вредни вещества в почвата.

Глава 2. ЛАНДШАФТНО-ГЕОХИМИЧНИ ФАКТОРИ В БАСЕЙНА НА Р. ИСКЪР МЕЖДУ ГР. НОВИ ИСКЪР И ГР. МЕЗДРА

2.1. Морфохидрографски особености

Характеризирани са по-големите десни и леви притоци на главната р. Искър. Според класовете на реките в България по дължина и водосборна площ, определени от Сарафска (2000), реките в басейна на река Искър в между гр. Нови Искър и гр. Мездра могат да бъдат определени като много малки (до 10 km дължина и до 10 km² водосборна площ), малки (до 10–20 km дължина и 20–100 km² водосборна площ) и средни (до 50 km дължина и 100–500 km² водосборна площ).

2.2. Литостратиграфски особености

Характерът на петрографските особености на територията и тяхното съчетание с разпространените тектонски структури определят в голяма степен нейната литогеохимична специализация, формирането на геохимични бариери и ореоли на разсейване на елементите. Районът на р. Искър между гр. Нови Искър и гр. Мездра се отличава с изключително сложни и разнообразни литолого-тектонски строеж и металогения, които обуславят различията в миграцията, концентрацията и диференциацията на химичните елементи и съединения в отделните ландшафтно-геохимични профили и катени.

Литостратиграфското разнообразие в басейна на р. Искър в Стара планина между гр. Нови Искър и гр. Мездра е сложно и голямо. На базата на информацията от картните листове на геоложката карта на България в М 1:100 000 е съставена картата на геоложките формации в Искърския пролом и легендата към нея. Районът е изграден от споени и неспоени безкарбонатни седименти, карбонатни седименти, магмени (интрузивни и ефузивни) и метаморфни скални комплекси. Литостратиграфската рамка включва скали с камбрийска ордовишка, силурска, девонска, карбонска, пермска, триаска, юрска, кредна, неогенска и кватернерна възраст.

Безкарбонатните седименти са широко разпространени на територията на района. Те са с ордовишка, силурска, девонска, карбонска, пермска, триаска, юрска, неогенска и кватернерна възраст.

Карбонатните седименти са с мезозойска възраст. Широко разпространение имат карбонатите на триаса, юрата и по-малко на кредата в изследвания басейн.

Магмените интрузивни скални комплекси са с карбонска възраст. Ефузивните магмени скални комплекси в басейна на р. Искър между гр. Нови Искър и гр. Мездра са с горнокарбонска и пермска възраст.

Метаморфните комплекси в басейна се отнасят към началото на палеозоя – камбрий и ордовик. Това са нискометаморфни скали.

2.3. Литогеохимични особености и специализация

Геохимичната специализация на представените в изследвания район скални формации се отличава с голямо разнообразие: сидерофилно-халкофилна, халкофилна, халко-литофилна, лито-халкофилна и литофилна.

От литогеохимична гледна точка са важни наличието, особеностите и териториалното разположение на орудяванията, както и металогенията на изследвания район. Литоложките фактори са от основно значение за локализацията на рудните тела в стратиформните находища и проявления на Врачанско-Кремиковския руден район, в който попада изследвания басейн на р. Искър. Локализацията на рудните минерализации е в пряка зависимост от химичните и физичните свойства на скалите.

В изследвания басейн на р. Искър в Стара планина са формирани 4 рудни полета: Плакалнишко, Издремецко, Осеновлашко и Зверинско. Основните рудни минерали и елементи в тези находища са сред опасните замърсители на компонентите на ландшафта и околната среда като цяло. За ландшафтно-геохимичните изследвания са важни концентрациите на отделните елементи в орудяванията, защото те са центровете на тяхното разсейване в почвената и растителната покривка, в повърхностните и подземните води, в хранителната верига растителност-животински организми-човек.

Литохимичният фон на територията Западна Стара планина, изследван и картографиран от Панайотов и др. (1990), показва територии със слаби или интензивни положителни аномалии на съдържанието на някои тежки метали. Това означава повишен естествен литогеохимичен фон, който подробно е описан и използван като важен компонент от геохимичния анализ.

2.4. Тектонски особености

Територията на басейна на р. Искър между гр. Нови Искър и гр. Мездра попада в Старопланинската тектонска зона на Балканския ороген (или Балканската алпийска нагъната система), според схващанията на И. Начев и Ч. Начев (Начев и Начев, 2003). Определената от тях Балканидна единица съвпада със Западнобалканския антиклинорий (Яранов, 1960), Западнобалканската тектонска зона (Йовчев и др., 1971), Западнобалканската квазиплатформена единица (Дабовски, 1991) и с части от Западнобалканската, Централнобалканско-Предбалканска и Средногорската зони (Иванов, 1988).

В тектонско отношение районът включва разновъзрастни и сложни по строеж гънкови и разломни структури – Свогенска антиклинала (антиклинорий), Издремецка синклинала, Берковска антиклинала (анкиклинорий), Лютибродска антиклинала, Мездренска синклинала, Лютидолски навлак, Градищенски възсед-навлак и др.

2.5. Особенности на релефа

Произходът и развитието на Искърския пролом в Стара планина са били част от изследователската дейност на редица учени. Образуването на Искърския пролом е обяснявано от Г. Н. Златарски (1904), Ст. Бончев (1910, 1933), Ек. Бончев (1946), Ж. Гълъбов (1966), Р. Христов (1965, 1973, 1984), Канев (1988, 1989), Канев, Луканов (1992). Също и от немските изследователи К. Oestreich (1924) и Н. Wilhelmy (1932). Според Стефан Бончев (1910 и 1933) Искърският пролом има ерозионно-тектонски произход. Речната ерозия е използвала тектонските нарушения и е образувала проломната долина. Това мнение се поддържа и днес частично и изцяло. Антецедентната теория е приложена от Oestreich (1924). Той приема, че реката е по-стара от планината. С издигането на планинската верига прареката се налага отгоре и образува проломна долина. Тази теория е получила по-широко приложение в учебници или монографии по физическа география на България (Канев, Луканов, 1992). Същата теза е поддържана от Н. Wilhelmy (1932), Л. Динев (1943), Д. Яранов (1960), Ж. Гълъбов (1966), Георгиев (1974), Алексиев (2012).

По-подробно са разгледани научните становища на Р. Христов (1984), Д. Канев (1988, 1989) и Канев и Луканов (1992), Балтаков (2007), Бакалова (2006), които отхвърлят антецедентната теория.

От представените няколко теории и хипотези може да се обобщи, че произходът на най-изразителния речен пролом в България остава предизвикателство пред учените, някои от които все повече се отдалечават от идеята за неговия антецедентен характер.

Във високите части на пролома са разположени няколко заравнени повърхнини, ограничени една от друга със стръмни откоси. Н. Wilhelmy (1932) съобщава за 4 заравнени нива: на 1600 m – предмиоценско, на 1400 m – долномиоценско, на 1200 m – Врачанско и на 900–820 m – Понорско. Ж. Гълъбов (1966) посочва 3 нива: на 1400 m, на 1200–1250 m и на 900–1000 m. Той определя възрастта

им съответно: горномиоценова, сармато-понтиска и левантийска. Д. Канев (1989) определя 4 денудационни повърхнини в Старопланинската морфоструктурна зона, образувани през неогена: старомеоценова (1600–2000 m), младомеоценова (1200–1500 m), староплиоценова (800–900 m), младоплиоценова, с характер на склоново стъпало (650 m). Р. Христов (1984) определя следните денудационни нива: 1450–1500 m – горномиоценово, на 1200–1250 m – сарматско-понтиско, на 720–760 m – старолевантийско и на 650 m – младолевантийско.

Голямо е геохимичното значение на релефа. Той е в основата на видовото разнообразие и особеностите на елементарните и каскадните ландшафтно-геохимични системи. Изветрителните, ерозионните, гравитационните, корозионните и други морфогенетични процеси са в основата на миграцията на елементите и веществата в природните комплекси. В изследвания басейн на р. Искър водещи са ерозионните, гравитационните и карстовите процеси и форми.

2.6. Климатични особености

Климатът е важен фактор за развитието на геохимичните процеси, защото той определя и регулира условията на топлина и влага, количеството повърхностен отток, условията на изпарение, развитието на изветрителните, ерозионните, корозионните и др. морфогенетични процеси, условията за педогенезата, развитието, разнообразието и разпространението на растителната покривка. Той е основен фактор за съществуването на географската зоналност и формирането на ландшафтите. Миграцията на елементите и съединенията, тяхната концентрация и диференциация протичат по различен начин при различните типове климат, които са формирали различни видове ландшафти. Климатът определя биологичния кръговрат на елементите и влияе върху тяхната водна и биологична миграция.

Според най-новите схеми на климатична подялба на територията на България, басейнът на р. Искър в Западна Стара планина между гр. Нови Искър и гр. Мездра попада в Западно- и Средностаропланинския район на Умереноконтиненталната област (Велев, 1990, 2010) или в Същинската Европейско-континентална област (Топлийски, 2006). Според климатичната класификация на Кьопен територията на изследвания район попада в поясите на умерено топъл дъждовен климат без ясно изразен сух сезон и температура на най-топлия месец под 22°C (Cfb) до около 1000 m н. в. и в пояса на бореалния климат без ясно изразен сух сезон и температура на най-топлия месец под 22°C (Dfb), между 1000 и 1780 m н. в. (Топлийски, 2006). Както и самият автор посочва, в планините границите между отделните пояси се отделят от преходни зони, разположени между 800 и 1000 и между 1900 и 2100 m н. в.

2.7. Води

Басейнът на р. Искър в Стара планина попада в областта с умерено-континентално климатично влияние върху оттока. Характеризирани и анализирани са основните хидроложки параметри – генетична структура, месечно и сезонно разпределение на речния отток, състояние на високи и ниски води, речни наноси, мътност, химичен състав и минерализация на речните води. В ландшафтно-геохимично отношение речните и най-вече дънните отложения се явяват средство и своеобразно „депо“ за транспортиране и/или акумулиране на различни минерални, органични или комплекси химични съединения. Главните замърсители в околната среда са част от тези съединения. Затова опробването, изучаването и анализването на химичния състав на речните седименти е съвременен и надежден метод за установяване на промени в ландшафтно-геохимичната обстановка и риск от замърсяване на околната среда.

2.8. Почвена покривка

Почвите имат много важна геохимична роля. Те притежават способност да акумулират в своите генетични хоризонти химични елементи и съединения. В резултат на разнообразните елементарни почвообразователни процеси тези елементи се концентрират на различен тип геохимични бариери. Алкално-киселинните и окислително-редукционните условия на почвената среда са главен фактор за процесите на миграция, химична трансформация и концентрация на елементи и съединения. В почвата се осъществява „транспортирането“ на химичните елементи към подземните води, кореновата система на растенията, мъртвата горска постеля, повърхностните води а косвено – към

живите организми и човека, към атмосферата и др. Натрупването на замърсители в почвите е дълъг и в много случаи необратим процес, който може да промени коренно структурата и функционирането на елементарните ландшафтно-геохимични системи.

В територията на басейна на р. Искър между гр. Нови Искър и гр. Мездра от север на юг се редуват следните почвени типове: алувиални и алувиално-ливадни, песъчливи и песъчливо-глинести; ерозиранни сиви горски; сиви горски, средно и тежко песъчливо-глинести; кафяви горски с рендзини; светлосиви горски (псевдоподзолисти), леко и средно песъчливо-глинести; кафяви горски; силно излужени до слабо оподзолени (лесивирани) канелени горски; излужени канелени горски, тежко песъчливо-глинести; делувиални и делувиално-ливадни, песъчливи и песъчливо-глинести, предимно каменливи.

2.9. Растителност

Растителността има важна биогеохимична роля. Растителната покривка е част от вторичния ореол на разсейване на елементите в природата. Тя участва в миграционния им път при тяхната въздушна или водна миграция, синтезира сложни органи-минерални съединения, концентрирайки ги в своите органи и тъкани. Таксоните, морфологията, анатомията на растенията, стадият на тяхното развитие и др. физиологични фактори определят натрупването или освобождаването на химични елементи. Факторите на природната среда (почви, изветрителна покривка, подземни води, състав на атмосферата и др.) също подпомагат формирането и изменението на химичния състав на растенията.

В басейна на р. Искър между гр. Нови Искър и гр. Мездра са развити: пояс на ксеротермните дъбови гори, пояс на мезофитните и ксеромезофитните дъбови и габъррови; пояс на буковите гори.

2.10. Антропогенен (техногенен) фактор

Състоянието на природните компоненти в изследвания басейн на р. Искър се определя от столетия от човешката активност. В края на ХХ и началото на ХХІ в. се осъществява дълбоко промяна в структурата на антропогенния натиск. Той постепенно отслабва, но не изчезва, а се трансформира. На мястото на преустановения добив и преработка на полезни изкопаеми от различен произход (антрацитни въглища, полиметални руди, нерудни полезни изкопаеми) и разрушаване (частично) на съпътстващата го инфраструктура, се появяват нови съоръжения за регулация на речния отток и производство на електроенергия – „Каскада Среден Искър”. Старите замърсявания остават акумулирани в почвите, растителността и седиментите на реките, подобрява се състоянието на атмосферния въздух.

На фона на описаните антропогенни дейности е направено подробно изследване на почвите, речните дънни седименти и естествената растителност и тяхното замърсяване с осем елемента-тежки метали, приоритетни в мониторинговата система на околната среда в България.

ГЛАВА 3. ПОЧВЕНО-ГЕОХИМИЧНИ ОСОБЕНОСТИ В БАСЕЙНА НА Р. ИСКЪР МЕЖДУ ГР. НОВИ ИСКЪР И ГР. МЕЗДРА

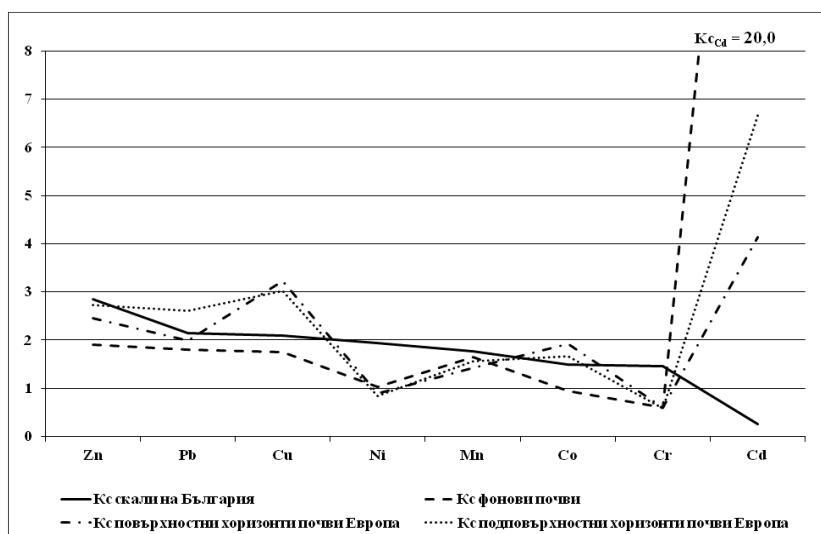
3.1. Средни съдържания

Разнообразната почвена покривка в басейна на р. Искър между гр. Нови Искър и гр. Мездра има специфична химична характеристика по отношение на изследваните микроелементи – тежки метали (Cu, Zn, Pb, Cr, Ni, Co, Mn, Cd), която разкрива „отпечатъка” на високия местен литогеохимичен фон в съчетание с този на антропогенна дейност в миналото и съвременността. Изследваните химични елементи имат широки граници на вариране в своите съдържания. Те съдържат част от изследваните тежки метали в средни концентрации по-високи от фоновите стойности за страната, определени от Пенин (2003) и тези от Наредба № 3 (2008). Това са отнася основно за Cu, Pb, Zn, Cd, Mn.

Сравнението със средното съдържание в скалите на България подрежда елементите, според стойностите на коефициента на концентрация (K_c), в следния геохимичен ред: Zn (2,84) > Pb (2,14) > Cu (2,10) > Ni (1,94) > Mn (1,77) > Co (1,50) > Cr (1,45) > Cd (0,26).

Сравнението със средното съдържание в почвите от фоновите райони в България (Пенин, 2003) подрежда стойностите на K_c в следния геохимичен ред: Cd (20,0) > Zn (1,91) > Pb (1,80) > Cu (1,75) > Mn (1,65) > Ni (1,03) > Co (0,94) > Cr (0,60).

Елементите Zn, Pb, Cu, Mn и Ni се открояват като концентриращи се в почвите на изследвания район едновременно както в сравнение със скалите, така и с почвите от фоновите райони на страната (фиг. 3.1).



Фиг. 3.1

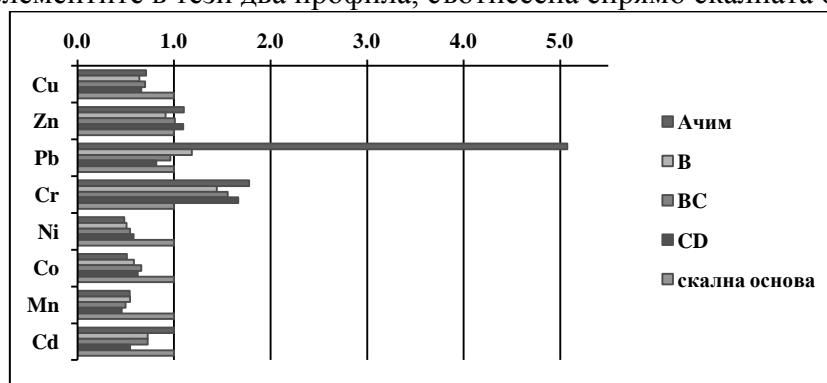
Коефициент на концентрация (K_c) на средното съдържание на тежки метали в почвите от басейна на р. Искър между гр. Нови Искър и гр. Мездра спрямо скалите и фоновите почви на България, повърхностните и подповърхностните почвени хоризонти в Европа

3.2. Радиална геохимична структура

Използва се основният показател коефициент на радиална диференциация (K_r или R), който представлява съотношение между средното съдържание на даден химичен елемент в определен почвен хоризонт и средното съдържание на същия елемент в почвообразуващата скала или в най-ниско разположения почвен хоризонт.

Кафявите планинско-горски почви (Cambisols, CM) са най-разпространеният почвен тип в изследвания район. Взети са общо 37 почвени проби от този тип. Те са разположени в различни елементарни геохимични ландшафти.

В Софийска планина са опробвани два радиални профила – в елувиален и транселувиален геохимичен ландшафт. На следващите фигури (фиг. 3.3 и фиг. 3.4) е показана радиалната диференциация на елементите в тези два профила, съотнесена спрямо скалната основа – аргилити.



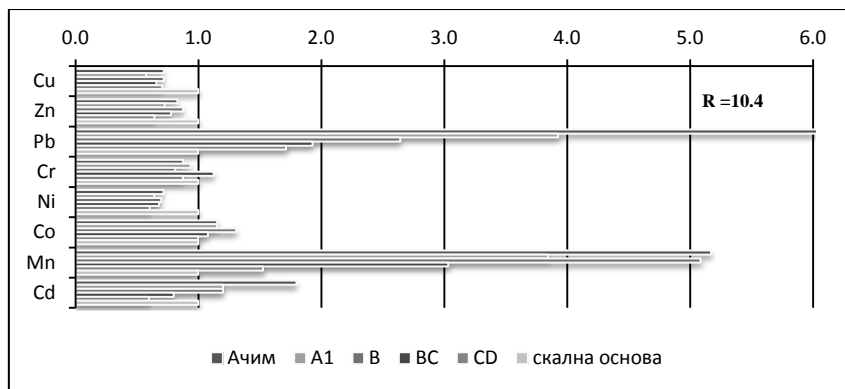
Фиг. 3.3

Коефициент на радиална диференциация (R) на тежки метали в кафяви планинско-горски почви от елувиален геохимичен ландшафт в Софийска планина, изчислен спрямо скалната основа – аргилити

Закономерната концентрация на оловото в повърхностния хоризонт се очертава още по-контрастно, особено при транселувиалния ландшафт – $R = 10,4$. В същия профил (фиг. 3.4) с висока

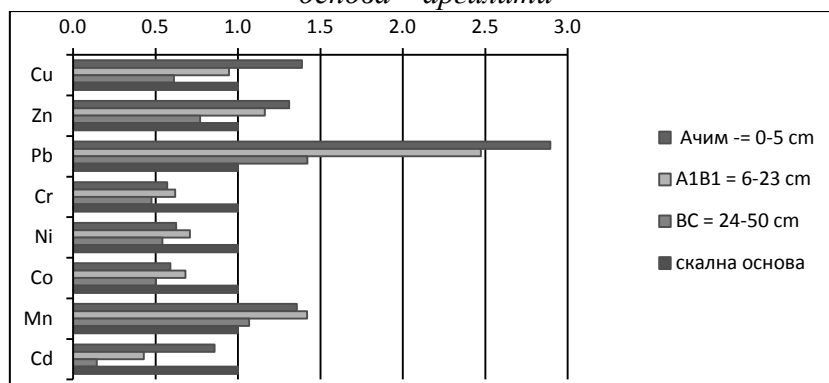
степен на диференцираност се отличава и манганът, където $R = 5,17$ в хоризонт $A_{\text{чим}}$ и $5,09$ в хоризонт В.

Картирани и опробвани са кафяви планинско-горски почви в района на вр. Могилата във Врачанска планина (фиг. 3.5). Профилът е разположен на 900 m н. в. върху билна заравненост. Има мощност до 50 cm.



Фиг. 3.4

Коефициент на радиална диференциация (R) на тежки метали в кафяви планинско-горски почви от транселувиален геохимичен ландшафт в Софийска планина, изчислен спрямо скалната основа – аргилити



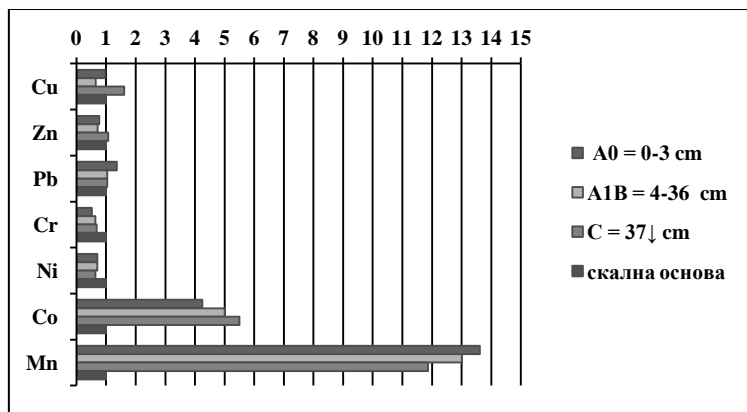
Фиг. 3.5

Коефициент на радиална диференциация (R) на тежки метали в кафяви планинско-горски почви от елувиален геохимичен ландшафт във Врачанска планина

В този профил оловото е с най-силна изразена диференцираност – $R = 2,89$ в повърхностния хоризонт. Графиката показва, че с отдалечаване от скалната основа концентрацията му се увеличава. Разпределението е подобно на това в кафявите планинско-горски почви от Софийска планина, въпреки различната скална основа. Други елементи с подчертано изразена концентрация в повърхностния и подповърхностния хоризонт са Mn, Cu, Zn. Стойностите на R за трите елемента варират между 1,3 и 1,4.

Добре развит пояс от кафяви планинско-горски почви има по северния склон на планината Мургаш. В условията на транселувиален геохимичен ландшафт и средно- до много кисели условия на почвения разтвор ($pH = 3,8-4,3$) е развит профил с дълбочина 56 cm.

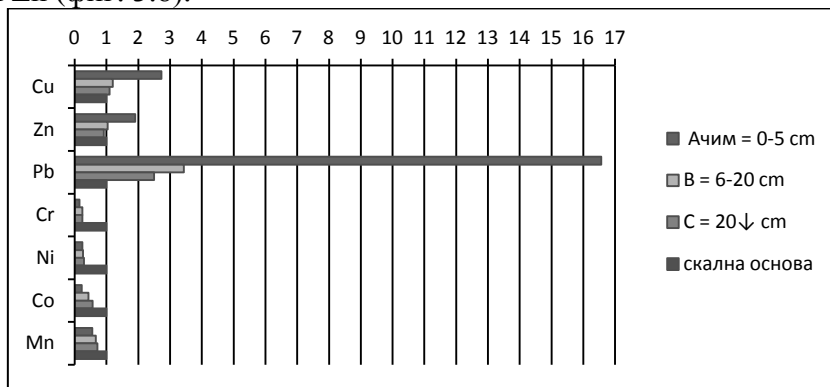
За разлика от другите описани профили, тук най-силна радиална диференциация има Mn (фиг. 3.7). Това е елементът с най-силна радиална диференциация ($R = 13,6$, хоризонт A_0), изчислен спрямо почвообразуващата скала. Силно диференциран по профила е и Co, но при него най-висока е концентрацията в хоризонт C ($R = 5,5$) и постепенно бавно намалява към повърхностния хоризонт.



Фиг. 3.7

Коефициент на радиална диференциация (R) на тежки метали в кафяви планинско-горски почви от транселувиален геохимичен ландшафт в Мургаш планина

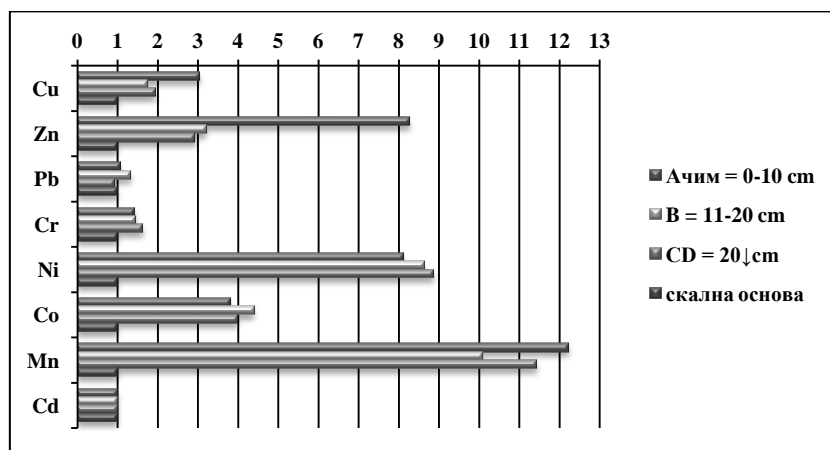
Анализирана е радиалната диференциация на изследваните елементи-тежки метали и в сиви горски, делувиални и алувиално-ливадни почви. В сивите горски почви тя е най-изразителна за елементите Pb, Cu и Zn (фиг. 3.8).



Фиг.3.8

Коефициент на радиална диференциация (R) на тежки метали в сиви горски почви от транселувиален геохимичен ландшафт във Врачанска планина

Твърде контрастна е диференциацията на Mn, Ni, Zn, Co, Cu в делувиални почви от Мала планина (фиг. 3.9). Тези елементи, особено манганът, никелът и цинкът, значително се натрупват в почвените хоризонти.



Фиг. 3.9

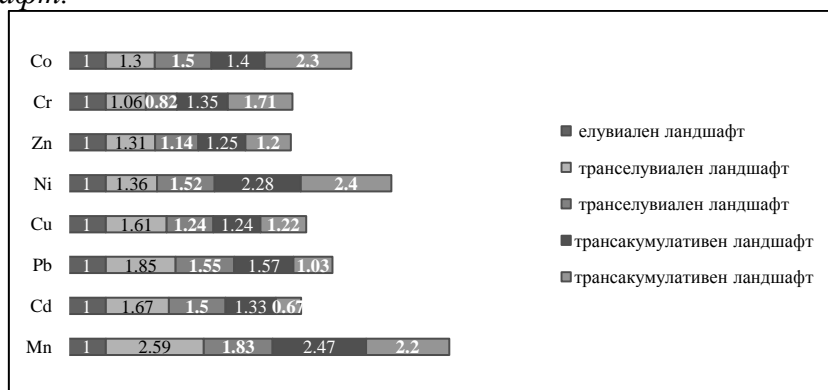
Коефициент на радиална диференциация (R) на тежки метали в делувиални почви от трансакумулативен геохимичен ландшафт в Мала планина

Добре развит профил в алувиално-ливадни почви (богати наносни почви, Eutric Fluvisols, FLe) е разположен в супераквален геохимичен ландшафт по долината на р. Брезенска. Най-високи са стойностите на коефициента R в преходния хоризонт В – при Ni (2,1) и Cu (1,7). Тези елементи към повърхността постепенно намаляват концентрациите си. Единствено цинкът се концентрира главно в повърхностния хоризонт за сметка на по-ниските съдържания в преходния хоризонт. В този профил елементите са слабо до средно диференцирани.

Може да се обобщи, че в почвите от басейна на р. Искър между гр. Нови Искър и гр. Мездра елементите Pb, Mn, Zn, Cu, Co имат най-силна радиална диференциация. Тя се наблюдава при различни почвени типове и различни геохимични ландшафти. Сложната комбинация от фактори за всеки почвен профил е специфична. Направена е характеристика на поведението на изследваните химични елементи в почвената среда.

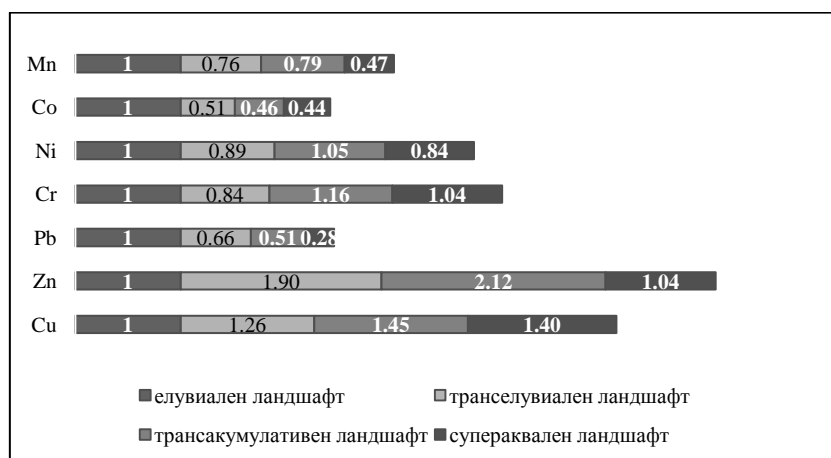
3.3. Латерална геохимична структура

Латералната геохимична структура е парагенетична асоциация от елементарни системи (геохимични ландшафти), които са свързани от миграцията на вещества и енергия от горните хипсометрични нива на релефа към долните, и наречени каскадни ландшафтно-геохимични системи (КЛГС). За нейната характеристика се използва коефициентът на латерална диференциация (K_L или L). Той представлява *съотношение между средното съдържание на елемента в минералните хоризонти на почвата и изветрителната кора (неспоени наноси) от геохимически подчинения елементарен ландшафт и средното съдържание на елемента в същите хоризонти на автономния елементарен ландшафт.*



Фиг. 3.11

Коефициент за латерална миграция (L) в избрана каскадна ландшафтно-геохимична система в Софийска планина



Фиг. 3.12

Коефициент за латерална миграция (L) в избрана каскадна ландшафтно-геохимична система в Мала планина

Представени и анализирани са данни за латералната диференциация в геохимични катени или КЛГС в различни части от водосбора на р. Искър между гр. Нови Искър и гр. Мездра – Софийска, Мала, Понор, Ржана, Врачанска и Мургащ планина.

В каскадната ландшафтно-геохимична система в Софийска планина (фиг. 3.11) най-високи стойности на L има елементът Mn в горната и долната част на склона, съответно 2,59 и 2,47. Средна е диференциацията и при най-ниско разположения трансаккумулятивен ландшафт – 2,2. Тези особености за латералното разпределение на Mn показват, че той се натрупва в горната и долната част на склона в ландшафти с преобладаващо горска растителност. Малко по-слаба е миграцията му към трансаккумулятивния ландшафт с тревна растителност. При Pb, Cd и Cu латералната диференциация е най-добре проявена за транселувиалния ландшафт в горната част на склона (съответно $L = 1,85; 1,67; 1,61$), т. е. тези елементи имат слабо проявена миграция по катената. Вероятно е наличието на геохимична бариера, на която се натрупват тези микроелементи.

В Мала планина (фиг. 3.12) най-активно по катената мигрира Zn, който се натрупва в трансаккумулятивния ландшафт ($L = 2,12$), а на второ място в транселувиалния (1,90). Особеностите на профила дават възможност най-високите стойности на коефициента за латерална миграция и за други три елемента да са свързани с трансаккумулятивния геохимичен ландшафт – Cu, Cr и Ni ($L = 1,45; 1,16; 1,05$). Най-висок коефициент на латерална миграция в супераквалния ландшафт има Cu (1,40). В него по-слабо мигрират хромът и цинкът. В конкретните геохимични условия останалите елементи не мигрират надолу по латералния профил.

По-различни са ландшафтно-геохимичните условия в югозападната част на Понор планина. По склон от водосбора на р. Брезенска са картирани 3 елементарни ландшафта: елувиален, транселувиален и супераквален. С най-висока степен на латерална миграция се отличават Ni и Cr. Коефициентът L е с най-големи стойности за супераквалния ландшафт, съответно, 3,4 и 3,6. В този елементарен ландшафт, като най-ниско звено в каскадната геохимична система, мигрират повечето от изследвани елементи – Cu ($L = 2,08$), Zn ($L = 1,69$), Mn ($L = 1,68$), Co ($L = 1,20$). В транселувиалния ландшафт се задържат само никелът, манганът и хромът. Единствено оловото не мигрира по катената. Тази латерална геохимична система (катена) може да бъде определена като акумулативна, в която елементите се концентрират в подчинения елементарен ландшафт.

В латерален профил в Ржана планина мигрират три елемента – Cu, Zn и Pb. Докато медта мигрира и се концентрира най-много в най-ниско разположения трансаккумулятивен ландшафт ($L = 2,46$), другите два елемента се концентрират повече в повърхностния хоризонт на разположения в долната част на склона транселувиален ландшафт ($L_{Zn} = 1,34; L_{Pb} = 1,34$). Киселите условия на средата подпомагат тази миграция.

3.4. Оценка на замърсяването на почвите от басейна на р. Искър между гр. Нови Искър и гр. Мездра

Замърсяването на почвите може да се анализира чрез съпоставяне на техните конкретни концентрации с почвения фон на района, с почвения фон на страната, с нормативно определени норми за допустимо съдържание на вещества в почвите или др. Направено е сравнение с медианата и горния праг на фона на концентрациите на изследваните елементи в почвите от басейна на р. Искър в Стара планина.

При сравнение с медианата на средното съдържание на елементите в изследвания басейн не може категорично да се определи в кои от пунктовете има замърсяване. Замърсяването на почвите може да се разкрие при сравняване на стойностите с горния праг на почвения фон в изследвания район:

- Cu – 6 от пробите са с концентрации по-високи от горния праг на фона - $K_c = 1,02-6,76$;
- Zn – 3 от пробите са с концентрации по-високи от горния праг на фона - $K_c = 1,7-3,13$;
- Pb – 4 от пробите са с концентрации по-високи от горния праг на фона - $K_c = 1,23-15,07$;
- Cr – няма проби с концентрации по-високи от горния праг на фона;
- Ni – няма проби с концентрации по-високи от горния праг на фона;
- Co – 5 от пробите са с концентрации по-високи от горния праг на фона - $K_c = 1,02-1,40$;
- Mn – 1 проба е с концентрация по-висока от горния праг на фона - $K_c = 1,14$.

Cd – 4 от пробите са с концентрации по-високи от горния праг на фона – $K_c = 1,13-8,52$.

След направения подробен анализ на 23 почвени проби, които имат концентрации, по-високи от горния праг на почвения фон в басейна на р. Искър между гр. Нови Искър и гр. Мездра, могат да се направят следните изводи:

- алувиалните почви от заливната тераса на р. Трескавец над с. Гара Бов са замърсени с изключително високи концентрации на мед и олово – 3 пъти над МДК за медта и 18 пъти над МДК за оловото;
- алувиално-ливадна почва от първата надзаливна тераса на р. Искър при мах. Калугерица, с. Владо Тричков, е замърсена с цинк и кадмий – 1,6 пъти над МДК за цинка и 6 пъти над МДК за кадмия;
- алувиално-ливадна почва от първата надзаливна тераса на р. Искър в с. Зверино, в района на стадиона, е замърсена с мед, олово и цинк – 3,9 пъти над МДК за медта, 2,3 пъти над МДК за оловото и 2,3 пъти над МДК за цинка;
- в плитка почва (тип ранкер) на склон над блатото при мах. Калугерица на с. Владо Тричков са установени аномално високи концентрации на 5 от изследваните елементи, които имат естествен произход – висок местен литогеохимичен фон. Това са елементите мед, цинк, кобалт, манган и кадмий;
- В повърхностния хоризонт на сиви горски почви по склон, близо до пътя за с. Очин дол във Врачанска планина, е концентрирано олово, което е 2,94 пъти над МДК;
- Установена е естествена положителна аномалия на кобалт в скалите и почвите в района на вр. Висока могила в Мала планина, както и в преходните хоризонти на кафяви планинско-горски почви в Софийска планина.

3.5. Замърсяване на почвите в района на минно-металургично предприятие „Елисейна” ЕАД

В течение на дългия период на експлоатация в района на комбината се създават множество кариери, табани, отпадъкохранилища, насипища, утайници и др. През 1989 г. натрупаните промишлени отпадъци са 331 млн. т. Тези обекти и терени не се рекултивират. Твърдите отпадъци са свързани с работата на обогатителната фабрика. Според „Доклад за оценка на щетите от стари замърсявания на „Елисейна” ЕАД” (1999) оборудването на предприятието е със значителна амортизация, а технологичната схема за производство на конверторна мед е неадекватна на съвременните тенденции на екстрактивната металургия на медта. Отсъствието на съвременни прахоуловители, както и пречиствателна станция за отпадъчните технологични води, генерирането на различни по състав и количество отпадъци създават сериозни проблеми за опазването на околната среда в района на с. Елисейна. Част от отпадъците, които предприятието създава, попадат в категорията „опасни отпадъци”: мокър отпадък от газоочистка (оловен шлам), фин прах от пречистване на пещни газове (черен шлам от шахтовата пещ, съставен от прахове от „сухо” прахоулавяне и шлам от „мокри” прахоуловители, които се депонират съвместно), твърди соли, съдържащи сулфати и сулфити (сулфит-сулфатен шлам). През 2004 г. фирмата е обявена в несъстоятелност и предприятието престава да функционира след почти 100-годишен период на експлоатация.

Подробно изследване на почвите в района на ММК „Г. Димитров” и степента на замърсяване с тежки метали и металоиди в землищата на селата Елисейна, Очин дол, Зли дол, Оселна и Зверино е проведено през 1994 г. (Отчет за изпълнението ..., 1994). Изследвани са елементите Zn, Cu, Cd, Pb, As. Това подробно изследване не губи своята актуалност, защото натрупаните концентрации в почвите не могат да намалееят с годините, въпреки спряната експлоатация. Единствено, елементите могат да променят формата под която присъстват в почвата и темпът на нарастване на концентрациите да спадне. Взети са почвени проби от 23 пункта по мрежа, с дълбочина 0–20 cm за обработваемите земи и 0–10 cm за пасищата. Средната проба е съставена от 9 проби събрани от 16 m².

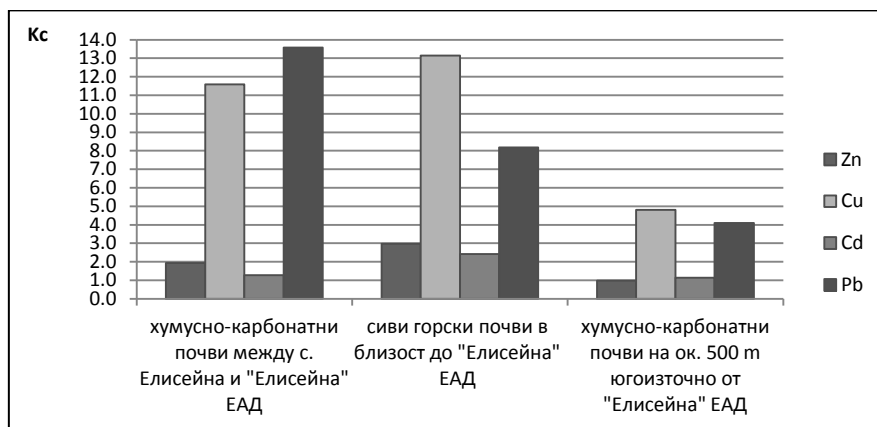
Средното съдържание на изследваните елементи е следното:

Zn: 212 mg/kg (граница на вариране 39–863 mg/kg); Cu: 311 mg/kg (33–1518 mg/kg); Cd: 1,42 mg/kg (0,25–4,75 mg/kg), Pb: 373 mg/kg (31–2450 mg/kg), As: 100 mg/kg (10–950 mg/kg). Спрямо

тогава действащите норми за ПДК от Наредба № 3, 1979 г., средните съдържания на оловото надвишават 8,8 пъти ПДК, тези на медта – 6 пъти ПДК, на арсена – 4,2 пъти ПДК, на цинка – 1,8 пъти ПДК. Средните съдържания на кадмий не надвишават ПДК.

В отделни пунктове измерените стойности са изключително високи. Например, пункт по левия бряг на р. Искър, между с. Елисейна и гара Елисейна в хумусно-карбонатни почви с $pH = 4,1$ съдържа 2450 mg/kg олово, 1338 mg/kg мед, 563 mg/kg цинк, 970 mg/kg арсен. Тогава тези стойности са 94,23 пъти над ПДК за оловото, 63,71 пъти над ПДК за медта, 38,8 пъти над ПДК за арсена и почти 18 пъти над ПДК за цинка.

Съпоставени с настоящата Наредба № 3 от 2008 г. стойностите на оловото са 2,45 пъти по-високи дори от интервенционните концентрации (1000 mg/kg) за индустриални терени, а спрямо МДК за постоянните тревни площи (90 mg/kg) са 27,22 пъти по-високи. Въпреки някои различия в нормативните прагове в двете наредби е категорично ясно, че дългогодишното техногенно въздействие в района е замърсило местните почви необратимо.



Фиг. 3.17

Коефициент на концентрация (K_c) на съдържание на тежки метали в района на „Елисейна” ЕАД спрямо горния праг на почвения фон в басейна на р. Искър между гр. Нови Искър и гр. Мездра

Интересна е съпоставката на тези високи стойности с горния праг на почвения фон за басейна на р. Искър между гр. Нови Искър и гр. Мездра (фиг. 3.17).

Съдържанията на оловото и медта в пунктовете западно и непосредствено до комбината на гара Елисейна са по-високи от горния праг на фона повече от 11–13 пъти. Кадмият надхвърля почвения фон до 3 пъти, а цинкът между 2 и 3 пъти. С отдалечаване на изток от комбината концентрациите постепенно намаляват.

3.6. Определяне на замърсяване според индекса I-geo

Използването на различни показатели, които да позволят по-точно и обективно да се разкриват територии с проблеми, породени от антропогенната дейност, е започнало отдавна. В научната литература са се появили различни наименования и формули на тези показатели, които обаче в крайна сметка се основат на по-опростено или по-сложно изразено съотношение на конкретното съдържание на изследвания замърсител (полютант) в определен природен компонент и неговото средно (фоново) съдържание.

Най-често този показател се нарича просто „коефициент на концентрация – K_c ”. Както в настоящата дисертационна разработка, така и в други публикации, авторът широко използва този показател. В чуждестранната научна литература още след края на 60-те години на XX в. се появяват публикациите на Müller (1969, 1979, 1981), който предлага използването на индекс на геоаккумуляция – I-geo, за изследване на замърсяването на речните седименти. Цитирането и прилагането на този индекс се увеличи през последните години (Boszke et al., 2004; Bhuiyan et al., 2010; Rabee et al., 2011; Chabukdhara and Nema, 2012; Varol and Şen, 2012; Fan, 2014; Hasan et al., 2014; Guo et al., 2014 и др.). Индексът се изразява чрез следното уравнение:

$$I_{geo} = \log_2 \left(\frac{C_n}{1.5 \cdot B_n} \right),$$

където C_n е концентрацията на изследвания елемент n в почва, вода, речни седименти или др., а B_n е стойността на геохимичния фон на елемента n . 1,5 е коригиращ фактор на геохимичния фон поради влиянието на литологията.

Индексът е разделен от Müller (1969) в 7 степени:

$I_{geo} < 0$ – без замърсяване; $0 \leq I_{geo} < 1$ – без замърсяване до умерено замърсяване; $1 \leq I_{geo} < 2$ – умерено замърсяване; $2 \leq I_{geo} < 3$ – умерено до силно замърсяване; $3 \leq I_{geo} < 4$ – силно замърсяване; $4 \leq I_{geo} < 5$ – силно до много силно замърсяване; $I_{geo} \geq 5$ – изключително силно замърсяване.

В настоящото изследване той е изчислен за 4 елемента от почвената покривка в басейна на р. Искър между гр. Нови Искър и гр. Мездра – Cu, Zn, Pb, Mn.

Важно е каква стойност ще се използва като фонова. Индексът е изчислен спрямо две стойности – средно съдържание на елементите в почвите от басейна (медиана) и горния праг на почвения фон. Възможно е същото изчисление да се направи спрямо средното съдържание на тежките метали в скалите на България, спрямо средното им съдържание в почвите от фоновите райони в България, спрямо фоновите стойности за почви в страната, според Наредба № 3, 2008 или др. Във всеки отделен случай ще се получат различни резултати – като брой и като степен на замърсяване. Кой вариант да бъде предпочетен, зависи от целите на изследването. Според нас, най-точен ще бъде резултатът, когато се използват местни или регионални фонове данни.

Стойностите на индекса I-geo са изчислени за всички 68 почвени проби.

В края на анализа се открояват 2 пункта, които са в различна степен замърсени по отношение на тежките метали. На първо място – алувиалните почви от заливната тераса на р. Трескавец над с. Гара Бов. По отношение на Cu тези почви са умерено до силно замърсени, по отношение на Pb – силно до изключително силно замърсени. Другият пункт е алувиално-ливадната почва от надзаливната тераса в района на стадиона на с. Зверино. Тя е умерено замърсена по отношение на Cu, умерено замърсена с Zn, без замърсяване до умерено замърсена с Pb.

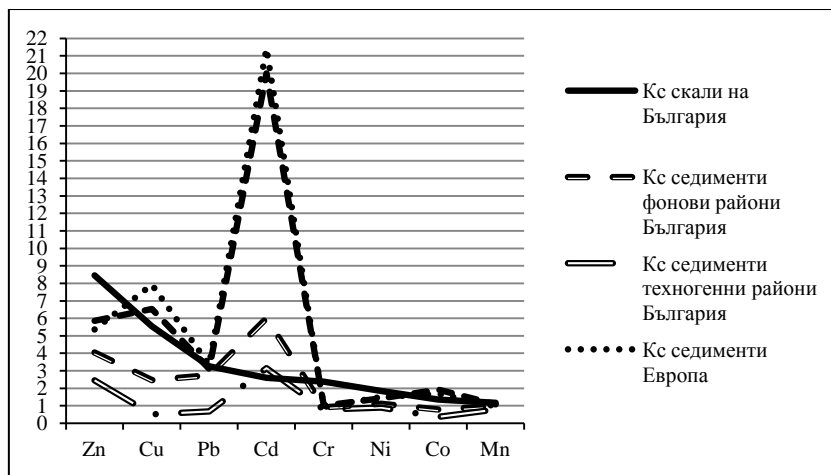
Глава 4. ГЕОХИМИЧНИ ОСОБЕНОСТИ НА ДЪННИТЕ СЕДИМЕНТИ В АКВАЛНИТЕ ЛАНДШАФТИ

4.1. Басейн на р. Искър между гр. Нови Искър и гр. Мездра

Като средна стойност на съдържанието на тежки метали в дънните седименти от изследвания басейн на р. Искър е приета медианата на статистическата редица. Редиците от данни се отличават с високи стойности на коефициента на вариация, особено това се отнася за елементите олово и мед (170 и 117 %). Твърде широки са границите на вариране на концентрациите, което означава, че има промяна на факторите, които определят миграцията и утаяването на химичните елементи.

Средното съдържание на тежки метали в дънните отложения на изследвания басейн на р. Искър се отличава с по-високи стойности спрямо средното им съдържание в скалите на България (Куйкин и др., 2001). Използван е коефициентът на концентрация (K_c). Всички изследвани тежки метали се концентрират в седиментите спрямо скалите. Елементите се подреждат в следния геохимичен ред:

Zn (8,5) > Cu (5,6) > Pb (3,3) > Cd (2,6) > Cr (2,4) > Ni (1,9) > Co (1,4) > Mn (1,2) (фиг. 4.1).

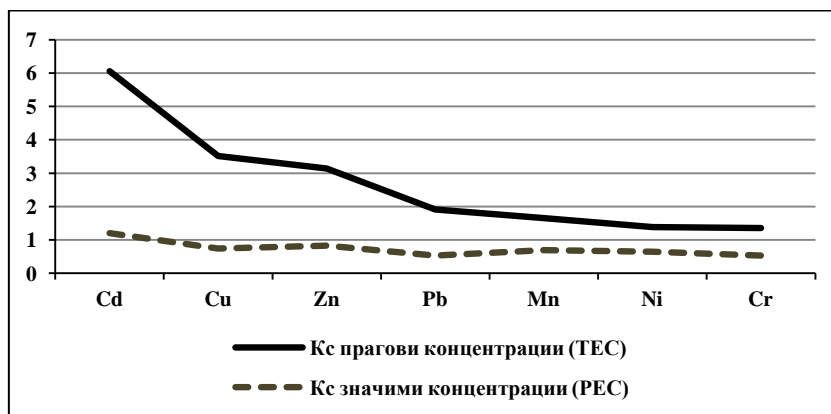


Фиг. 4.1

Коефициент на концентрация (K_c) на тежки метали в дънните седименти от басейна на р. Искър между гр. Нови Искър и гр. Мездра спрямо средното им съдържание в скалите на България, в седиментите от фоновите и техногенните райони на България, в седиментите от реките и заливните тераси в Европа

Важно е и сравнението със стойностите, определени от Агенцията за защита на околната среда на САЩ (US EPA), които са въведени с цел да се определи до колко безопасни за живите организми са концентрациите на различни елементи в седиментите от водните басейни. Въведени са две нива на оценка – прагови концентрации (Threshold Effect Concentrations) и вероятни (значими, с вероятен ефект – Probable Effect Concentrations) концентрации (MacDonald, Ingersoll, 2002). Тъй като в тях липсват норми за елемента Mn, са използвани тези, определени за оценка на качеството на седиментите в провинция Онтарио, Канада (Guidelines..., 2008). Не са определени норми за Co.

На фиг. 4.2 е показан коефициентът на концентрация на средното съдържание на тежки метали в седиментите от изследвания басейн на р. Искър в сравнение с нормите на US EPA. Всички изследвани елементи имат концентрации над праговите стойности (TEC), като при Cd те са по-високи ок. 6 пъти. Единствено този елемент има коефициент на концентрация по-голям от 1 спрямо значимите и с вреден ефект концентрации (PEC) – $K_c = 1,2$.



Фиг. 4.2

Коефициент на концентрация (K_c) на тежки метали в дънните седименти от басейна на р. Искър между гр. Нови Искър и гр. Мездра спрямо праговите (TEC) и значимите (с вероятен вреден ефект, PEC) концентрации на US EPA

4.2. Поречие Искър

Съвсем различна е ситуацията, когато се съпоставят основните усреднени данни и прагове с химичния състав на отделните места на пробовземане.

На фиг. 4.3 е представено изменението на съдържанието на **Cu** в дънните седименти по протежението на цялото изследвано поречие на р. Искър. Всички измерени концентрации са по-високи от фона в България и Европа и от праговите стойности за седименти в САЩ (TEC). По-

голяма част от пробите имат съдържания на мед по-високи и от значимите, с вероятен вреден ефект нормирани стойности (РЕС).



Фиг. 4.3

Съдържание на мед (mg/kg) в дънните седименти по течението на р. Искър между гр. Нови Искър и гр. Мездра

Концентрациите варират в твърде широки граници (66–980 mg/kg) Отпечатъкът на функционирането на минно-металургичния комбинат „Елисейна” чрез разпространението на медта се открива надолу по течението на повече от 25 km.

Сходна динамика в разпространението в дънните седименти на р. Искър в изследвания басейн и имат и елементите **цинк** и **олово**.

Следващ химичен елемент с опасно високи концентрации е **Cd** (фиг. 4.6). Съдържанието му варира от 2 до 23 mg/kg. Всички пунктове са с по-високи концентрации от фона за речните седименти в България и Европа, както и от праговите концентрации, определени от Агенцията за защита на околната среда на САЩ (US EPA). Изключително високо е концентрирането на кадмий в седиментите още преди навлизането на реката в изследвания басейн. При пункт № 1 съдържанието в седиментите е 20 mg/kg кадмий, което е ок. 4 пъти над прага на значимите и с вреден ефект концентрации (РЕС) и ок. 10,5 пъти над средните стойности за седиментите от техногенните райони на България



Фиг. 4.6

Съдържание на кадмий (mg/kg) в дънните седименти по течението на р. Искър между гр. Нови Искър и гр. Мездра

Високият литогеохимичен фон на **Mn** в части от басейна на р. Искър се отразява в химичния състав на седиментите в някои от пунктовете по поречието на главната река. Концентрациите варират от 539 до 1720 mg/kg. Всички пунктове са над праговите концентрации (ТЕС), а 10 от тях са под фоновите стойности за България и Европа. Тези пунктове са разпределени по цялото поречие (фиг. 4.7).



Фиг. 4.7

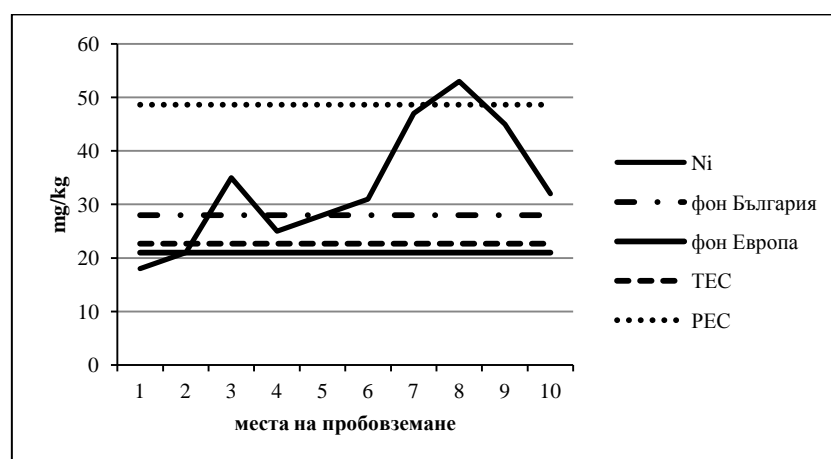
Съдържание на манган (mg/kg) в дънните седименти по течението на р. Искър между гр. Нови Искър и гр. Мездра

Пиковите концентрации по течението са в резултат повече на естествени литогеохимични особености и в по-малка степен на антропогенно влияние.

Анализирани са и останалите химични елементи – Cr, Ni и Co.

4.3. Поречие Искрецка река

В 10 пункта са опробвани седиментите на р. Искрецка, най-големият ляв приток на р. Искър в Стара планина. Те са разположени последователно по течението на реката от с. Бучин проход до гр. Своге. Изследвана е динамиката на всички елементи-тежки метали. **Медта** е с концентрации под значимите и с вероятен вреден ефект (РЕС). Изцяло фоново е разпределението на този елемент в седиментите на реката. Всички пунктове са далеч под значимите и с вреден ефект концентрации (РЕС) по отношение на **Zn**, но почти всички от тях са с по-високи от средните фонове стойности за дънни седименти от речните басейни на страната. Във водосборния басейн на р. Искрецка съществува положителна литохимична аномалия на цинк. Възможно е това да е една от причините за по-високите концентрации като цяло, към която се добавя и антропогенно въздействие. Пункт, разположен между с. Свидня и завода за шоколадови изделия на фирма „Монделез”, който е с изключително високо съдържание на **Pb** – 690 mg/kg. Тази стойност превишава 5,3 пъти РЕС и 6,7 пъти средните съдържания в седиментите от техногенните райони на страната. Очевидно е антропогенното влияние върху тази концентрация, която рязко се отличава от останалите. Пробата е взета след фабриката за картонени опаковки в с. Свидня и нейното въздействие върху седиментите е твърде вероятно.



Фиг. 4.16

Съдържание на никел (mg/kg) в дънните седименти по течението на р. Искрецка

Съдържанието на **никел** в дънните седименти на р. Искрецка варира от 18 до 53 mg/kg. Повечето пунктове имат концентрации над фоновете за страната и реките от Европа (фиг. 4.16).

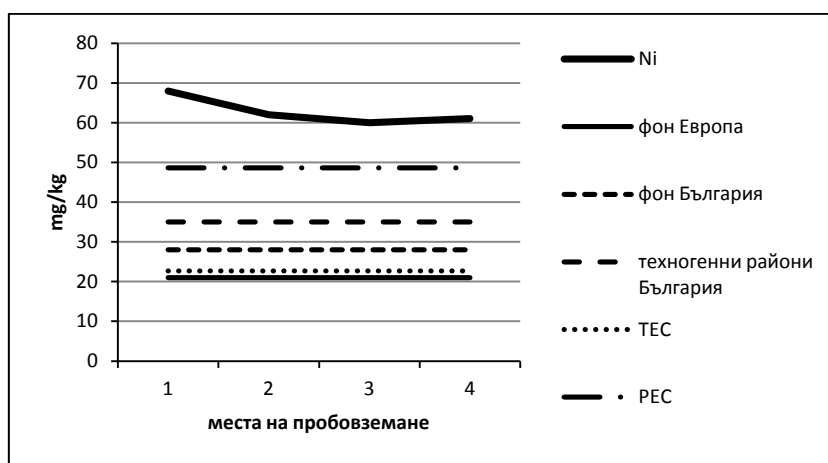
Особено се откроява пункт № 8, разположен след завода за шоколадови изделия, чиято концентрация достига 53 mg/kg никел. Превишението над значимите с вероятен вреден ефект концентрации (РЕС) е 1,09 пъти.

Манганът и кобалът имат фонова миграция на в поречието на р. Искрецка. Съдържанието на **кадмий** в седиментите на р. Искрецка е под долния праг на чувствителност на лабораторния анализ.

4.4. Поречие Батулийска река

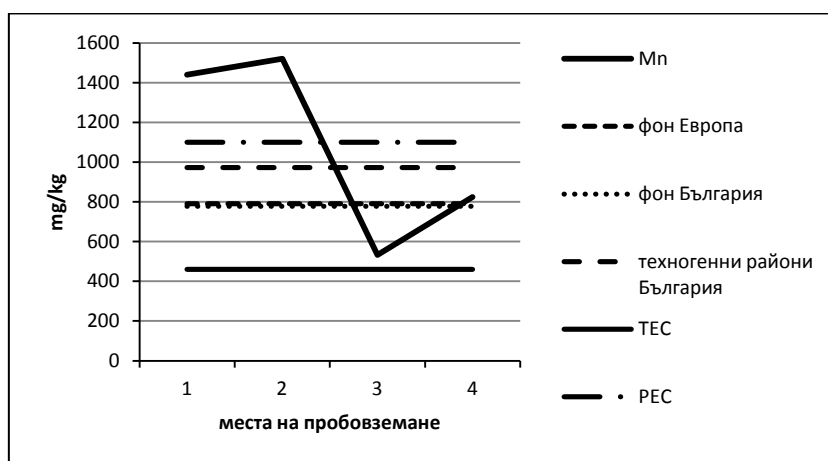
Басейнът на р. Батулийска се формира на територията на Софийска, Голема и Мургаш планина. Дънните седименти на главната река и един от притоците ѝ – Салтарски дол, са опробвани в 5 пункта.

Откроява се съдържанието на **никел** в седиментите на р. Батулийска и нейните притоци. Всички пунктове, особено р. Салтирски дол, съдържат никел в по-високи концентрации спрямо петте фактора за съпоставяне (фиг. 4.20). Концентрациите по течението се изменят от 68 mg/kg до 60 mg/kg, а в седиментите на р. Салтирски дол достигат 114 mg/kg. Тези високи концентрации се транспортират и в седиментите на р. Искър. За района на водосбора литогеохимичните карти показват аномални концентрации на никел между 60 и 100 mg/kg (Панайотов и др., 1990). Химичният състав на седиментите е резултат от тази положителна интензивна литохимична аномалия.



Фиг. 4.20

Съдържание на никел (mg/kg) в дънните седименти по течението на р. Батулийска



Фиг. 4.21

Съдържание на манган (mg/kg) в дънните седименти по течението на р. Батулийска

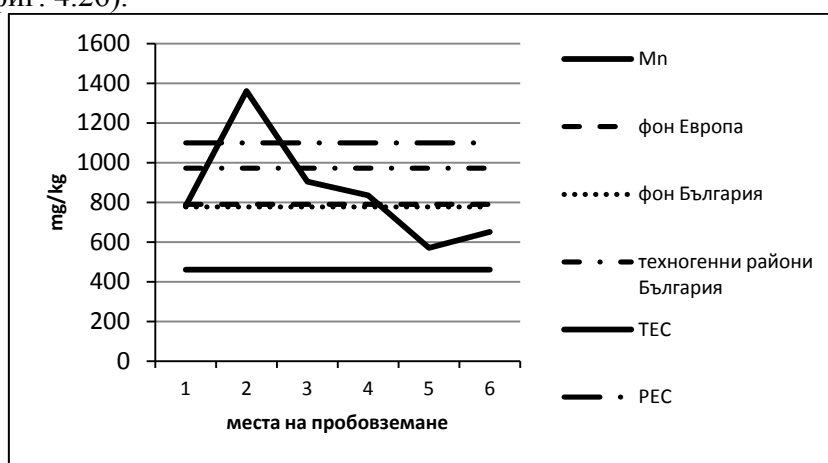
Друга положителна литохимична аномалия във водосборния басейн на р. Батулийска определя съдържанието на **манган** в дънните седименти. Пунктовете от средната част на течението – преди и след с. Бакъвово имат концентрации на манган значително по-високи от всички показатели, използвани за сравнение (фиг. 4.21). Според литохимичните карти за района концентрациите на този елемент варират от 1400 до 7000 mg/kg (Панайотов и др., 1990). Това влияние е много силно отразено в почвената покривка, и в по-малка степен в – дънните седименти. В долното течение това

литохимично влияние отслабва и концентрациите се понижават до стойности значително под или близки до фоновете за страната. По поречието на реката стойностите за мангана се изменят от 1440 до 532 mg/kg, докато в седиментите на р. Салтирски дол те са значително по-високи – 2280 mg/kg.

4.5. Поречие Габровница

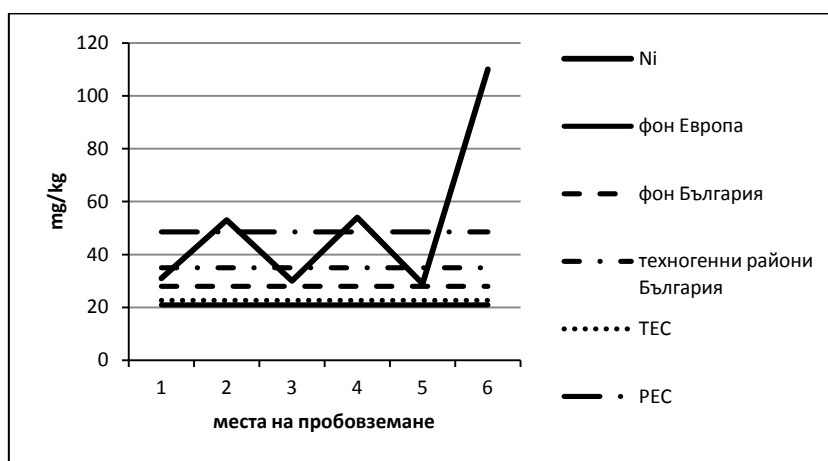
В басейна на р. Габровница са проявени литохимични аномалии, има наличие на орудявания, рудни проявления и експлоатирани находища. Този литогеохимичен фон проявява своето разсейване и в седиментите на реката.

Полета с интензивни положителни аномалии на **Mn** (2500 mg/kg) са добре изразени в средната част от долината на р. Габровница, като на запад продължават на територията на Голема планина до с. Лакатник, а на изток достигат Ръжанска река. Този аномален литохимичен фон се отразява върху концентрациите на елемента в речните седименти в участъка след с. Осеновлаг, където в пункт № 2 е измерена максималната стойност от 1360 mg/kg. Тя е 1,3 пъти по-висока от значимите концентрации (РЕС) и 1,4 пъти по-висока спрямо средната стойност за съдържанието на манган в седиментите от техногенните райони на България. Това говори за рисково състояние на тази част от поречието. Надолу концентрациите бързо намаляват и в долното течение те са по-ниски от средната стойност за фона на България (фиг. 4.26).



Фиг. 4.26

Съдържание на манган (mg/kg) в дънните седименти по течението на р. Габровница



Фиг. 4.27

Съдържание на никел (mg/kg) в дънните седименти по течението на р. Габровница

В горната и средната част от водосбора на р. Габровница са оформени полета с интензивни и максимални положителни литохимични аномалии на **никел** със стойности 80–100 mg/kg. Тези факти обясняват по-високите от българския и европейския фон стойности на никела във всички пунктове от течението на реката (фиг. 4.27). Пиковите стойности (53, 54 и 110 mg/kg) се редуват със стойности по-близки до фоновете в страната и по-ниски от средните за техногенните водосбори в България. Преди устието концентрацията на никел рязко се покачва и превишава 2,3 пъти значимите, с

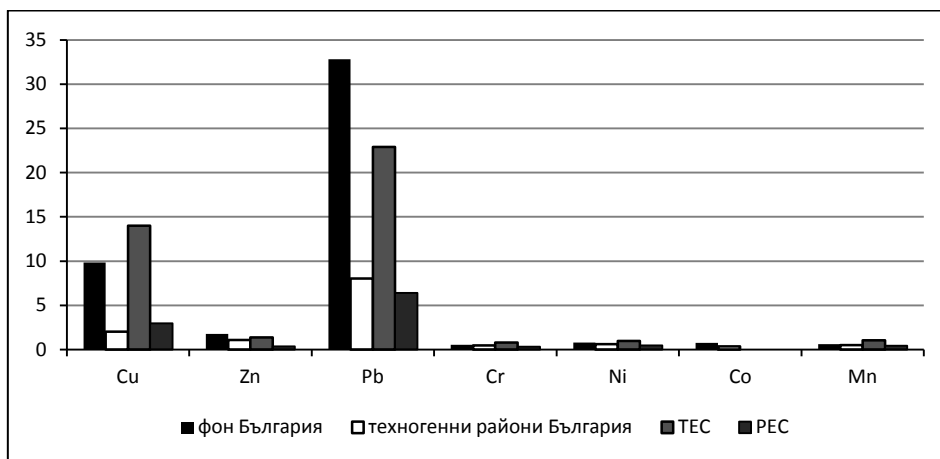
вероятен вреден ефект стойности (PEC) и 3,5 пъти – средната стойност за седиментите от техногенните райони на страната. Не може със сигурност да се определи дали и доколко има антропогенен фактор, който да допринесе за високата стойност.

4.6. Поречие Трескавец

Водосборният басейн на реката е в обхвата на Издремецкото рудно поле. На негова територия са работили мините „Христо Ботев”, с. Бов (1953–1967 г.) и „Издремец” (1953–1975 г.) за добив на медни и оловно-цинкови руди (Милев и др., 1996). Функционирала е и обогатителна фабрика „Издремец”. Във водосборния басейн и в близост до границите му са на лице полета с положителни литохимични аномалии на манган, мед, хром.

На фиг. 4.30 са изобразени измененията на коефициента на концентрация (K_c) на изследваните елементи-тежки метали (без кадмий) спрямо фоновете стойности за седименти в България и Европа, праговете и значимите с вероятен вреден ефект концентрации (TEC и PEC) за проба № 40, разположена в долното течение на р. Трескавец и съвпадаща с л. т. № 1 от ландшафтно-геохимичния профил по реката. Три от изследваните елементи имат концентрации над средните фонове стойности за седиментите в България – олово (820 mg/kg), мед (442 mg/kg) и цинк (168 mg/kg). Тези високи стойности на концентрация, особено на оловото, са резултат от акумулираните продукти от добивната и обогатителната дейност в речния басейн. Въпреки че тя е приключила значително отдавна, силният техногенен натиск и миграция на тежки метали продължават в резултат на руднични и др. повърхностни и подземни водни потоци. Мините в района са затворени, но табаните около тях не са рекултивирани. Част от сградите в района на мина „Издремец” съществуват, както и старо хвостохранилище на обогатителната фабрика.

Подобни са стойностите на коефициента K_c и в пункт в горното поречие на р. Трескавец.



Фиг. 4.30

Коефициент на концентрация (K_c) на съдържанието на тежки метали в дънните седименти от л. т. № 1 от долното течение на р. Трескавец над с. Гара Бов (проба № 40) спрямо средни фонове и техногенни стойности и прагове (TEC) и значими (PEC) концентрации

4.7. Поречие Искър – повторно пробовземане на дънни седименти и първо опробване на седименти от заливни тераси

Отново в период на маловодие, за втори път, бяха взети проби от дънни седименти по главната река Искър в 21 пункта. Това пробовземане беше повлияно и от поредното изпускане на непречистени води от ГПСОВ в с. Кубратово.

Направено е сравнение на някои статистически показатели и средни стойности на двете пробовземания: 7 от 8-те елемента-тежки метали са с по-ниски минимални стойности в седиментите от II-то пробовземане (изкл. Cr); максималните концентрации за 6 от изследваните 8 химични елемента са по-високи в дънните седименти от I-то пробовземане (изкл. Ni и Mn); медианата на редицата от статистически данни е по-висока за 5 от елементите от I-то пробовземане (изкл. Zn, Ni и Co); средната аритметична стойност е по-висока за съдържанието на 5 от химичните елементи от I-то

пробовземане (изкл. Zn, Ni, Co); за 4 от елементите коефициентът на вариация е по-висок в седиментите от I-то опробване (Zn, Cr, Ni, Co), а за останалите – от II-то.

През II-то пробовземане с по-високи концентрации в дънните седименти на р. Искър са Ni, Zn и Co. С почти изравнени средни съдържания от двете пробовземания са елементите Cu и Cr. По-високи концентрации през I-то пробовземане имат елементите Mn, Pb и Cd.

По време на II-то изследване на дънните седименти на р. Искър бяха взети проби от **седиментите на заливната тераса** в 9 пункта преди и след минно-металургичния комбинат на гара Елисейна, както и 3 проби от хвоста и шлаковия материал на „Елисейна” ЕАД.

Направеният анализ на съдържанието на 8 елемента – тежки метали в седиментите от заливните тераси на р. Искър в участъка след минно-металургичното предприятие „Елисейна” ЕАД показва в още по-голяма степен опасното техногенно влияние на дейността му върху супераквалните и аквалните геохимични ландшафти. Заливните тераси запазват отпечатъка на въздействие и резултата на неговия кумулативен ефект. Те разкриват процесите на динамика на старите отлагания и замърсявания. Не случайно коефициентът K_c за съотношението седимент заливна тераса : дънен седимент, при 7 от изследваните елементи е > 1 . Може да бъде съставен следният геохимичен ред:

Ni ($K_c = 1,75$) $>$ Pb (1,45) $>$ Cu (1,3) = Cr (1,3) $>$ Co (1,18) $>$ Mn (1,13) $>$ Zn (1,08) $>$ Cd (0,92).

Глава 5. БИОГЕОХИМИЧНИ ОСОБЕНОСТИ НА РАСТИТЕЛНОСТТА В БАСЕЙНА НА Р. ИСКЪР МЕЖДУ ГР. НОВИ ИСКЪР И ГР. МЕЗДРА

Особено място в настоящото изследване има значението на естествените биогеохимични ореоли на разсейване на елементите, проследени в дървесна, храстова и тревна растителност в рамките на планините Софийска, Мала, Понор, Голема, Врачанска и Ржана, които формират водосбора на р. Искър в Стара планина. За сравняване на концентрациите е използван коефициентът A_x (или Коефициент на биологично поглъщане $K_{бп}$), който представлява отношение между съдържанието на определен химичен елемент в пепелния остатък на растението и неговото съдържание в почвата или скалата, върху която то расте. Ако $A_x > 1$, то изследваният елемент се натрупва в растението, а ако $A_x < 1$ – елементът се захваща от него. Коефициентът A_x не е константна величина, той се променя във времето (напр., през фазите на вегетация), зависи от възрастта на организма, почвите и др. условия. При микроелементите, каквито са и тежките метали, за даден вид растение A_x може да се колебае от 100 до 1000 пъти (Перельман, 1975).

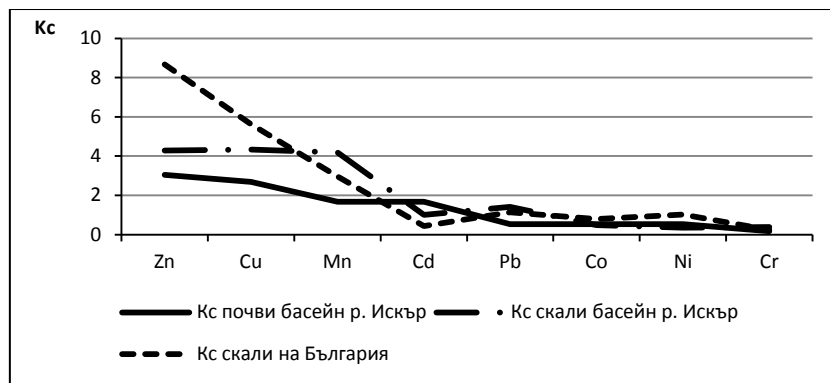
На територията на по-горе посочените планински ландшафти са събрани образци от листна маса на следните дървесни и храстови видове: горун (*Quercus dalechampii* Ten.), обикновен бук (*Fagus sylvatica* L.), мизийски бук (*Fagus sylvatica* L. ssp. *moesiaca*), цер (*Quercus cerris* L.), полски клен (*Acer campestre* L.), мъждрян (*Fraxinus ornus* L.), келяв габър (*Carpinus orientalis* Mill.), обикновен габър (*Carpinus betulus* L.), обикновен дрян (*Cornus mas* L.), дива круша (*Pyrus communis* L.), акация (*Robinia pseudoacacia* L.) Взети са образци и от лопен (*Verbascum lychnitis* L.), горска теменужка (*Viola riviniana* Rchb.), орлова папрат (*Pteridium aquilinum* (L) Kuhn.), смрадлика (*Cotinus coggygria* Scop.) и тревни интегрални проби (от площ с размер 1 m²). Опробвани са мъхове и мортмаса.

Съпоставката на средното съдържание (медиана) на изследваните тежки метали в растителността спрямо средното им съдържание в почвите и скалите на изследвания басейн и в скалите на България с помощта на коефициента на концентрация (K_c) е изобразено на фиг. 5.1.

Изследваните елементи в растителността по отношение на концентрирането им спрямо средното съдържание в почвите от изследвания басейн на р. Искър се подреждат в следния геохимичен ред:

Zn (3,05) $>$ Cu (2,68) $>$ Mn (1,68) $>$ Cd (1,67) $>$ Pb (0,53) = Co (0,53) = Ni (0,53) $>$ Cr (0,17).

При изследване на конкретната връзка растение-почва в различните геохимични ландшафти от басейна на р. Искър между гр. Нови Искър и гр. Мездра коефициентът на биологично поглъщане показва широко вариране.



Фиг. 5.1

Коефициент на концентрация (K_c) на средното съдържание на тежки метали в растителността от басейна на р. Искър между гр. Нови Искър и гр. Мездра спрямо средното им съдържание в почвите и скалите от същия басейн и средното им съдържание в скалите на България (по Куйкин и др., 2001)

В Софийска планина най-високи стойности на коефициента A_x имат елементите $Pb = 14,46$, което се натрупва енергично в листата на горуна и $Mn = 10,04$ – в листата на обикновения габър. Долните граници на вариране на стойностите на A_x за двата елемента се отнасят за листата на дивата круша, съответно 0,14 и 0,53, където те са слабо биологично захванати. Cu и Zn се поглъщат най-вече от тревната растителност в билния (елувиален) геохимичен ландшафт – $A_x = 2,67$ и 5,26.

Оловото и манганът са най-енергично натрупващите се елементи в растителните проби от Понор планина. Те се концентрират в мъх (17,46) и мортмаса (16,39) на букова гора от транселувиален ландшафт по десния долинен склон на р. Пребойница. Cu се натрупва силно във всички изследвани видове (A_x варира между 2,05 и 9,7). Zn също се натрупва силно във всички изследвани растителни проби ($A_x = 1,6-7,6$). И двата елемента са важни за храненето на растенията. Листата на обикновения бук концентрират най-силно Cu и Mn (7,42 и 7,26), тези на мъждряна, полския клен и тревната интегрална проба – Cu и Zn .

Във Врачанска планина горската теменужка е растителният вид, в който от слабо до енергично се натрупват всички изследвани елементи без Pb . Цинкът се натрупва енергично в този вид – $A_x = 23,48$. Освен при горската теменужка, Zn и Cu се натрупват най-изразено, в сравнение с останалите растителни видове, в листата на клена ($A_x = 6,13$ и 3,83). Листата на келявия габър концентрират най-силно Mn – $A_x = 5,34$.

Голема планина се отличава с изключително високите концентрации на Mn в растителните проби – при обикновения бук, мортмасата от буков опад и мъх. Очевидно високият литогеохимичен фон в района е оказал твърде силно влияние върху акумулацията на манган в буковите листа и неговата мортмаса. Листата на обикновения бук натрупват енергично Ni (15) и силно Zn (5,79).

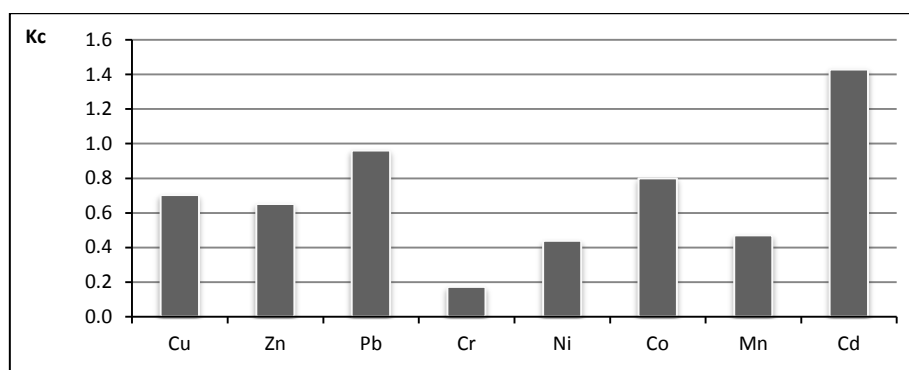
В Мала планина са опробвани листа от обикновен габър, горун и дрян. Тук няма елементи, които да се натрупват енергично. Най-високи стойности за A_x има Mn в листата на обикновения габър – 7,08. Горунът натрупва силно цинк (5,61), мед (2,48) и манган (1,88).

Таблица 5.8 представя обобщение на резултатите според степента им на биологично поглъщане. Най-голям брой проби (5) с енергично натрупване има елементът Mn – в листа на обикновен бук, мортмаса, мъх, тревна растителност, в резултат от литогеохимично влияние и полета с интензивна положителна аномалия на елемента в района на Голема планина и Издремецкото рудно поле, както и в тревна растителност от Понор планина. Най-много растителни проби попадат в диапазона на силното биологично поглъщане ($A_x = 1-10$) за елементите Cu и Zn (86 и 89 %), следвани от Mn (47,4 %). Това е закономерно от гледна точка на важността на тези микроелементи за храненето на растенията.

Разпределение на броя растителни проби на изследваните елементи-тежки метали според степента им на биологично поглъщане, изчислена с коефициента A_x

	Cu	Zn	Pb	Cr	Ni	Co	Mn
Енергично ($A_x = 100-10$)	1	1	3	0	2	0	5
Силно ($A_x = 10-1$)	33	34	7	4	14	10	18
Средно ($A_x = 1-0,1$)	4	3	23	30	21	15	15
Слабо и много слабо ($A_x = 0,1-0,001$)	0	0	5	4	3	13	0

Съпоставени със средните съдържания на изследваните тежки метали в растителността на сушата (пепелен остатък), средните стойности (медиана) на съдържанията им в растителните видове от басейна на р. Искър в Стара планина са преобладаващо по-ниски, с изключение на елемента Cd (фиг.5. 2).



Фиг. 5.2

Коефициент на концентрация (K_c) на средното съдържание на тежки метали в пепелния остатък на растителността от басейна на р. Искър между гр. Нови Искър и гр. Мездра спрямо средното им съдържание в ежегодния прираст на растителността на сушата (Добровольский, 2009)

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Басейнът на р. Искър между гр. Нови и Искър и гр. Мездра се отличава с изключително сложна природно-антропогенна характеристика. Голямото литоложко и литохимично разнообразие оказва съществено влияние върху концентрацията и разсейването на химичните елементи. На лице е висок естествен фон на повечето от изследваните елементи в отделни ландшафтно-геохимични профили и катени. Разпространените рудни находища и рудопроявления, тяхната експлоатация и нейното последващо преустановяване са изменили значително ландшафтно-геохимичната обстановка. Това се проследява в изследваните почви, дънни седименти, растителност. Най-силен отпечатък върху природните комплекси е оставил най-дълго функциониращият добивен и преработващ металургичен обект в България – минно-металургичният комбинат при гара Елисейна. Доминантно влияние върху природната среда има бившата добивна и преработваща дейност на минерални ресурси. Към нея се добавя влиянието на функциониращите селищна мрежа, транспортна инфраструктура, други видове стопанска дейност.

Особеност на изследвания водосбор е неговата „отвореност“ в двете посоки – вход и изход, като част от средното поречие на река Искър. На неговия „вход“ постъпва миграционен поток на елементи и съединения от Софийското поле с висока степен на замърсяване. Към него, с различни амплитуди и вариране, се добавят нови потоци от приточните водосбори или от отделни обекти, разположени непосредствено до речното течение. Оформят се участъци с краткотрайно или устойчиво и дълговременно повишаване на концентрациите. „Изходът“ на речната система не показва признаци на „самоочистване“. Тези процеси най-вероятно се осъществяват на много по-голямо разстояние, извън рамките на изследвания водосбор.

Конкретните **изводи**, направени за отделните изследвани геохимични ландшафти, компоненти и химични елементи, са следните:

1. Елементите Zn, Pb, Cu, Mn и Ni се открояват като концентриращи се в почвите на изследвания район едновременно както в сравнение със скалния фон, така и с почвите от фоновите райони на страната. Наличието на различни територии с орудявания или рудни проявления и литогеохимичният фон обясняват по-високите средни стойности на изследваните химични елементи-тежки метали в почвите. Горната граница на техните фонове концентрации е по-висока от средните съдържания на елементите в скалите и почвите на България и почвите в Европа. Средните стойности в почвите от изследвания басейн на р. Искър също могат да бъдат определени като фонове и естествено завишени.
2. Най-силна е радиалната диференциация на елементите Pb, Mn, Zn, Cu и Co. Тя се наблюдава при различни почвени типове и геохимични ландшафти. Сложната комбинация от фактори за всеки почвен профил е специфична. Установена е разнообразна латерална миграция на изследваните елементи-тежки метали, като част от геохимичните катени имат акумулативен характер – най-силна е миграцията към най-ниско разположените елементарни геохимични ландшафти (Понор, Мургаш и др.).
3. Установено е замърсяване на: алувиални почви от заливната тераса на р. Трескавец над с. Гара Бов с изключително високи концентрации на мед и олово; алувиално-ливадна почва от първата надзаливна тераса на р. Искър при мах. Калугерица, с. Владо Тричков, замърсена с цинк и кадмий; алувиално-ливадна почва от първата надзаливна тераса на р. Искър в с. Зверино, в района на стадиона, замърсена с мед, олово и цинк. След прилагането на геоаккумуляционният индекс I_{geo} се открояват 2 пункта със замърсяване на почвите. На първо място – алувиалните почви от заливната тераса на р. Трескавец над с. Гара Бов. По отношение на Cu тези почви са умерено до силно замърсени, по отношение на Pb – силно до изключително силно замърсени. Другият пункт е алувиално-ливадната почва от надзаливната тераса в района на стадиона на с. Зверино. Тя е умерено замърсена по отношение на Cu, умерено замърсена с Zn, без замърсяване до умерено замърсена с Pb.
4. В плитка почва (тип ранкер) на склон над блатото при мах. Калугерица на с. Владо Тричков са установени аномално високи концентрации на 5 от изследваните елементи, които имат естествен произход – висок местен литогеохимичен фон. Това са елементите Cu, Zn, Co, Mn и Cd. Установена е естествена положителна аномалия на Co в скалите и

почвите в района на вр. Висока могила в Мала планина, както и в преходните хоризонти на кафяви планинско-горски почви в Софийска планина.

5. Стогодишният експлоатационен период ММК „Елисейна” ЕАД е нанесъл непоправими последици върху местния ландшафтно-геохимичен фон, превръщайки го от естествен в техногенен, което се доказва и от резултатите в настоящото изследване. Сегашното състояние на неработещият комбинат продължава да бъде източник на замърсители (основно Cu, Zn, Pb, Cd и As). Дънните седименти в поречието на р. Искър след металургичното предприятие „Елисейна” ЕАД са с изключително високи концентрации на Cu, Zn, Pb, Cd и Mn, които надвишават значимите, с вероятен вреден ефект, прагови стойности (РЕС) на Агенцията за опазване на околната среда на САЩ и средните стойности за дънни седименти в техногенните райони на България. Седиментите на р. Трескавец разкриват техногенен ореол на разсейване на елементите олово и мед. Направеният анализ на съдържанието на 8 елемента – тежки метали в седиментите от заливните тераси на р. Искър в участъка след минно-металургичното предприятие „Елисейна” ЕАД показва в още по-голяма степен опасното техногенно влияние на дейността му върху супераквалните и аквалните геохимични ландшафти. Заливните тераси запазват отпечатъка на въздействие и резултата на неговия кумулативен ефект. Те разкриват процесите на динамика на старите отлагания и замърсявания. Коефициентът K_c за съотношението седимент заливна тераса : дънен седимент при 7 от изследваните елементи $e > 1$;
6. Литохимичните аномалии се разпространяват и в дънните седименти на реките от изследвания басейн – в седиментите на р. Батулийска и р. Габровница се открива ореол на разсейване на елементите Ni и Mn. Литохимичната аномалия на Mn се открива и в седиментите на р. Искър от отделни участъци на поречието.
7. Mn се натрупва енергично в листа на обикновен бук, мортмаса, мъх, тревна растителност, в резултат от литогеохимично влияние и полета с интензивна положителна аномалия на елемента в района на Голема планина и Издремецкото рудно поле, както и в тревна растителност от Понор планина. Горската теменужка натрупва средно до силно повечето от изследваните тежки метали, а мъховете са силни концентратори на тежки метали, най-вече – на Pb, Mn, Cu и Zn.
8. Най-много растителни проби попадат в диапазона на силното биологично поглъщане ($A_x = 1-10$) за елементите Cu и Zn (86 и 89 %), следвани от Mn (47,4 %). Това е закономерно от гледна точка на важността на тези микроелементи за храненето на растенията.

Басейнът на р. Искър в Искърския пролом между гр. Нови Искър и гр. Мездра остава голямо научно предизвикателство. В резултат на извършеното изследване и направените изводи, могат да бъдат направени **препоръки**, както за следващи научни изследвания, така и във връзка с управлението на територията и опазването на околната среда:

1. Бъдещите изследвания в този басейн трябва да бъдат още по-подробно насочени към изучаване на връзката между литогеохимичните условия и почвената покривка, с включване на повече химични елементи и съединения, включително макроелементи, и техните подвижни форми.
2. При изследване на проблемите на замърсяването на почвите да се прилага коректно установен местен почвен фон.
3. Необходима е рекултивация на затворените мини и преработвателни съоръжения на територията на Издремецкото рудно поле и басейна на р. Трескавец
4. Необходима е спешна рекултивация на откритите насипи от отпадъчен материал по десния бряг на р. Искър в района на бившето минно-металургично предприятие на гара Елисейна, както и цялостно, комплексно управленско решение за бъдещето на площадката и свързаните с нея сгради и др. инфраструктура.
5. Високото съдържание на тежки метали в почвите от землищата на селата Елисейна, Зверино, Оселна, Зли дол изисква да има предписания относно отглеждането на земеделска продукция и използването на пасищата.

6. Да се увеличи площта на изследване на седиментите от заливните тераси, особено в районите на населените места и старите минодобивни обекти.

7. Да се изследват и анализират особеностите за акумулиране на замърсители в седиментите на новоизградените язовири на поредицата малки ВЕЦ, като част от система за мониторинг на околната среда в райони с руслови МВЕЦ.

8. Да се продължат и задълбочат изследванията на биогеохимичните ореоли на разсейване на тежки метали в растителността.

СПРАВКА

за приносите в дисертационния труд

1. За пръв път е извършено ландшафтно-геохимично изследване на басейна на р. Искър между гр. Нови Искър и гр. Мездра с помощта на системния (басейновия) подход като са анализирани миграцията и диференциацията на елементите-тежки метали Cu, Zn, Pb, Cr, Ni, Co, Mn, Cd в различни елементарни автономни и подчинени геохимични ландшафти в радиална и латерална посока. Съставени са карти на териториалното разпределение на концентрацията на елементите в почвите, дънните седименти и растителността от изследвания басейн на р. Искър на базата на различията им в стандартното отклонение от средната стойност.
2. Приложени са математико-статистически методи за определяне на почвения фон в изследвания район. Доказано е замърсяване в отделни почвени профили на базата на анализ и оценка на литогеохимичната специализация на изследвания басейн в съчетание с почвения фон и геоаккумуляционния индекс I_{geo} . Доказано е водещото значение на литогеохимичния фон при анализиране на почвеното замърсяване.
3. Приложен е съвместен анализ на съдържанието на тежки метали в дънните седименти и седиментите от заливните тераси за част от поречието на р. Искър, в резултат на който се доказва високата степен на риск от дългогодишно и непреодолимо замърсяване на крайречните геохимични ландшафти. Установено е влиянието на местния висок литогеохимичен фон върху аквалните геохимични ландшафти.
4. Установена е биогеохимичната специализация на доминантни растителни видове по отношение на способността им да поглъщат и разсейват в различна степен изследваните тежки метали.

СПИСЪК

на публикациите във връзка с темата на дисертационния труд

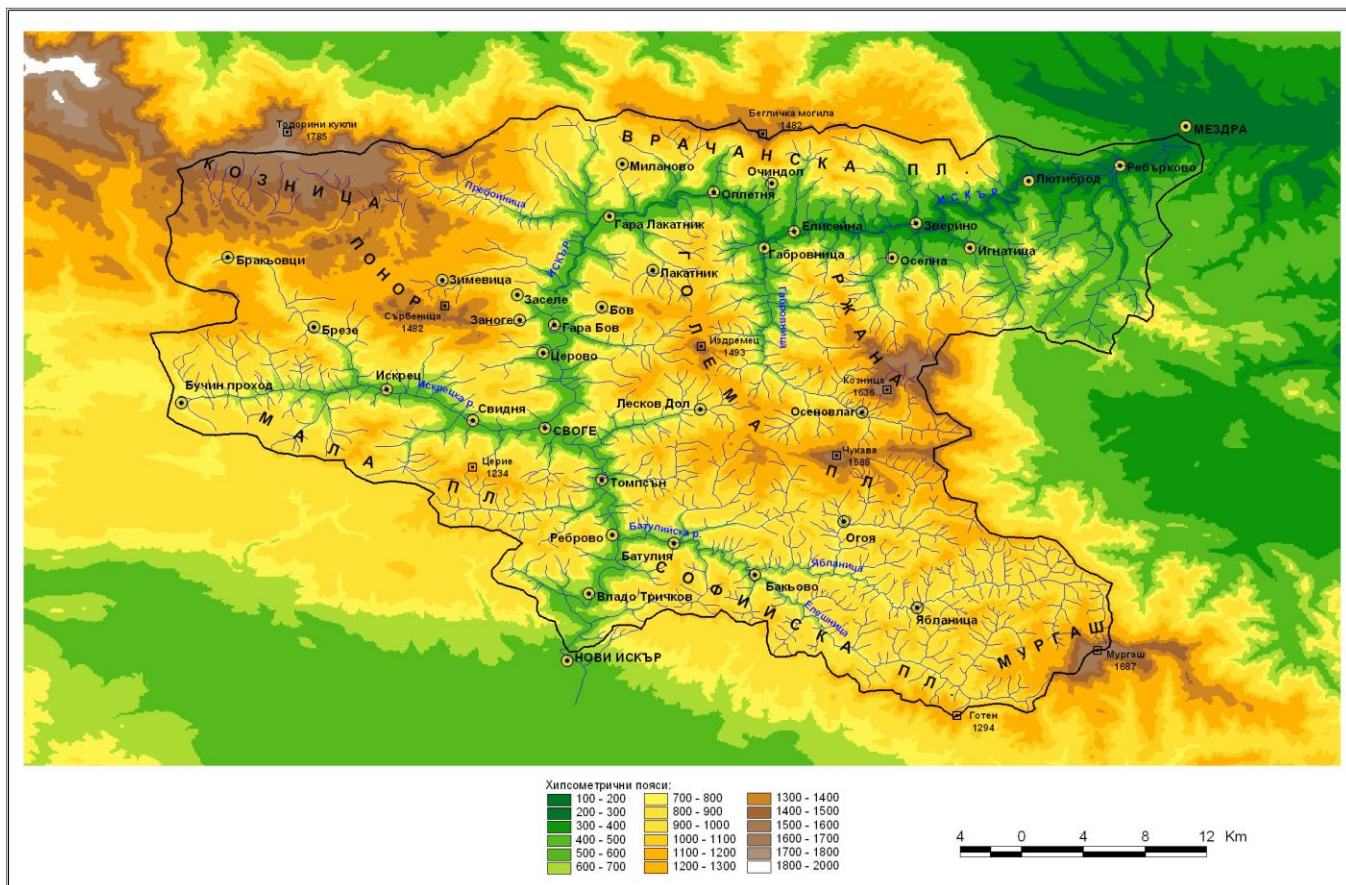
1. Чолакова, З. (2002). Особенности в съдържанието и разпределението на някои тежки метали в дънните отложения на р. Искър в Искърския пролом. – Год. СУ, Геол.-геогр. фак., 94, №2 – География, 39–55.
2. Чолакова, З. (2003). Геохимични особености на тежки метали в кафяви планинско-горски почви от избран катен в Софийска планина. – Год. СУ, Геол.-геогр. фак., 95, №2 – География, 45–56.
3. Чолакова, З. (2008). Изследвания върху микрохимичния състав на кафяви планинско-горски почви в басейна на р. Искър в Стара планина. – В: Сборник доклади от Младежки географски научни конференции с международно участие „Бъдещето на географията в България”, юни (2005, 2006, 2007), В. Търново, Фондация „ЛОПС”, 201–217.

БЛАГОДАРНОСТИ

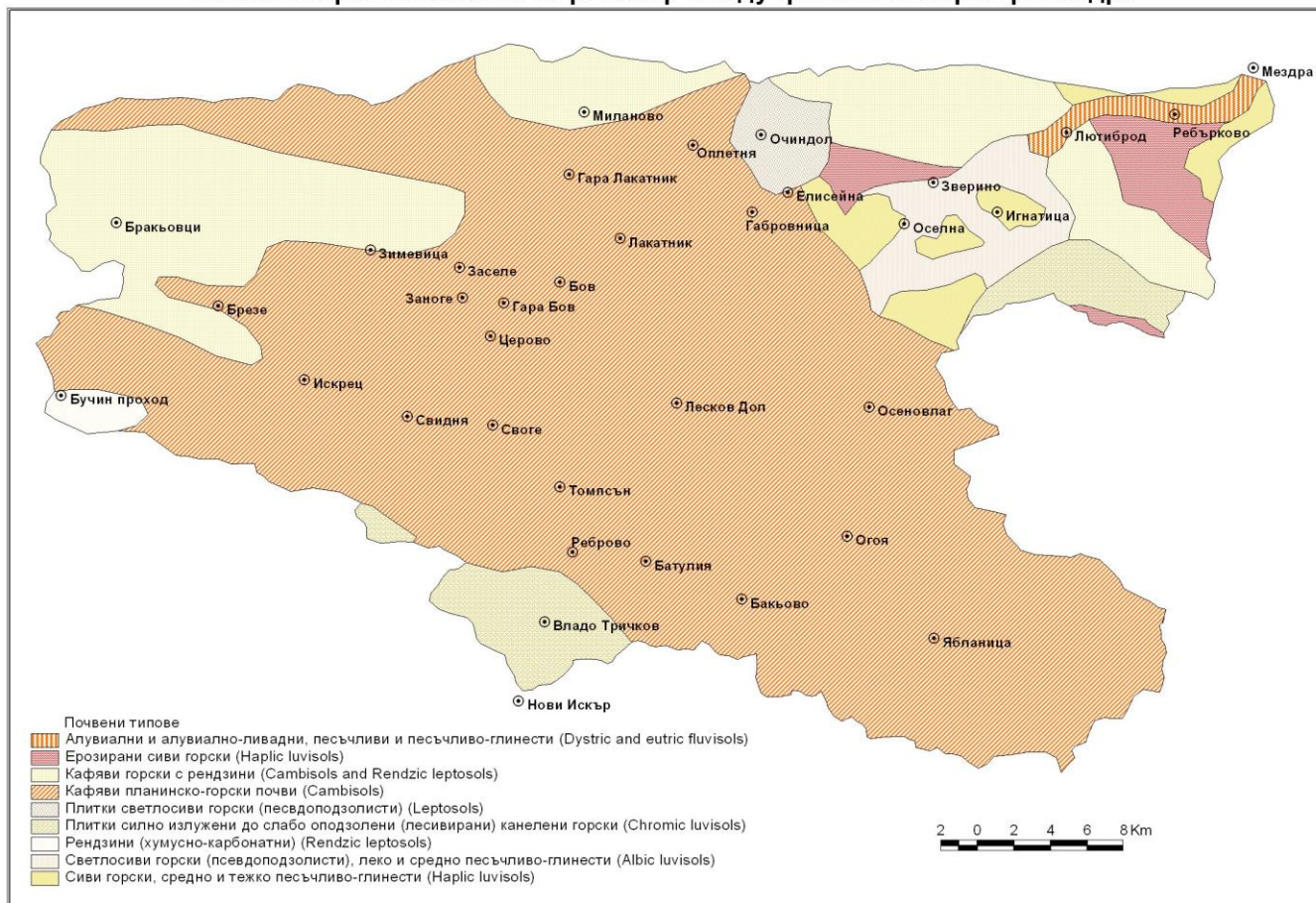
По време на работата по настоящата тема „Ландшафтно-геохимични изследвания в басейна на р. Искър между гр. Нови Искър и гр. Мездра” получих помощ и подкрепа от научния си ръководител проф. д-р Румен Пенин, от ръководителите на катедра „Ландшафтознание и опазване на природната среда” проф. д-р Антон Попов и доц. д-р Мимоза Контева и нейните членове, от проф. д-гн Калинка Маркова (катедра „Геология, палеонтология и изкопаеми горива”, Геолого-географски факултет), от химик Елка Ланджева (Лаборатория по геохимия, Геолого-географски факултет), от инж. Елена Григорова (директор на РИОСВ – Велико Търново в периода на извършване на лабораторните анализи), от ст. експерт химик Лилия Станиславова (секция „Химия на почвата” на ИПАЗР „Н. Пушкиров”), от експерти на Националния геофонд, Националната почвена служба, РИОСВ – Враца и от семейството ми. На всички тях изказвам дълбока благодарност.

Благодарна съм и на всички колеги и приятели, които бяха съпричастни с моята работа. Благодарна съм на колегите доц. д-р Василка Младенова (катедра „Минералогия, петрология и полезни изкопаеми”, Геолого-географски факултет) и доц. д-р Цветан Коцев (Департамент по география, НИГГГ – БАН), с които през годините имах възможност да работя по други изследователски проекти, които обогатиха моите знания и повишиха квалификацията ми в областта на геохимията на ландшафтите и околната среда.

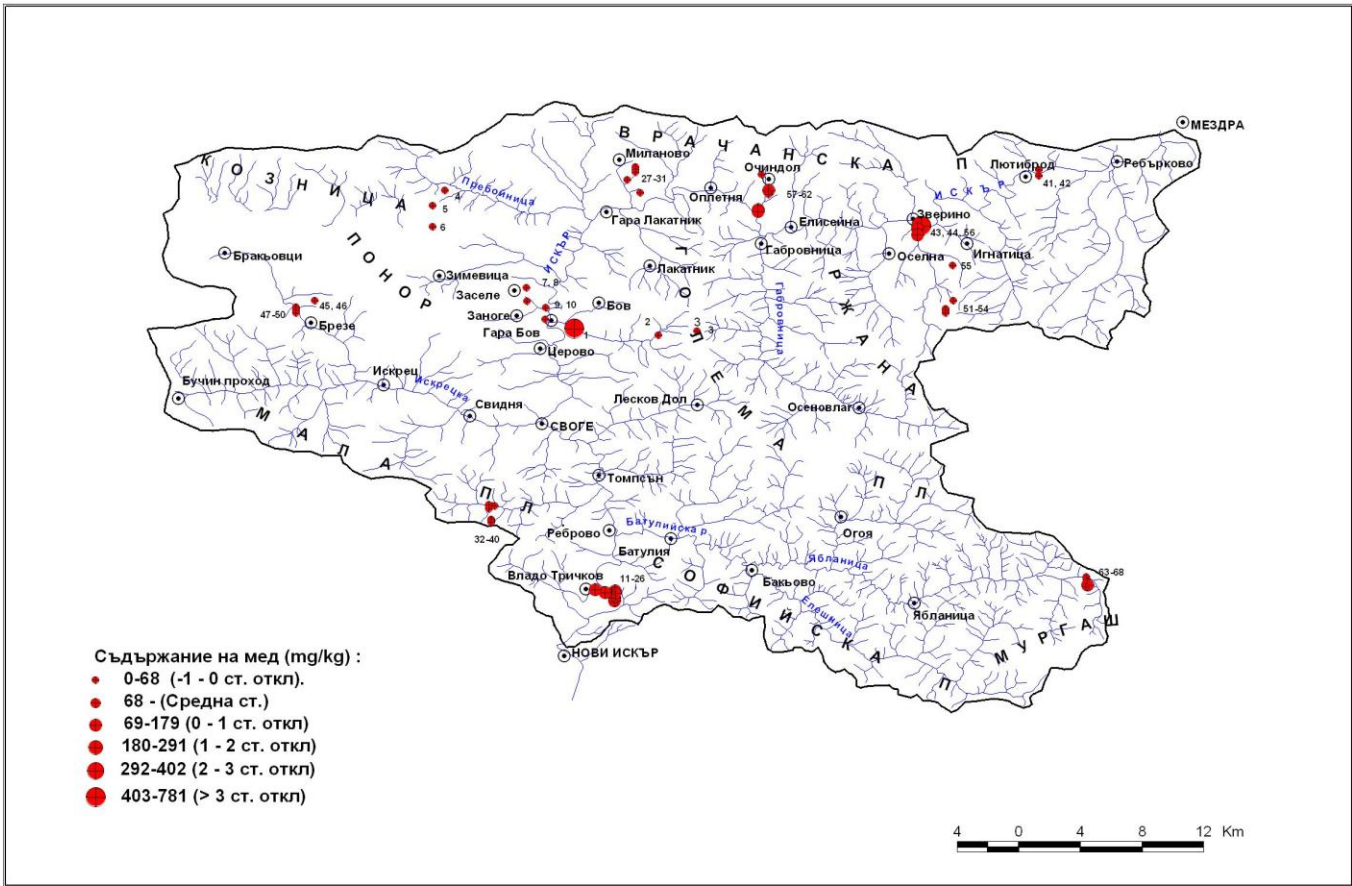
Природно-географска карта на района на Искърския пролом между гр. Нови Искър и гр. Мездра



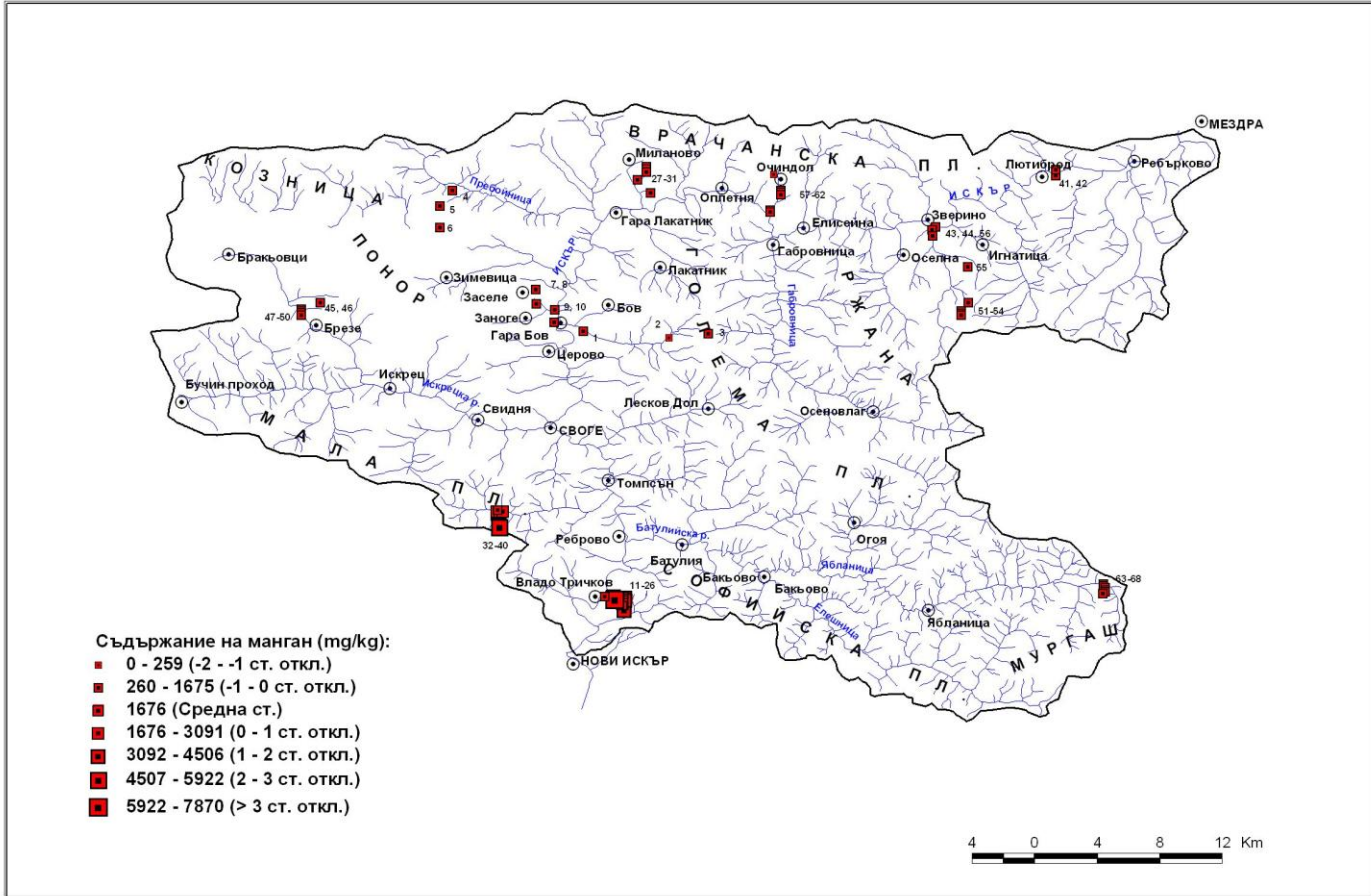
Почвена карта на басейна на р. Искър между гр. Нови Искър и гр. Мездра



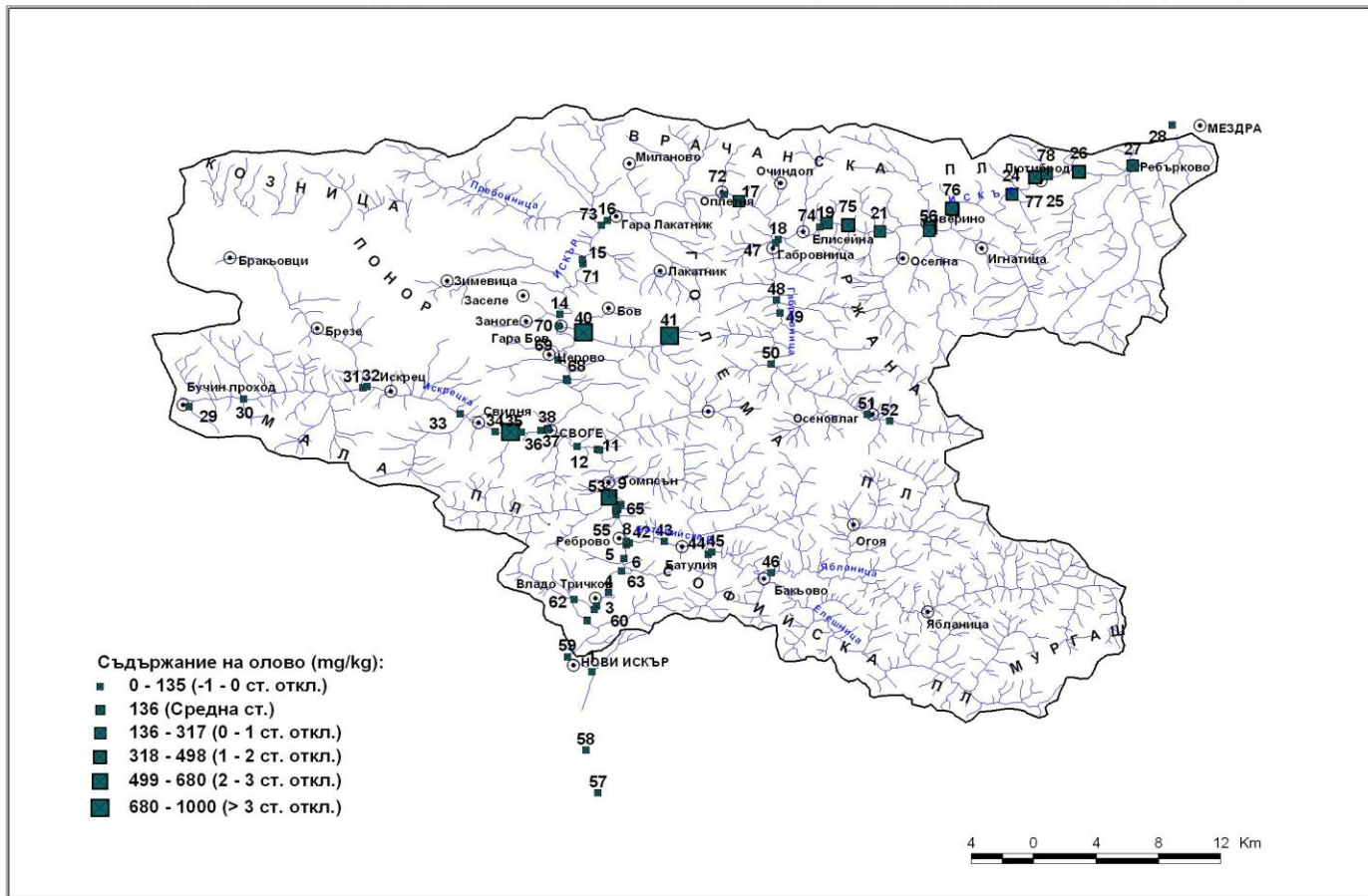
Съдържание на мед (mg/kg) в почвите от басейна на р. Искър между гр. Нови Искър и гр. Мездра



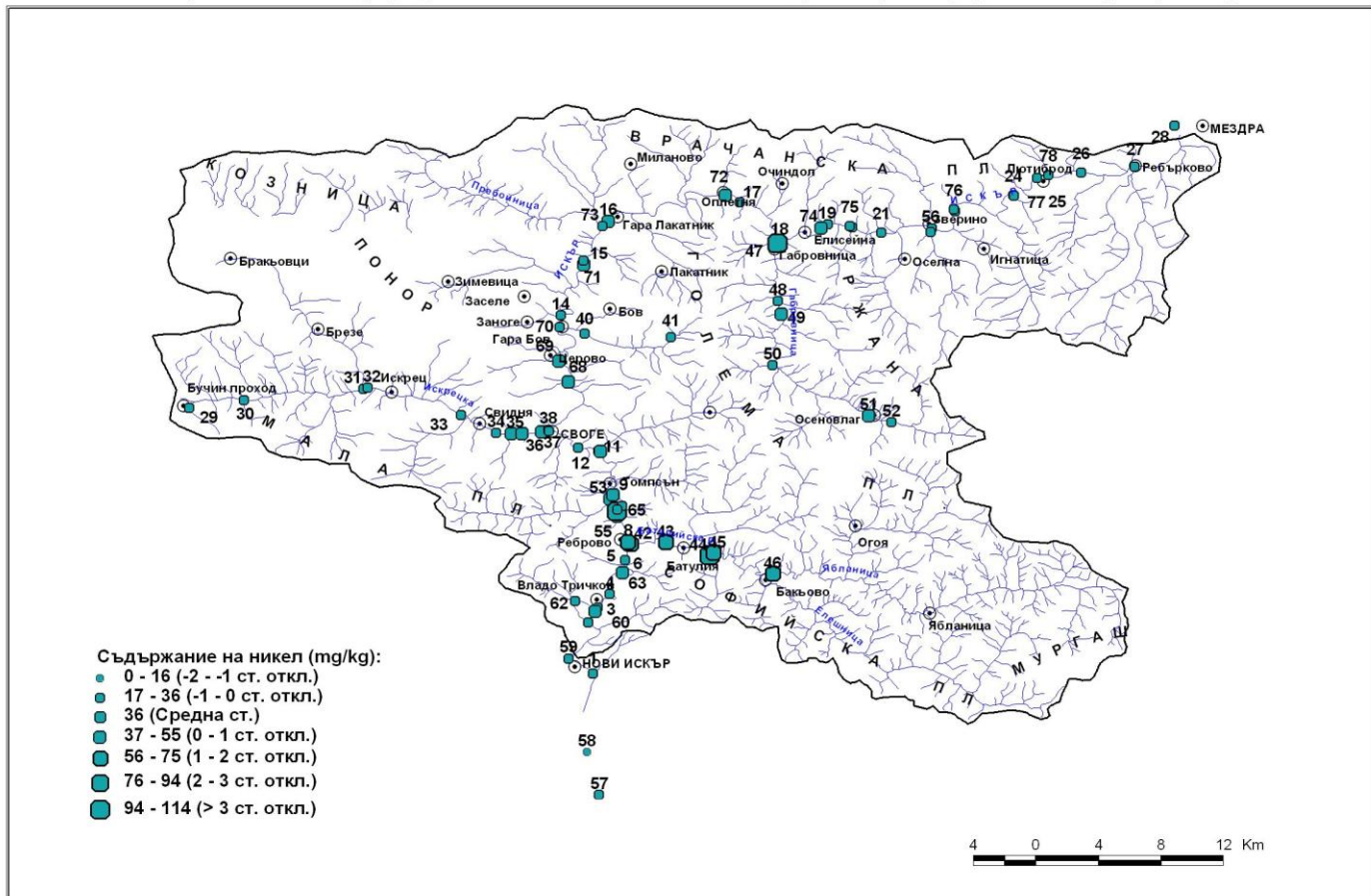
Съдържание на манган (mg/kg) в почвите от басейна на р. Искър между гр. Нови Искър и гр. Мездра



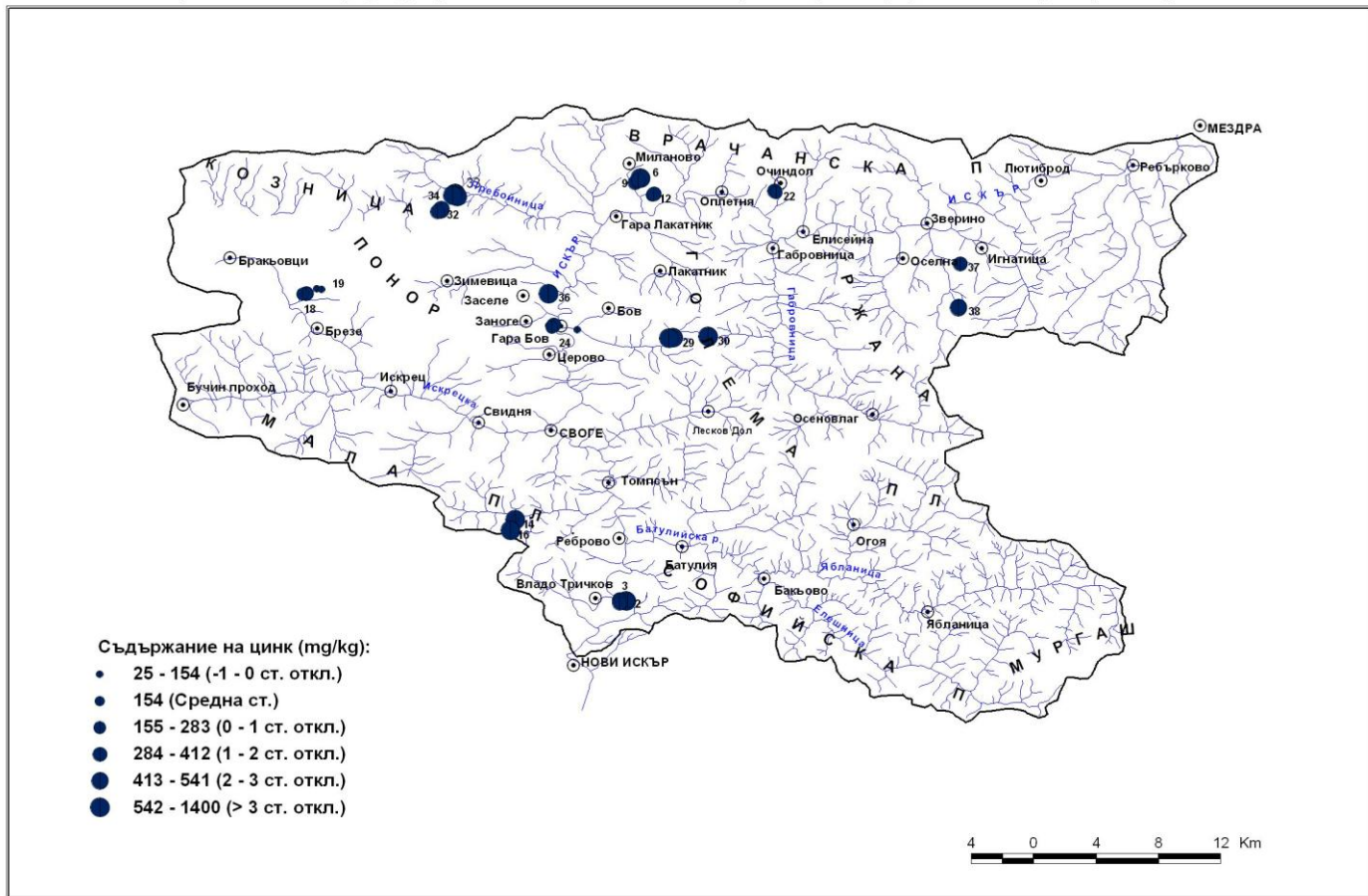
Съдържание на олово (mg/kg) в дънните седименти от басейна на р. Искър между гр. Нови Искър и гр. Мездра



Съдържание на никел (mg/kg) в дънните седименти от басейна на р. Искър между гр. Нови Искър и гр. Мездра



Съдържание на цинк (mg/kg) в растителността от басейна на р. Искър между гр. Нови Искър и гр. Мездра



Съдържание на олово (mg/kg) в растителността от басейна на р. Искър между гр. Нови Искър и гр. Мездра

