

ЕКОЛОГИЧЕН МОНИТОРИНГ НА РЕКА ДРАГОВИЩИЦА

Антон Сотиров¹, Георги Табаков¹, Валерия Стоичкова¹, Михаела Йерусалимова²,
Светослав Йорданов³, Ралица Тасева³, Лусия Кулкина³, Сияна Савова⁴,
Росица Везенкова⁵, Денислав Кирилов⁵, Мелани Ефтимова⁵, Даниел Велинов⁵

¹Български икономически форум, София

²Институт по физика на твърдото тяло, Българска академия на науките, София

³Софийски университет "Св. Климент Охридски

⁴Технически университет, Варна

⁵Природоматематическа гимназия "Проф. Емануил Иванов, Кюстендил

e-mail: sotirov_anton@hotmail.com

Ключови думи: екологичен мониторинг, замърсяване на вода, рибни видове

Abstract: General aim of the study is collecting of data for the environment and the ecosystem of Dragovishtitsa River, Bulgaria and receiving of information for its influence on contamination of the Struma river. Samples are taken and measurements are done at intervals about 500 m along the river as well as the estuary at place of its entrance into the Struma river. By this way 50 points of measurements in Serbia and 50 points in Bulgaria were measured. The main conclusion of the study is that the water of Dragovishtitsa river responds to the type R3-Mountain river as almost all measured parameters are in normal range with few exemptions for cyanuric acid and nitrate content. There were measured 45 parameters of the environment and most of them are result of natural processes. Only cyanuric acid and nitrates are in relatively high range around the waste canals from human living in Serbia and agricultural farms in Bulgaria. Recommendation is to be taken attention on this kind of contaminator with relation of the governmental efforts for restoration of the population of the Brown trout fish into the river.

Общи данни

Река Драговищица се намира в Западна България, има дължина 40 км (от които около 25 км в България и около 15 км в Сърбия) и среден наклон $19,2^{0}/_{00}$ ($7,3^{0}/_{00}$ в България). Началото и започва от мястото на съединяване-вливане на реките Божицка (ляв) и Лисина (десен приток) в Сърбия. Литературните източници обикновено включват цялата дължина на река Драговищица и река Божицка, идваща от Васинското езеро и така дължината и става 70 км, от които около 45 км в Сърбия (Енциклопедия Кюстендил). Водосборната област е с площ 867 km^2 , на българска територия $177,1 \text{ km}^2$, на сръбска територия, заедно с образуващите притоци $689,9 \text{ km}^2$ и със средна надморска височина 1188 m, като 46% от нея е залесена. Най-високата стойност на средногодишният отток е имало през 1937-19,9 m^3/s , а най-ниска през 1983-3,22 m^3/s . Често има ледови явления достигащи до 20 дни годишно. Средната мътност на водата е $261 \text{ g}/\text{m}^3$ (по данни от 1975-84), средна минерализация 211,5 mg/l (1969-84). Пролетното пълноводие обикновено настъпва в края на февруари и завършва в началото на юни, а лятното маловодие започва в началото на август и продължава до октомври-ноември. По-важни притоци в България са: Дождевица (ляв, влива се при махала Олтоманци на с. Долно Уйно), Ломничка река и Уйнещица (вливат се при с. Долно Уйно). Драговищица има голямо стопанско значение за Кюстендилско и е важен селищнообразуващ фактор. По пролома и преминава международното шосе Кюстендил – Босилеград, където се намира ГКПП Олтоманци. Има изградена мрежа от съоръжения за напояване на селища по поречието на реката.

Река Драговищица е един от най-големите притоци на река Струма и в това отношение състоянието на екосистемата и влияе върху нея. Тя е десен приток на река Струма от първи порядък, водно тяло тип TR28-011111, код EU_CD BG4ST700R019 [1].

Според Рамковата Директива за Води (РДВ) (ДИРЕКТИВА 2000/60/ЕС НА ЕВРОПЕЙСКИЯ ПАРЛАМЕНТ И НА СЪВЕТА, 2000), изследваният район попада в Екорегия 7, обхващащ Източни Балкани, който включва Южна България, части от Северна Гърция, Европейската част на Турция, БЮР Македония и Сърбия, вкл. речните басейни на Марица, Места и Струма [2].



Фиг. 1. Местоположение на изследваният район

Геология на района

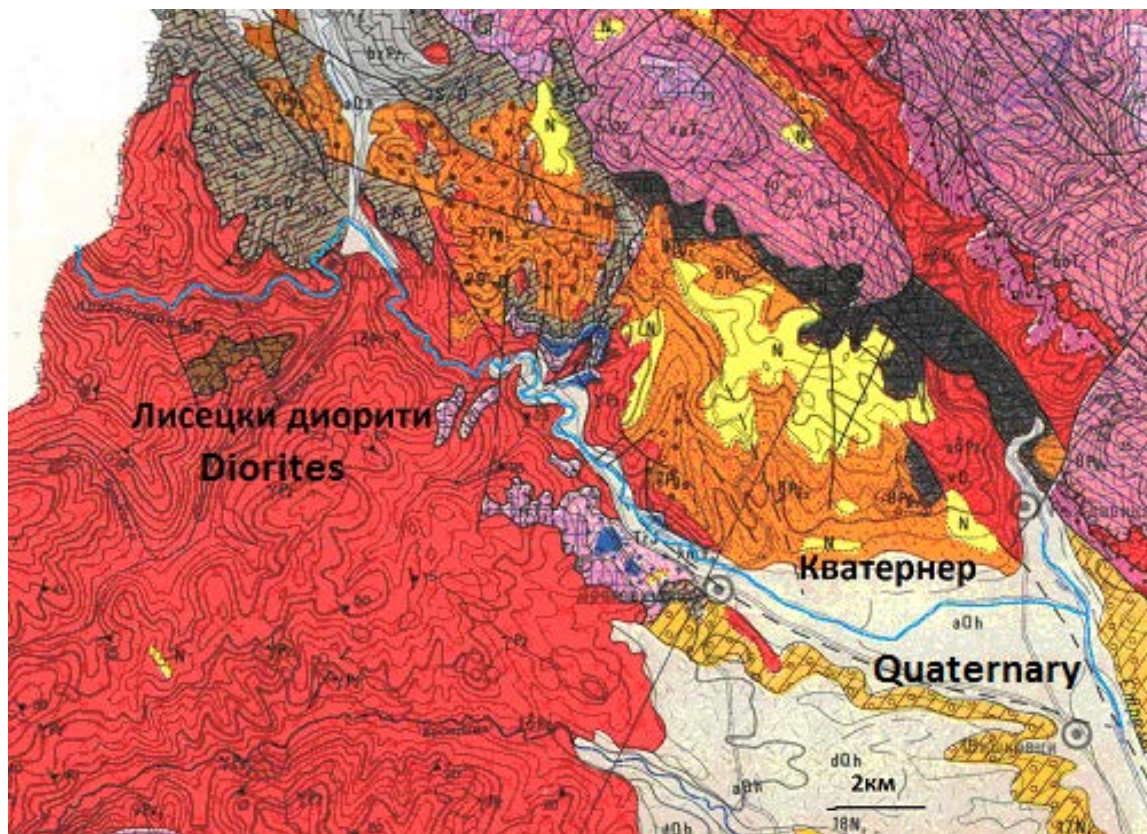
Районът се характеризира с разчленен релеф, резултат от интензивни неотектонски движения. Този факт трябва да се има предвид, въпреки ниската според статистическите данни степен на сеизмична активност. Стръмните скални откоси представляват потенциална опасност з развитие на срутищни процеси [3].

Нео-протерозойски скали. През цялата си дължина в Сърбия и през приблизително половината си дължина в България от ГКПП Олтоманци до село Драговищица, реката преминава през лисецките диорити. Възрастта им е нео-протерозойска и са част от Лисецкия ортометаморфен комплекс (Фиг. 2). Те са тъмнозелени на цвят, здрави и тежки, среднозърнести скали. Текстурата им е масивна и грубошистозна. В минералния им състав участват реликтов плагиоклаз, кварц, епидот, циозит, хлорит, биотит, мусковит, калцит и акцесорни минерали – апатит, шеелит(?), рудни минерали. Метаморфната промяна е по-слабо изразена.

Метагабрата (метагабродиорити) са тъмносиви-зелени, здрави и масивни скали, обикновено с железни хидрооксиди по пукнатини и изветрителни плоскости. Текстурата им е масивна до грубо-шистозна, а структурата бласт-габрова, бласоофитова, микрогранобластна, лепидогранобластна. В минералния им състав участват реликтов плагиоклаз, и метаморфогенни циозит, епидот, клиноциозит, серицит, албит, кварц, амфиболови минерали, хлорит, рутил, титанит, карбонат.

Кватернерни наслаги. В района на село Драговищица до вливането и в река Струма, река Драговищица преминава предимно през кватернерни наслаги, тъй като там тя излиза от планинския релеф на Лисец планина и навлиза в равнинно понижение на река Струма в Кюстендилска котловина. Кватернерните наслаги имат значително разнообразие и са привързани към определени морфоложки форми. Локализирани са около долината на река Струма и нейните притоци, както и в подножията на планините. Лежат върху неогенски, палеогенски и допалеогенски скали. С най-широко развитие са алувиалните наслаги.

В тектонско отношение районът попада изцяло в Краищидната тектонска зона (Краищиди). Най-значителното тектонско събитие, което формира гънково-навлачния процес на региона е свързано с австрийската фаза, ранно аплийският (австрийски) структурен план. В района попадат и големи фрагменти от Струмската и Моравска единици на Краищидната зона.



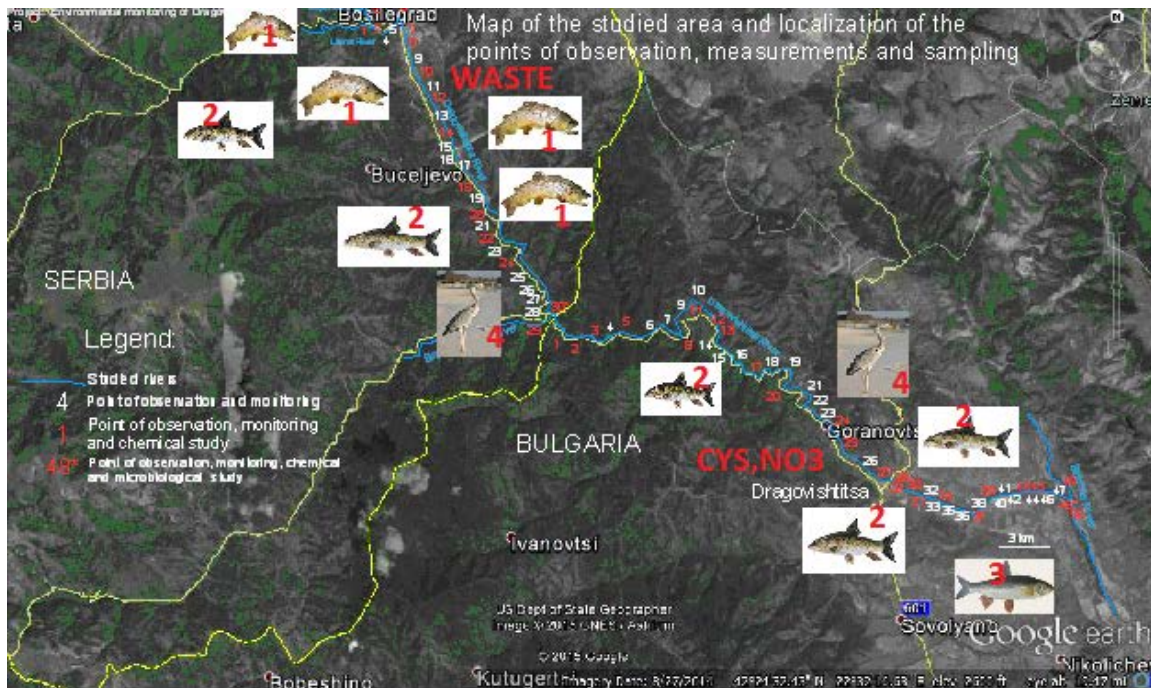
Фиг. 2. Геоложка карта на поречието на река Драговищица (Загорчев, И., 1993)

II. Методи на изследване

Цел на проекта е събиране на данни за околната среда и екосистемата на река Драговищица и получаване на информация за влиянието на основните и притоци и нейното влияние като приток върху река Струма. Измерванията са извършени по течението на реката от мястото на нейното образуване в Сърбия при вливането на двете реки Божицка и Лисина до вливането и в река Струма. Измерена е и опробвана и водата от река Струма преди вливането на река Драговищица и след нейното вливане. Наблюдението е извършено през първият летен мониторинг 20 юли – 10 август 2015 г. И е изследвана реката по време на нейният воден минимум – лятно маловодие.

Методите са избрани в съответствие с българската национална система за мониторинг на околната среда, която поддържа информационна база данни на национално и регионално равнище. Националната система за мониторинг на околната среда изпълнява постоянни наблюдения в много статични и мобилни станции. Настоящото изследване дава информация за някои параметри на компонентите на околната среда на река Драговищица, като приток на река Струма и на някои нейни по-важни притоци – река Божицка и Лисина, които я образуват в Сърбия и река Бранковачка, която тече по границата с България и се влива в района на ГКПП Олтоманци. Прилагани са полеви методи на изследване [4].

Пробите са взимани и измерванията са извършвани в интервали от около 500 м по протежение на река Драговищица, както и от устията на трите и притока и от река Струма преди и след вливането на река Драговищица. По този начин са измерени 50 пункта на реката в Сърбия и 50 пункта в България (фиг. 3).



Фиг. 3. Разпределение на основните видове риба по течението на река Драговищица:
 1-Балканска пъстърва; 2-Черна мряна; 3-Речен кефал (клен); 4-Сива чапла
 (с цифри-местата на опробване и измерване)

Използвани са цифрови (електронни) апарати за изпълнението на изследването, заради техните възможности за бързо, удобно и прецизно измерване на изследваните параметри на терен.

Приложен е методът за измерване "на място" ("in-situ"), на терен чрез пряко вземане на проби ("grab samples"), защото предимствата на този метод са високата степен на достоверност, коректност и точност на изследванията.

Общият радиоакционен фон и радиоактивността на водата са измерени с гайгеров брояч "Radex" RD1503 в микросиверта на час ($\mu\text{Sv/h}$).

Измерванията на водата са извършени с инструмент "Хана" HI9813-6, който измерва киселинността на водата (pH), температура на водата ($t, ^\circ\text{C}$), електропроводимост (EC, μS), общо разтворени твърди вещества (TDS, ppm).

Друг използван апарат е "SensoDirect 150", който измерва киселинност на водата (pH), температура на въздуха и водата ($t, ^\circ\text{C}$), електропроводимост (разтворени минерални соли) (EC, μS), общо количество на разтворените твърди вещества (TDS, ppm), разтворен кислород ($\text{O}_2, \%$).

За изследване на химичните параметри на речната вода е използван е спектрален фотометър (колориметър) "Lovibond". С помощта на този инструмент са установени: свободен, общ и комбиниран хлор Cl, киселинност (pH), цианурова киселина CYS, обща твърдост CaCO_3 , свободна, обща и комбинирана мед Cu и желязо Fe в mg/l.

Друг използван фотометър (колориметър) е "Lovibond MD 600", с който са измерени същите параметри: свободен, общ и комбиниран хлор Cl, киселинност (pH), цианурова киселина CYS, обща твърдост CaCO_3 , свободна, обща и комбинирана мед Cu и желязо Fe в mg/l.

Нитратно NO_3 - mg/l и нитритно NO_2 - mg/l съдържание във водата са установени чрез колориметричен метод с тестови ленти с обхват 0-10-25-50-100-250-500 mg/l.

Съдържанията на арсен As са измерени чрез колориметричен метод с комплект тестови ленти с обхват 0.005-0.0010-0.0025-0.05-0.1-0.25-0.5mg/l и реагент малонова киселина. За определяне съдържанието на цинк Zn е приложен колориметричен метод с комплект тестови ленти с обхват 0-4-10-20-50mg/l и реагент натриева основа. Манганът Mn също е определен чрез колориметричен метод с комплект тестови ленти с обхват 2-5-20-50-100mg/l и реагент натриева основа.

Съдържанието на олово Pb е установено чрез колориметричен метод с комплект тестови ленти с обхват 20-40-100-200-500mg/l и реагент Blei-Test.

Сулфатите SO_4 са измерени чрез колориметричен метод с тестови ленти с обхват 200-400-800-1200-1600mg/l.

Сулфитите SO_3 са измерени чрез колориметричен метод с тестови ленти с обхват 10-40-80-180-400 mg/l.

За биомониторинг и определяне на релефа на речното дъно е използван преносим радар (сонар) за рибни пасажи "Fish Finder" с монохроматен LCD екран, еднолъчев, честота 200 kHz, максимална дълбочина 100 m, картина на дънния релеф.

Микробиологичното изследване за колиформи *coliforms* е извършено съгласно методиката писана в Д.В. БДС EN ISO/IEC 17025: 2006 за изследване на речни води. Изследването е извършено от Изпитвателна химична и микробиологична лаборатория при "Кюстендилска вода" ЕООД, гр. Кюстендил. Количество на пробите 250 ml, върху колонни единици КОЕ/100 ml и стандарти валидирани методи БДС EN ISO 9308-1, температура на изследването 37°C при стойност и допуск на показателя 5000. Протоколи 455 и 456/25.08.2015 г.

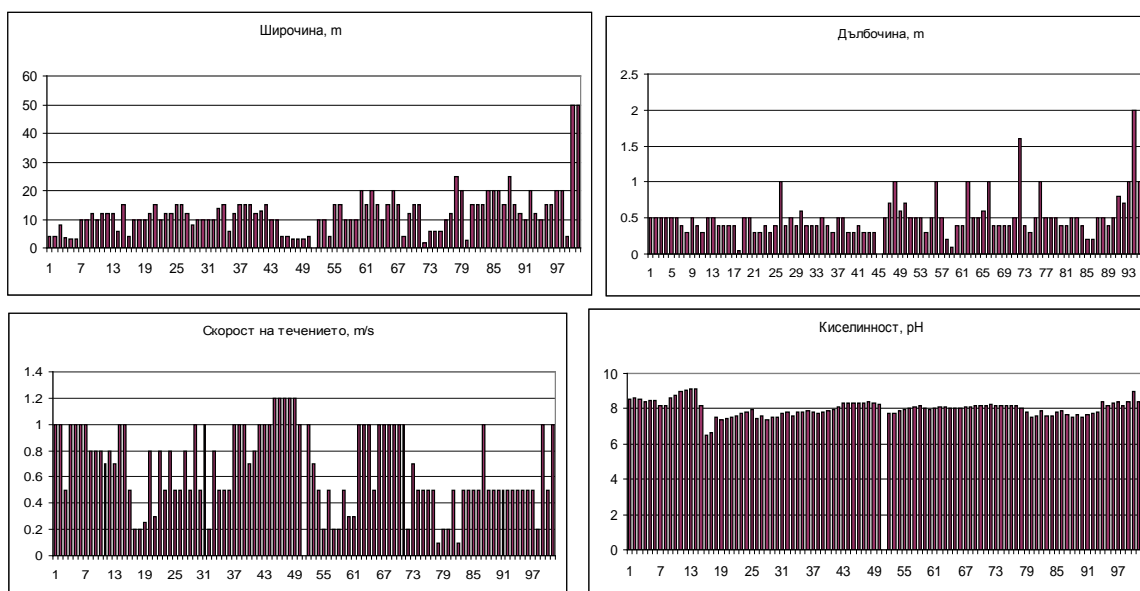
За седиментоложките изследвания пробите са взимани от площ 1 m² на дълбочина до 20 cm. Изследвана е фракция на минералните зърна с гравийни размери от 1 до 10 mm. Съответно изследваният антропогенен микродетрит с размери на фрагментите до около 20 mm. Използван е микроскопски метод на изследване, който се прилага в геологията за разсипни нециментирани седиментни скали – бинокулярен (стерео) микроскоп "CETI" (STAR-24ED) с отразена бяла светлина и с приложение за флуоресцентна светлина и вградена дигитална камера "Globecam-D" с USB връзка за компютър и компютърна програма "Image Driving Software" DCE-2. Използван е и дигитален монокулярен микроскоп USB 2.0 DigiScore, както и Digital Microscope с компютърна програма MicroViewer ver. 2.2.d. Всяка проба е разделена на микроскопски препарати в стъклени лабораторни блюда тип "Петри", в които са изследвани минимум 300 точки попаднали в центъра на жичният кръст - минерални зърна и детритни късове от всяка проба през равномерна стъпка на преместване на препарата.

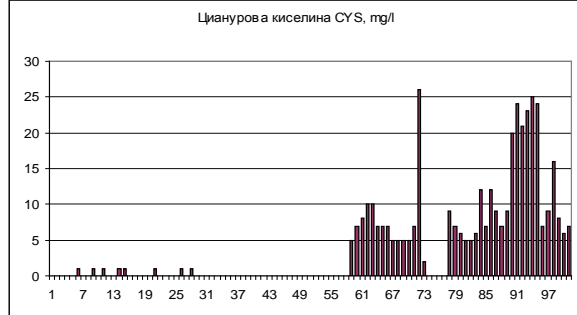
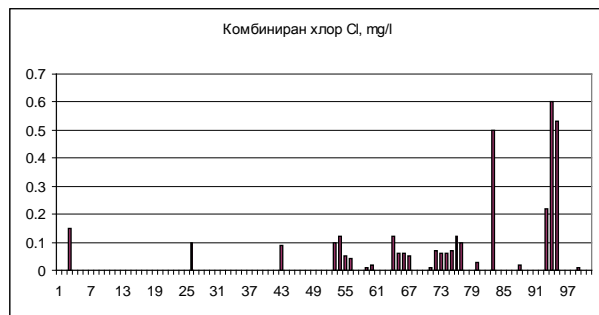
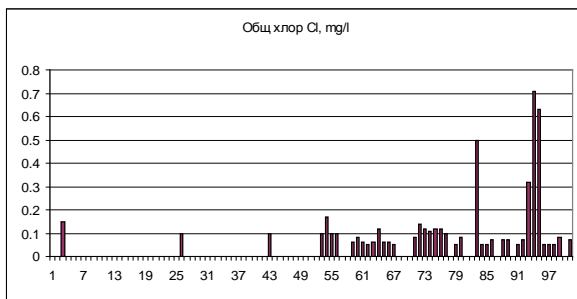
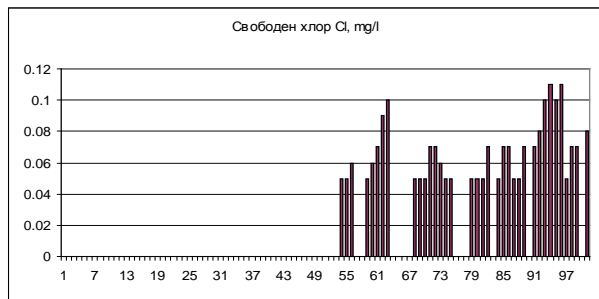
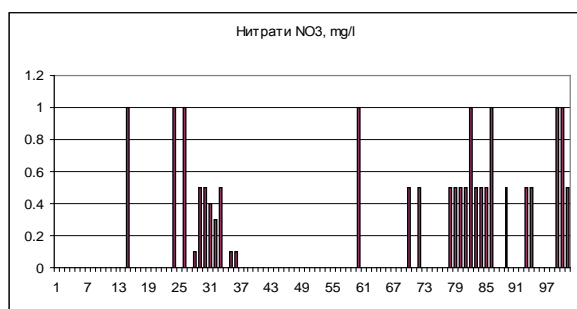
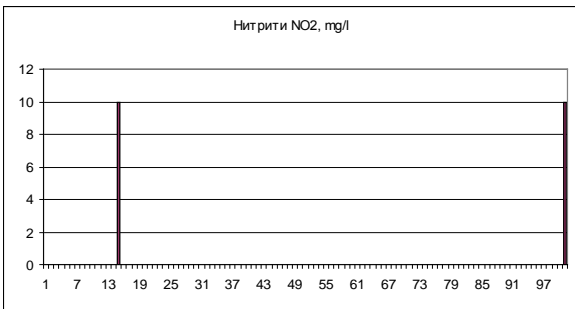
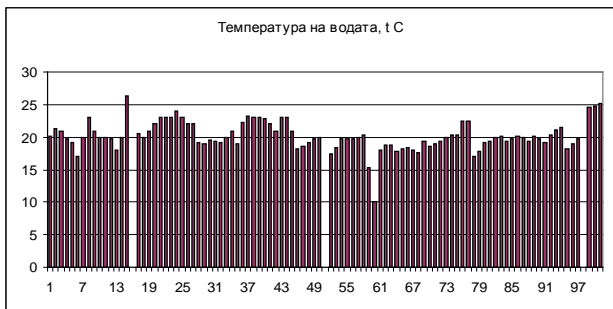
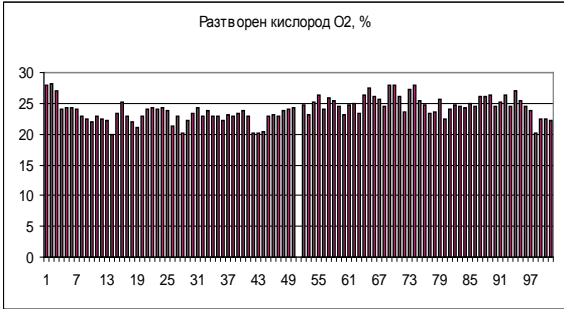
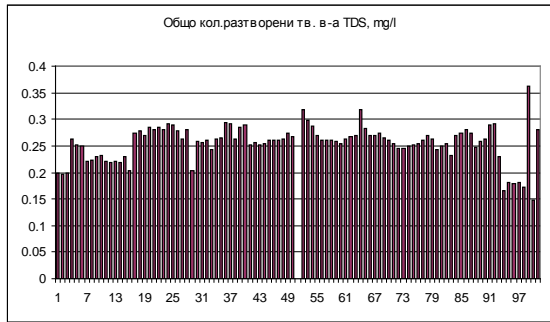
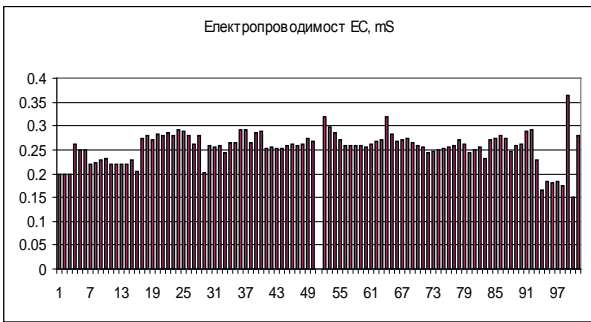
Минералните зърна и нефлуоресциращите микродетрити са определяни по методите описани от Pettijohn и Pettijohn et al. [5,6] а флуоресциращите микродетрити са описани, съгласно геоложкия метод, прилаган за флуоресцентна микроскопия в дисциплината органична петрология описан от Talyor et al. [7] и Stach et al. [8].

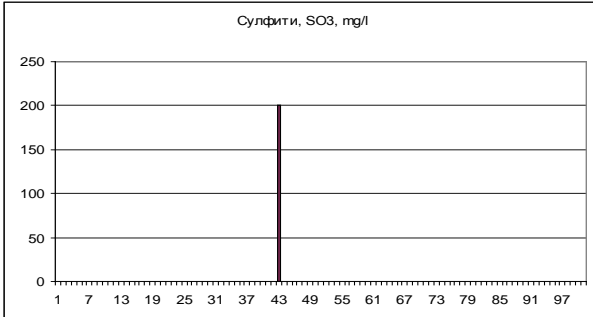
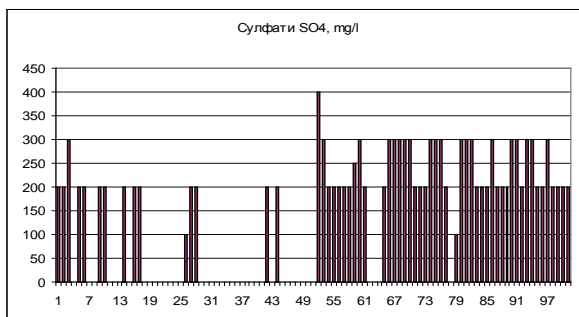
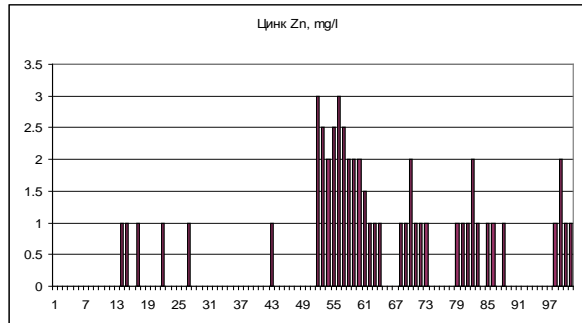
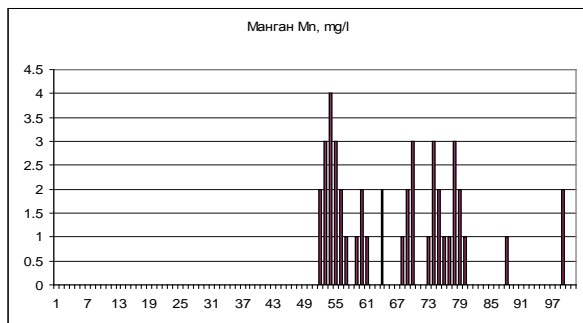
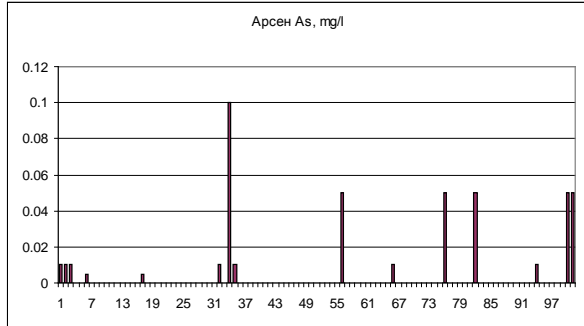
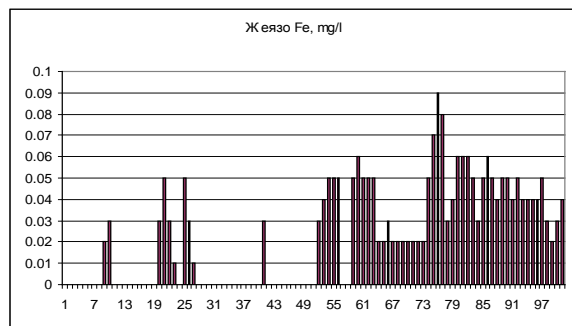
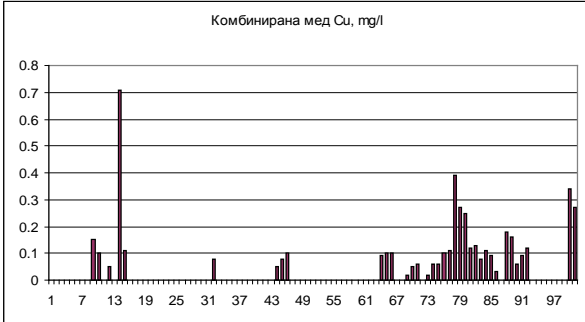
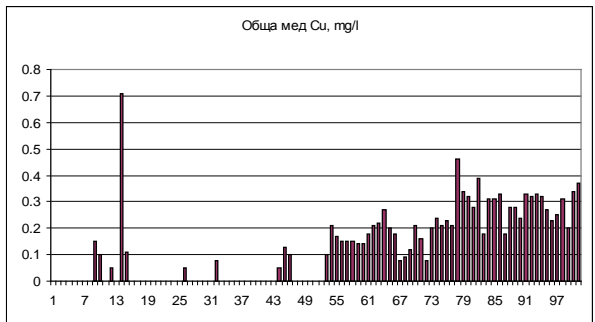
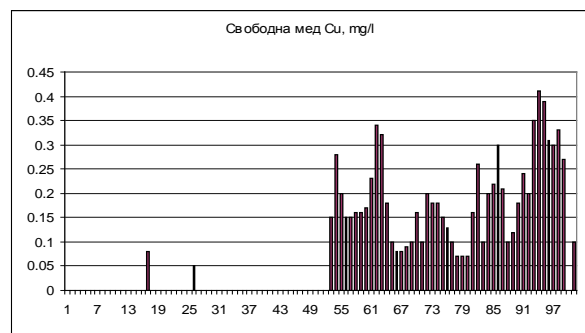
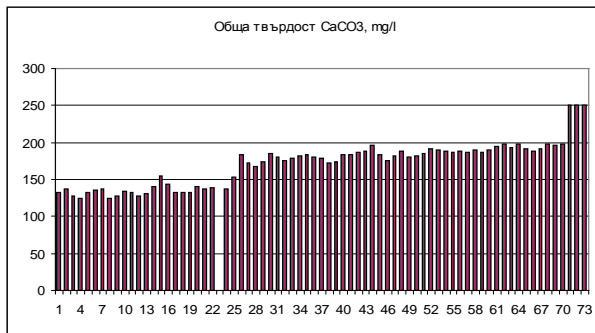
Флуоресцентният метод за определяне и описание на антропогенни микродетрити в почви и седименти е описан от Сотиров и др. [9]. Данни за извършен екологичен мониторинг на водата и седиментите на река Струма и десните притоци от Кюстендилска котловина има представени от Сотиров и др. [10,11,12,13,14,15,16,17,18] и Sotirov [19,20] Dimitrov et. al [21]

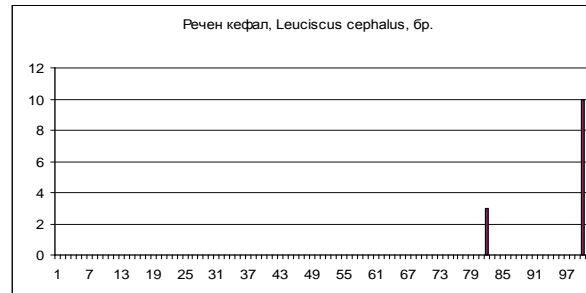
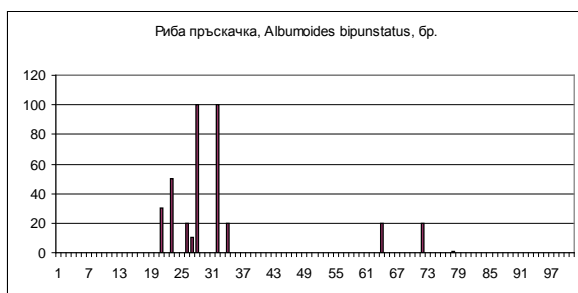
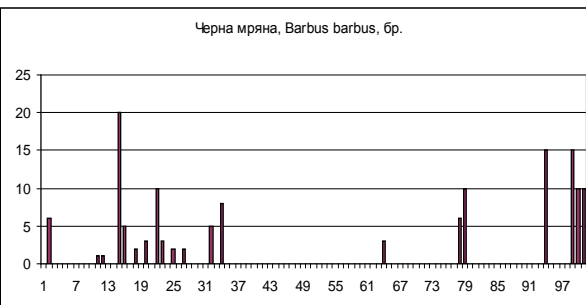
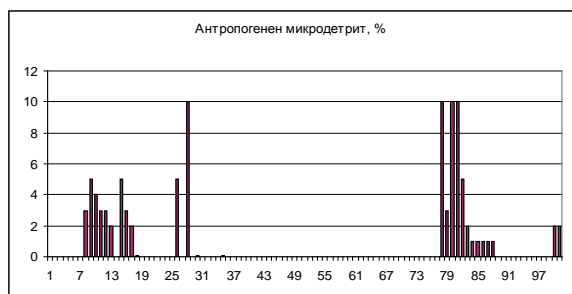
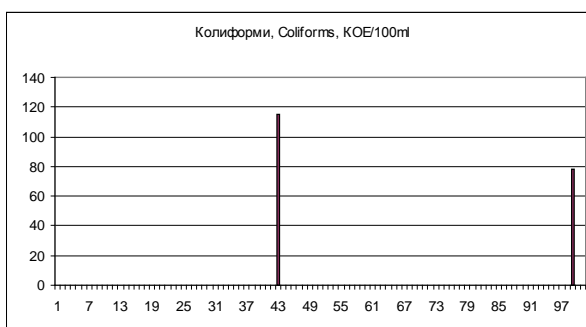
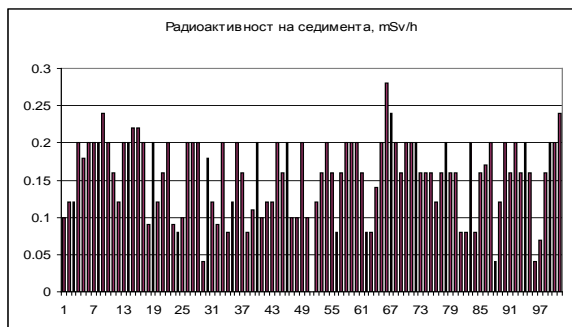
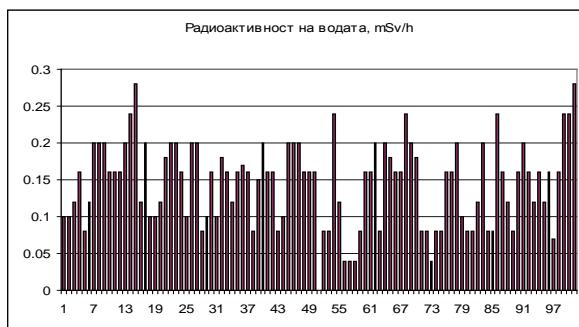
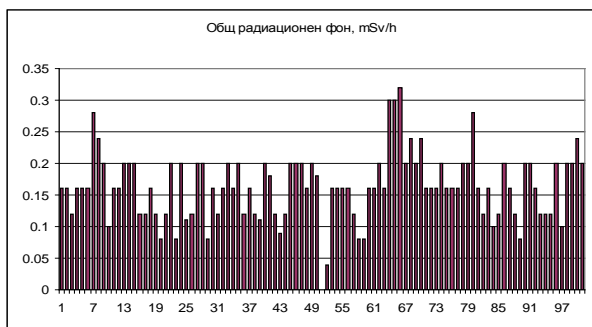
Статистическата обработка на данните и клъстер анализ за извършени с програмата Excel и нейното приложение XL-Stat.

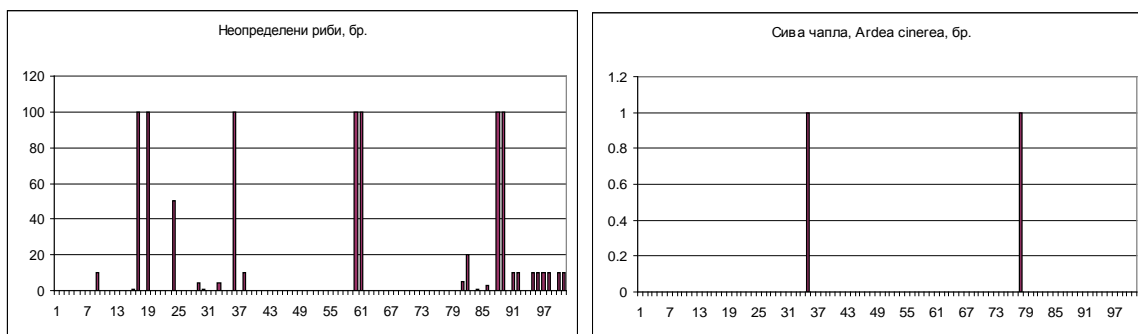
III. Резултати от проведен летен мониторинг на река Драговищица



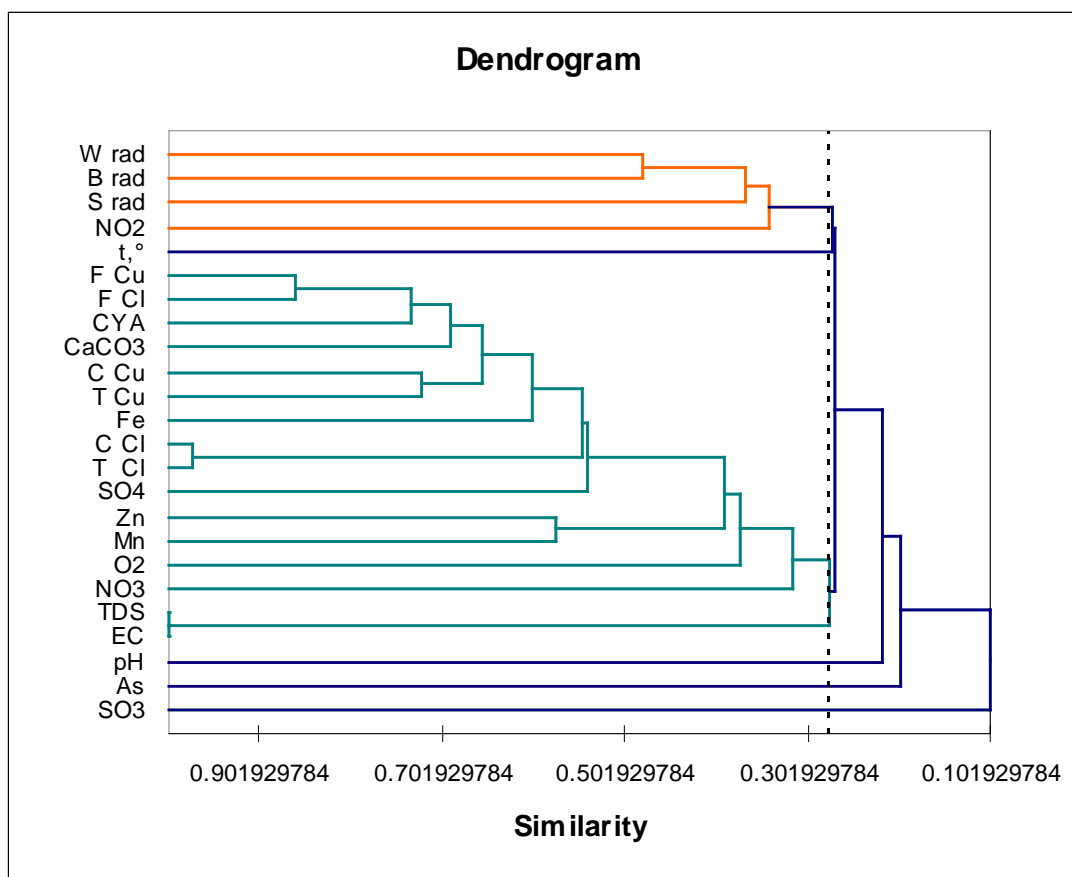








Фиг. 4. Диаграми на измерените параметри



Фиг. 5. Клъстер анализ на получените данни

Физични параметри

През проведеня летен миниторинг река Драговищица беше изследвана по време на лятното маловодие от 27 юли до 7 август 2015 г. Целта беше да се изследват параметрите на речната вода при най-ниско водо ниво. При лятното маловодие най-добре се изучава флората и фауната на реката, както и най-точно се локализират постоянните замърсители. Ниското ниво позволява да се влиза в реката и да се изучава подробно седимента, флората и фауната на място (in situ). Като цяло резултатите са задоволителни и основно се налага изводът, че екологичното състояние на реката е добро с малки забележки, които ще бъдат описани по-долу.

Широчината на реката варираше от 3 до 20 m, а дълбочината варираше от 0,2 до 1,6 m, в зависимост от релефа и наклона на дъното, скоростта на оттока, наличието на притоци или водохващания за напояване. Скоростта на течението обикновено 0.20 m/s – бавно течение, 0.50 m/s умерено течение и 1 m/s бързо течение (бързей). Завирявания и застояла вода почти не се наблюдава, поради стръмния наклон на терена в планинската част и сравнително правата линия на течението в равнинната част (фиг. 4).

Измерванията са извършени през светлата част на деня приблизително от 9.00 до 21.00 часа и температурата на въздуха на сянка варираше между 22 и 34°C. На слънце често достигаха до 40°C. Лятото на 2015 г. беше изключително сухо и слънчево в продължение на 2 месеца с температури над 30°C. Експедициите бяха проведени с лек автомобил, като на места достъпа до реката е далече от пътя и продължаваше пешком до съответният пункт на измерване. Налагаха се многократни обходи пеша или с автомобил до намиране на съответният планиран пункт.

Дънното местообитание е предимно каменисто с по-едри блокове и валуни в горната част на течението на реката, преминаващи в гравий и чакъл в долното течение. Късовете са предимно диоритови – туфи, гнайси, кварцити в горното течение до село Драговищица, които сравнително рязко преминават в кватернерни чакъли и гравий в долното течение след селото и до вливането в река Струма.

Общият радиационен фон, радиоактивността на водата и на седимента са в рамките на нормите, т.е. под 0,36 $\mu\text{Sv/h}$. Флукутира от 0,04 до 0,24 $\mu\text{Sv/h}$, т.е. средно около 0,20 $\mu\text{Sv/h}$, което е нормалната стойност за региона.

Физико-химични параметри

Измерената киселинност е нормална за реки планински тип R3, които са в пъстървовата зона $\text{pH}=7,52-8,43$, единствените отклонения на киселинността на водата от нормите са в района на изливане на битовият канал на Босилеград и нерегламентираните битови сметища около него, където киселинността варира от 6,6 до 9,1. Източник на вкисляване или алкализация вероятно се явяват фекалните и помийни отпадъци, както и миещите и перилни препарати в отходните води. В българските отрязък киселинността е стабилна в нормите около 8, само в река Струма преди вливането на река Драговищица е установено $\text{pH}=9$, но след вливането на река Драговищица киселинността на Струма се нормализира, т.е. притока има положителен пречистващ ефект върху главната водна артерия на района (фиг. 4).

Електропроводимостта на водата ЕС, т.е. разтворените електролити (напр. минерални соли) не е висока в сравнение с други съседни притоци на Струма от същия водосбор видимо не се влияе от киселинността и има стабилни норми от 0,149 до 0,363 mS (милисименса), но в повечето случаи варира около 0,250 mS.

Общото количество твърди вещества TDS съвпада с данните за измерената електропроводимост на водата, тъй като основните електролити са разтворените във водата твърди вещества, най-вече минерални соли.

Разтвореният във водата кислород O_2 е от 20,1 до 28,1%, т.е. 2,1-2,81 mg/l. Сравнително ниското съдържание на кислород се обяснява с високите температури на въздуха и на водата по време на измерванията. Според Русев, Николов (2013) дишането на дъговата пъстърва се затруднява при стойности 3,5 mg/l. Може би поради тази причина дъгова пъстърва не е установена в реката по време на мониторинга.

Измерената температура на водата е от 15 до 24,7°C, в зависимост от часа, но е установена една температурна аномалия при с. Долно уйно, където водата има температура 10,1°C. Причината вероятно е подземен карстов или дренажен извор, който увеличава многократно дебита на реката и широчината става от 4 m при предишният пункт на измерване на 15 m. Може да се предположи, че на това място реката извира отново и на практика реката има втори извор освен официалният - съединяването на двете реки Божицка и Лисина в Сърбия.

Химични параметри

Нитрити NO_2 и нитрати NO_3 са установени само в района на изливане на битовите канали в Босилеград, съответно $\text{NO}_2=10$ mg/l и нитрати $\text{NO}_3=1$ mg/l и около селата Райчиловци, Рибарци и Млекоминци в Сърбия, но с ниски стойности $\text{NO}_3=0,1-0,5$ mg/l. В България се появяват около село Долно уйно, Горановци и Драговищица и в река Струма $\text{NO}_3=0,1-0,5$ mg/l (фиг. 4). От тези съдържания само установените в Босилеград са на границата на допустимите норми според Директива на Съвета от 12 декември 1991 година за опазване на водите от замърсяване с нитрати от селскостопански източници (91/676/ЕИО).

Свободен, общ и комбиниран хлор Cl не са установени в сръбската част на реката. Има само слабо присъствие на общ и комбиниран хлор във водата на десният приток река Лисина, даващ началото на река Драговищица 0,15 mg/l и на изхода на река Драговищица от сърбия при ГКПП Рибарци със стойности 0,1 и 0,09 mg/l. В българската част на река Драговищица и във водата на река Струма преди и след вливането на Драговищица, обаче хлорът присъства във всичките си форми почти във всички проби, но отново в много малки количества в повечето случаи под 0,1 mg/l. Само в някои пунктове се увеличава до след село Стенско и преди устието на реката и достига до 0,1 mg/l. Присъствието на различните форми на хлор вероятно е

природен процес. Той е част от минералните соли, разтворени във водата при преминаването и през почви и коренни скали и тяхното излужване. Най-вероятен източник са натриев NaCl и калиев хлорид KCl, обикновена сол в почвите. От диаграмите се вижда, че набогатяването на водата с хлор започва от село Драговищица, където ландшафта се сменя от планински с равнинен, а геологията на речното легло се сменя от диорити на кватернер.

Особено важен параметър в рамките на това изследване на водният компонент на речната екосистема на река Драговищица е т.нар. цианурова киселина CYS. Параметърът е важен, тъй като не е включен в Националната система за екологичен мониторинг и въобще е малко изучен. Циануровата киселина представлява обобщено понятие на отпадни продукти на химическата промишленост, често използвани се също и в бита като белина, лепила, дезинфектанти, бои, козметика, стабилизатори за хлор (предпазват хлорните съединения от бърз разпад на слънчева и UV светлина) и много други. Тя неизменно присъства като инфилтрат (*leachate*) на местата, където има битови сметища. За пръв път е открита в урината. Трудно се образува самостоятелно в природата и наличието и е добър индикатор за антропогенна дейност. Формулата и може да бъде различна, но обобщената може да се покаже като $(\text{CNOH})_3$ (1,3,5-triazine-2,4,6-triol). Един от аналозите и е меламина [22]. Това е краен продукт на разпад и е силен замърсител. В природата не може да се пречиства освен чрез утаяване като органичен камък. По същия начин предизвиква образуване на най-неразтворимите органични камъни в бъбреците и пикочните пътища при животните [23]. По интернет данни първата е много чувствителна на този химикал, като при стойности над 8 g/ml изчезва. Има данни и за чувствителност на сладководните скариди *Branchiopoda*. Съдържанието на CYS не трябва да надвишава 10-12 mg/l в басейни за плуване.

Изследването на циануровата киселина е необходимо заради факта, че в деретата на реките в България има много нерегламентирани битови сметища, а в прилежащите територии много ферми и отходни канали, съчетано с факта, че река Драговищица попада в първата зона. Основен биоиндикатор за изследване по проекта е Балканската първа *Salmo trutta* и инвазивният вид Американска дъгова първа *Oncorhynchus mykiss*, както и установената в последствие в сръбската част на реката Македонска първа *Salmo macedonica*.

Интересното е, че реката е разделена буквално на две по отношение на съдържанията на цианурова киселина. В сръбската част тя не се установява с малки изключения на места с антропогенна дейност около и в самия Босилеград в минимални количества от 1 mg/l, докато в българската част реката се появява още в началото на наша територия при сградата на мини ВЕЦ 0,5 MW в количество от 5 mg/l и продължава устойчиво да присъства в повечето проби, като дори се увеличава на 26 mg/l около село Долно уйно, изчезва около село Горановци и пак се увеличава около село Стенско между 20 и 25 mg/l. В половината измерени пунктове циануровата киселина CYS достига нивата, които не са подходящи за развитие на първа. Може би поради тази причина първа в сръбската част на реката се наблюдава често първа, докато в българската част на реката нашият екип не успя да наблюдава такава, данните са само по метода на интерю от рибари за наличие на Балканска първа. Интересен факт е, циануровата киселина се появява веднага след изградения мини ВЕЦ, но не е в опасни концентрации и се установява и много след него, отново в не-много високи количества. В повечето пунктове с измерени високи нива на CYS не е забелязана антропогенна дейност освен на места малки сметища, много по-малки от съседните реки на водосбора и напоителни системи (Сотиров и др. 2014). Концентрациите са сравнително високи за да бъдат природен феномен, а измерването беше извършено и втори път с друг апарат за контрол, но стойностите на една и съща проба останаха непроменени. Чорепената фабрика в Босилеград не работи, а и след нея не се установява цианурова киселина, а в района на керамичната фабрика в с. Драговищица също стойностите не са особено високи. Така се предполага, че източникът на замърсяване са отпадни води от фермите в долната част на реката, а в горната част вероятно се създават условия при бента на ВЕЦ за натрупване и разлагане на отпадните продукти от отходните канали в Сърбия.

Общата твърдост на водата CaCO_3 не е висока и варира между 106 и 198 mg/l, само в устието и преди и след вливането на река Струма е над 200 mg/l. От началото на реката до устието и съдържанието на калциев карбонат постепенно леко се увеличава. Източник на общата твърдост са коренните скали, през които преминава реката, част от които съдържат карбонати и калцит.

Съдържанията на свободна, обща и комбинирана мед Cu са ниски и варират от 0 до 0,41 mg/l, в повечето случаи много по-ниски. Присъствието на мед е природен процес, в района има установени медни находища, а скалите през, които минава реката съдържат различни медни минерали.

Желязото Fe_2^+ и Fe_3^+ е в малки количества от 0,01 до 0,05 и рядко малко повече. Също е елемент примес, резултат от природното излужване на железните минерали в околните скали.

Трябва да се следи обаче за количеството на мед и желязо в напоителните площи след село Драговищица до река Струма, за да не надвърлят стойностите за почви определени от Държавен вестник No54/1997.

Арсенът As във водата на река Драговищица се установява рядко в малки количества, резултат от природно излужване на минералите от околните скали и стойностите му са от 0 до 0,01 mg/l. Набива се на очи обаче, че стойностите отново са по-високи около село Горановци и в делтата на реката, преди вливането и в р. Струма As=0,05 mg/l, където има добив на инертни материали и вероятно на злато.

Олово Pb през времето на летния мониторинг не е установено във водата от измерените пунктове.

Манган Mn се открива само в българската част на реката още от самото начало при ГКПП Олтоманци и съдържанията му варират от 0 до 4 mg/l. Заради невъзможността да се обвърже съдържанието на Mn с антропогенна дейност и ниските концентрации на метала, то предполагаем източник на елемента са околните скали.

Цинк Zn - съдържанията му варират от 0 до 2 и рядко до 3 mg/l. Присъствието му в речната вода вероятно също се дължи на преминаването на реката през коренни скали, съдържащи цинк.

При изследването за сулфати SO₄ и сулфити SO₂ отново прави впечатление, че около местата с развита човешка дейност се наблюдава завишаване на някои изследвани параметри, както при нитратите и нитритите. Единственият пункт с установени сулфити е ГКПП Олтоманци. Сулфати се срещат по-често предимно около местата с развито земеделие и фермерство и отново около селата Горановци, Драговищица и Стенско сулфатите достигат до 300 mg/l. Фиг. 5 показва взаимна свързаност на изследваните параметри при клъстер анализ на получените данни.

Микробиологични параметри

Съдържанието на колиформи във водата е измерено в 2 пункта: единият на изхода на река Драговищица от Сърбия преди ГКПП Рибарци и вторият пункт е преди вливането на реката в р. Струма, преди заустването и в бетонно корито, в района на село Раждавица. Изследването показва, че съдържанието на колиформи на изхода от Сърбия е с около 50% повече отколкото съдържанието на изхода на самата река в България. Съдържанието на колиформи е 115 КОЕ за сръбската част и 78 КОЕ (фиг. 4) за българската част, но и двете стойности са в нормите и водата е чиста по този показател. Вероятно изливането на отходните канали на Босилеград и прилежащите села са причината за по-високата концентрация на бактериите.

Седиментоложки изследвания

Изследването на седимента е включено в изследването, поради факта, че предимно в седимента могат да се наблюдават физическите замърсители на реката директно макроскопски или чрез използване на микроскоп се наблюдават микрофрагменти от всички човешки отпадъци (Сотиров и др., 2015). Като цяло седимента на реката е чист откъм антропогенен микродетрит. Много рядко се установяват фрагменти от битови отпадъци като полиетилен, пластмаса, метали, гуми, керамика, стъкло, стиропор, строителни мазилки, вар, цимент, тухли и др., които се срещат в нерегламентираните битови сметища по нашите реки. В района на Босилеград, Сърбия може да се видят всякакви битови отпадъци в реката като автомобилни гуми, останки от бяла техника, полиетиленови торбички и шишета, тухли, вар, дървесина, слама, фекалии, помия, и всичко останало. Наблюдава се и мътност и пенливост на реката и въпреки това параметрите на речната вода са с аномални стойности само в самите канали, а на 50-100 м след канала водните параметри се стабилизират и може да се види много риба, има и влечуги и земноводни. Количеството на антропогенният микродетрит в седимента на реката в Сърбия е в количества 0-1%, само в населените места Босилеград, Райчиловци, Рибарци и Млекоминци и около сметищата се появяват ореоли с разсеяни микродетрити предимно стъкло и керамика, които достигат от 5-6 до 10% в отделни проби.. Полиетиленът се наблюдава макроскопски.

В българската част на река Драговищица антропогенният микродетрит в седиментоложките проби също е в много малки количества и даже отсъства в повечето проби. Седимента в това отношение е чист в сравнение със съседните реки в кюстендилска котловина, десни притоци на Струма като Бистрица, Банщица и Новоселска (Сотиров и др., 2015). Съдържанието на антропогенен микродетрит обаче рязко се увеличава от водохващането на село Драговищица, където има бент и мястото се посещава от рибари, къпещи се, използва се за пране и за изхвърляне на отпадъци, особено строителни. Количеството на микродетрита в

планинската част на реката е 0%, но в района на село Драговищица достига до обемни процента. Той е представен от целия набор битови отпадъци, но в малки количества до 1% общо. Останалите до 9% са червена керамика, предимно извхърлена от керамичният завод – Тухларната фабрика в село Драговищица. Ореолът на разсейване на микро- и макро-наблюдаваната червена керамика след фабриката се простира чак до река Струма. Предполага се, че не вреди на речната екосистема, но трябва да се има предвид, че не е природен продукт. В пунктовете след тухларната фабрика е установен на места и асфалт (Фиг. 6).

Както беше споменато в планинската си част на реката седимента е представен от поедри блокове и валуни в горната част на течението на реката, преминаващи в гравий и чакъл в долното течение. Късовете са предимно диоритови – туфи, гнайси, кварцити в горното течение до село Драговищица, които сравнително рязко преминават в кватернерни чакъли и гравий от кварц, кварцит, гнайс, пясъчник, много глинести минерали и донесени от течението диорити и туфи в равнината.



Полиетилен, ултравиолетова светлина, въздушна среда, x45



Текстил, стиропор и плексиглас, асфалт, x45

Фиг. 6. Антропогенен микродетрит в седимента на река Драговищица

Данни от биологичния мониторинг

Балканска пъстърва *Salmo trutta*. Балканската пъстърва беше наблюдавана само на сръбска територия. Рибата лесно се разпознава по специфичната форма и начин на плуване. За това помогна и ниското ниво и мътност на водата през време на лятното маловодие. Рибата се наблюдава на пасажи от по няколко екземпляра 2-3 до около 10. Размерите и са около 16-20 см. Наблюдава се в река Лисина – левият приток, образуващ река Драговищица на сръбска територия във всички наблюдавани пунктове, както и в самият Босилеград, където водата е замърсена с отпадни битови води. Най-много от този вид беше наблюдаван след село Райчиловци извън населените места. На българска територия не е наблюдавана, данните в Таблица 1 са по метода на интервю на местните рибари, които твърдят, че Балканска пъстърва има и са хващали 18 броя между селата Долно уйно и Горановци, но твърдят, че браконьерите, ловящи с незаконни средства като електрически устройства и с вилици на петромаркови лампи изобщо не са малко. Причините за малкото количество пъстърва на българска територия може да са различни, вкл. и измереното наличие на цианурова киселина в реката. Температурата, киселинността и всички останали измерени параметри са подходящи за развитие на балканската пъстърва. Този вид риба е основният био-индикатор за чиста вода в настоящият проект.

Дъгова пъстърва (американска) *Oncorhynchus mykiss* не е наблюдавана по цялото протежение на реката, въпреки, че по мнението на рибарите и местните хора има и такава. Ако

има наличие на такава, то тя се явява инвазивен вид за речната еко-система и трябва да се внимава с нейното развъждане, тъй като се храни с малките на останалите видове риби.

Македонска пъстърва *Salmo macedonica* беше наблюдавана само в река Лисина по няколко екземпляра от 2 до 5 с дължина около 15-18 cm.

Черна мряна *Barbus peloponnesius*. Това е преобладаващият наблюдаван вид риба по време на мониторинга. Среща се и в сръбската и в българската част на реката, от 1 до около 20 екземпляра, от 10 до над 20 cm дължина. Рибата по никакъв начин не може да се причисли като био-индикатор за чиста вода, тъй като е забелязвана предимно около замърсените места, в населените места, около сметищата и отходните канали.

Риба пръскачка *Alburnoides bipunctatus*. Наблюдава се в Сърбия и България, но прави впечатление, че е откривана далече от населените места и най-вероятно има същото местообитание като Балканската пъстурва.. Народното име е пръскачка, защото изпръсква струя вода и така атакува насекомите по надвисналите клони във водата, които след това изяжда. Водни струйки се забелязват с дължина до около 1 m в по-тихите зони на реката. Тя често се среща на пасажи от 20 до повече от 100 броя с почти еднаква дължина, която варира от 1 cm до 10 cm. Начина на преброяване е брой на квадратен дециметър.

Лещанка *Phoxinus phoxinus* (?) Определена с несигурност, беше уловена от нашия екип, измерена и върната във водата. Не се разпознава във водата. ГКПП Олтоманци.

Речен кефал (клен) *Leuciscus cephalus*. Забелязан е в долното течение след село Драговищица, единични бройки с дължина до 20 cm. По данни на рибарите в миналото се е срещал по-често, преди поставянето на устието на реката в бетонно корито със шлюзове.

Кротушка *Gobio spp.* Наблюдавана е в Босилеград и по данни от рибарите. Според рибари понякога се среща вписаната в Червената книга на България балканска кротушка *Romanogobio kesslerii*, но това не е потвърдено от настоящите изследвания.

Неопределена риба. В повечето пунктове бяха наблюдавани рибни пасажи или засечени от използваният рибен радар тип сонар. Рибите най-вероятно в повечето случаи са риба пръскачка и черна мряна. Установяват се както в населените места, така и извън тях. Размерите от 1 до 20 cm. Установените малки риби са в големи пасажи.

Сива чапла *Ardea cinerea*. Вписана е в Червената книга на България. Нуждае се от голямо количество риба, което е добър индикатор за състоянието на речната екосистема. Считала се е за изчезнала по течението на река Драговищица. Наблюдаван е един екземпляр в района на село Рибарци в Сърбия. Възможно е същият екземпляр или друг да е наблюдаван в района на водохващането на село Драговищица. Местното население не е осведомено и я счита за сив щъркел.

Зоо- и фито-бентос, био-индикатор за чиста вода

Събрани са различни видове бентосни организми, но като индикатор за чисто води са определени следните: мамарци *Amphipoda*, сладководни скариди *Branchiopoda*, ларва на насекоми *Ephemeroptera larvae*, ларва на насекоми *Perla sp.*, ларви на *Trichoptera larvae*, зелено водорасло *Sboloropbyta*, кафяво водорасло *Pbaeopbyta*.

Заклучение

Река Драговищица отговаря на тип R3 планинска река, като изследваните показатели отговарят на нормите и констатираните присъствия на различни химични елементи са резултат от природните особености на района, с малки изключения за циануровата киселина и нитрати. С оглед на опитите да се възстанови популацията на Балканска пъстърва е необходимо да се обърне внимание на съдържанието на цианурова киселина във водата, поради чувствителността на тази риба към този вид замърсител. В сръбският отрязък от реката замърсяванията са предимно от отходните битови канали и нерегламентираното изхвърляне на битови отпадъци в коритото на реката в Босилеград и селата след него Рибарци, Райчиловци и Млекоминци. Поради бързотечащата вода, която за няколко часа се отводнява от началото на реката до българската граница този вид замърсители трудно се задържат и разлагат, а циануровата киселина е крайният им продукт на разпад. Разположеният близо до границата бент на ВЕЦ задържа водата и скоростта и е равна почти на 0 m/s. Мястото е открито и изложено на припек. Вероятно тук се създават условия за разлагане на битовите замърсители идващи от Сърбия и започва отделянето на инфилтрати, различни продукти на разпад, които изграждат състава на циануровата киселина. От този бент нататък този замърсител присъства постоянно в измерваните проби с малки изключения. За увеличаването на съдържанието на

цианурова киселина в равнинната част на реката вероятно спомагат разположените многобройни ферми (особено животновъдни) с натрупани големи количества оборска тор и аграрно-преработвателни цехове по течението на реката, за някои от тях констатирахме изливане на отходни води в реката. Предполага се, че поради тази причина количеството на цианурова киселина се увеличава повече от 3 пъти над границата на чувствителност на Балканската пъстърва и речната скарида Брахиопода, основна храна на рибите. В този участък са установени и съдържания на сулфати в единични проби и нитрати близо до пределно допустимите концентрации определени от Нитратната Директива на ЕС.

Седимента на река Драговищица е чист с ниско съдържание на антропогенни макро и микро-отпадъци. Съдържанието на антропогенни микродетрити е под 1%, само на места около населените места и нерегламентирани сметища се увеличава леко. Най-големият замърсител от този вид е Босилеград, където за наблюдавани битови макро отпадъци, но микроотпадъците не са във висок процент и след завода за червена керамика в село Драговищица. Там отпадъците достигат в отделни точки до 100% в заливната тераса и до 10% в речното корито, а ореола на разпространение достига чак до вливането и в река Струма. Този вид замърсител се предполага, че не вреди на околната среда, защото е химически устойчив, но структурата, която придава на речното дъно и неговият релеф е различна от природно-създадената.

По отношение на микробиологията, концентрацията на колиформи е много ниска и водата е с добро качество. На изхода от Сърбия и навлизането в България измереното количество на колиформи във водата на река Драговищица е с 50% повече отколкото при вливането и в Струма, въпреки, че дължината на реката в България е по-голяма. Като източник на колиформи е определен Босилеград и селата след него. Основните био-индикатори зоо- и фитобентос показват, че състоянието на речната еко-система е стабилна и в добро състояние. Но най-важният био-индикатор Балканска пъстърва беше наблюдаван само в сръбската част на реката. В българския отрязък тази риба не е наблюдавана (Фиг. 3).

Литература:

1. Божков, В., Печинова, М., Найденов, Н., Янкова, Л., Стоименова, Н., Недялкова, В. 2011. „Подпомагане на дейността на Басейнова дирекция Западнобеломорски район - Благоевград по изготвяне на предварителна оценка на риска от наводнения, по методиката по чл.187, ал. 2, т.6 от закона за водите“, Доклад 1 окончателен. ДХИ България ЕООД, 157 с.
2. Чешмеджиев, С., Маринов, М. (2008). Типология на водните екосистеми в България. Прилагане на Рамковата Директива за води водите 2000/60/ЕС. Сб. Доклади от Юбилейна научна конференция по екология, Пловдив, 1 ноември 2008, 371-383.
3. Загорчев, И., (1993). Обяснителна записка към геоложка карта на България М1:100 000, картни листове К-34-058 Босилеград и Радомир. Комитет по геология и минерални ресурси, "Геология и геофизика" АД, 76 с.
4. Матов, И., Ганева, Д., Ганев, Д. (2004). Екология. Изд. ПенСофт, София, 236 с.
5. Pettijohn, F. (1975). Sedimentary rocks. – Harper and Row, Baltimore 746 pp.
6. Pettijohn, F., P. Potter, R. Siever. (1972). Sand and Sandstone. – Springer, New York 618 pp.
7. Taylor, G.H., Teichmüller, M., Davis, A., Diessel, C.F.K., Littke, K., Robert, P. (1998). *Organic petrology*. Berlin-Stuttgart, Gebrüder-Borntraeger; 704 pp.
8. Stach, E., Mackowsky, M., Teichmüller, M., Taylor, G.H., Chandra, D., Teichmüller, R. (1982). *Stach's textbook of coal petrology*. Berlin-Stuttgart, Gebrüder-Borntraeger; 538pp.
9. Сотиров, А., Пищалов, Н., Малууд, Д., Йерусалимова, М., Савова, С., Везенкова, П., Ефтимова, М., Велинов, Д., Кирилов, Д. (2015). Антропогенните микродетрити като фактор за съвременното седименто- и почвообразуване. Списание Екологично инженерство и опазване на околната среда, 3, 15-21.
10. Сотиров, А., Малууд, Д., Пищалов, Н., Везенкова, П., Йерусалимова, М., Станчев, Л., Расулски, Т., Савова, С. (2014). Влияние на някои притоци върху замърсяването на река Струма. Списание Екологично инженерство и опазване на околната среда, 3-4, 25-32.
11. Сотиров, А., Малууд, Д., Пищалов, Н., Везенкова, П., Станчев, Л., Расулски, Т., Савова, С. (2014). Сравнение на данните за екологичен мониторинг на река Новоселска и река Банщица, кюстендилско. Сборник доклади на Годишна университетска научна конференция, Велико Търново, България, юли 2014
12. Сотиров, А. (2013). Радиологичен контрол на град Кюстендил. Сборник доклади на Годишна университетска научна конференция 27-28 юни, Велико Търново, 91-97.
13. Сотиров, А., Йерусалимова, М., Везенкова, П., Савова, С., Станчев, Л., Расулски, Т. (2013). Екологичен мониторинг на река Банщица-2 част. Списание Екологично инженерство и опазване на околната среда, 3-4, 34-42.
14. Сотиров, А., Йерусалимова, М., Везенкова, П., Савова, С., Станчев, Л., Расулски, Т. (2013). Качество на водата на река Новоселска, предназначена за бъдещият язовир Кюстендил. Втора научна конференция по екология (SACE), Пловдив, България, ноември 2013.
15. Сотиров, А. Везенкова, П., Расулски, Т., Станчев, Л., Савова, С. (2013). Сравнение на

- данните за екологичен мониторинг на река Банщица и река Новоселска. Сборник материали на Природен резерват "Сребърна", 6-15.
16. Сотиров, А., Везенкова, Р., Пищалов, Н., Савова С., Станчев, Л., Расулски, Т. (2013). Екологичен мониторинг на околната среда в град Кюстендил. Списание Екологично инженерство и опазване на околната среда, кн. 1, 19-28.
 17. Сотиров, А., Везенкова, Р., Савова, С., Станчев, Л., Расулски, Т. (2013). Екологичен мониторинг на река Новоселска, Кюстендилско. XII Национална конференция по химия за студенти и докторанти, СУ "Св. Климент Охридски", София, България, май, 2013.
 18. Сотиров, А., Пищалов, Н., Везенкова, Р., Симеонов, В., Пасков, С., Йорданов, С. (2008). Екологичен мониторинг на река Банщица, град Кюстендил. Сборник доклади Годишна конференция на БГД "Геонауки 2008", 137-138.
 19. Sotirov, A., Malwood, D., Pistalov, N., Vezenkova, R., Rasulski, T., Stanchev, L. (2014). Environmental problems of town Kyustendil, Bulgaria. Proceedings University Annual Scientific Conference, Veliko Turnovo, Bulgaria, July 2014.
 20. Sotirov, A. (2014). Environmental monitoring of town Kyustendil Bulgaria. E3 Journal of Environmental Research and Management, Vol. 5(2). pp. 019-041.
 21. Dimitrov, K., Peychev, A., Radenkov, K., Sotirov, A., Gaberov, V., Deyanovski, K., Bozinovski, Z. and Yakimovska, D. (2004). Environmental monitoring of the lead-zinc mining fields in the Bulgarian and Macedonian part of Osogovo Mountain. Proceedings Annual Scientific Conference of the Bulgarian Geological Society "Geology 2004", 9-11.
 22. Huthmacher, K., Most, D. (2005). "Cyanuric Acid and Cyanuric Chloride". Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry", Wiley-VCH, Weinheim. doi 10.1002/14356007.a08 191.
 23. World Health Organization., Background document for development of WHO Guidelines for Drinking-water Quality. (2004). U.S. Food and Drug Administration, "Interim Melamine and Analogues Safety/Risk Assessment; Availability", Federal Register: May 30, 2007 (Volume 72,Number103).