

КРИТИЧНИ ТОЧКИ В ЗАМЪРСЯВАНЕТО НА Р. ИСКЪР В УЧАСТЪКА НА БЪДЕЩАТА КАСКАДА “СРЕДЕН ИСКЪР” /ПРОКОПАНИК-ЕЛИСЕЙНА/

Я. Топалова, И. Янева, Д. Първанов, Й. Тодорова, Л. Кендеров

Биологически факултет – СУ “Св. Климент Охридски” 1164 София, бул. “Драган Цанков” 8,
Катедра “Обща и приложна хидробиология”
topalova@biofac.uni-sofia.bg

Резюме

Построяването на хидротехнически съоръжения налага предпроектни екологични проучвания, свързани с активните форми на ОВОС, изследвания по време на степенното разгръщане на строителството и изпълнение на целева мониторингова програма при реалната експлоатация.

Направено е предпроектно проучване в критичните точки на замърсяване на повърхностната вода, речното дъно и седиментите в участъка на бъдещата каскада „Средни Искър”. Изследването е проведено по основни показатели, засягащи качеството на водите и седиментите, както и екологичната пълноценност на речните биоценози в посочения участък на реката – химични, микробиологични и хидробиологични, за периода 2004 – 2005 година. Изследванията са проведени при пролетно пълноводие (май-юни) и при лятно маловодие (август – септември). В хода на оценката е включена и кризисната ситуация на наводнения и излизане на реката от коритото, състояло се през лятото на 2005. Като следствие от това измерените показатели при лятно маловодие са близки по стойности до тези при пълноводие.

Получените резултати показват, че в участъка на реката Прокопаник – Елисейна, по повечето показатели, водите отговарят на втора категория. Само по някои показатели те са трета категория. В седиментите обаче са концентрирани редица опасни замърсители – тежки метали и нефтопродукти, които са потенциален рисков фактор при пълноводие, наводнения, строителство и други подобни събития.

Макрозообентосните ценози при естествени условия категоризират участъка като III-та категория (алфамезосапробия). В случая на ресуспендиране на седиментите, обаче условията на речното дъно се влошават и достигат до IV категория, което състояние е извън допустимите норми. Бактериалните съобщества са с голямо разнообразие и обилие и те утвърждават мощния самопречиствателен потенциал на реката. Тревожност буди голямото количество бактерии от сем. Enterobacteriaceae, които са индикатори за фекално замърсяване.

Получените резултати са база за дългосрочна мониторингова програма по време на строителството и експлоатацията на бъдещата каскада „Средни Искър”.

Abstract

The building of the hydrotechnical equipment requires pre-project ecological investigations, connected with the active forms of the assessment of influence of the environment, investigations at the time of the building and caring out of the purposely designed monitoring program. The pre-project investigation in the critical control points of pollution of water, river bottom and sediments in the part of the future cascade “Medium Iskur” have been realized. The investigation has been accomplished according to the general indicators – chemical, microbiological and hydrobiological, for period 2004 – 2005. The study was accomplished at spring high water (May-June) and at summer low water (August – September). In the course of the assessment a crisis situation of the float in the summer of 2005 was discussed. As a consequence of the float the measured indicators at summer low water are similar to their values at high water. The obtained results showed, that in the part Procopanic-Eliseina, according to the more indicators, the waters responded to II category (Bulgarian National Standards).

Only several indicators are equal to III-category. In the sediments were concentrated various hazardous pollutants – heavy metals, oil-derivatives. They are potential risk factor at high water, floats, building and other similar events. The macrozoobenthic cenoses at the natural conditions categorized the river as III-category (alfa-mesosaprobic). The re-suspended sediments can worsen the conditions in the river bottom. Bacterial societies possess high diversity and abundance and they confirm powerful selfpurification potential of the river. The amount of the bacteria of family Enterobacteriaceae showed high municipal pollution. The obtained results are a base for long monitoring program at the time of building and exploitation of the future cascade “Medium Iskur”.

KEY WORDS: Water quality, hyporheic water, river sediments, chemical and microbiological indicators, benthic macroinvertebrates.

Увод

През последните години новата икономическа ситуация наложи редица нови тенденции в развитието на индустрията, енергийната система, опазването и развитието на околната среда. От една страна нуждата от «чиста енергия» стимулира изследванията и инвестициите за строеж на нови енергийни мощности, в това число и такива използващи водните ресурси – мини ВЕЦ. Такава е бъдещата каскада от 9 мини ВЕЦ на река Искър в района Среден Искър между селищата Прокопаник и Габровница.

От друга страна обаче, в този район, като стари щети в седиментите са натрупани редица високо токсични и трудни за елиминирани замърсители – нефтопродукти, други ниско биоразградими ксенобиотици, тежки метали. Този стар, но рефлектиращ в бъдещите енергийни мощности и в състоянието на околната среда проблем, изисква високо професионално и интердисциплинарно решение. Настоящата статия е посветена на проведените двегодишни изследвания върху динамиката на процесите, качеството на водите и седиментите на река Искър в участъка «Прокопаник – Габровница», с цел да се направи цялостна и превантивна оценка на състоянието на речния участък на бъдещата каскада «Среден Искър». Оценката е направена едновременно по химични, физични, микробиологични и хидробиологични параметри – т.е. комплексно. Чрез този активен подход се цели да се отидиференцират критични точки на замърсяване, транспорт и акумулация на замърсители с различна природа. Тук е мястото да подчертаем, че изследванията в тази насока ще продължат в рамките на 11 годишния период на строеж и експлоатация.

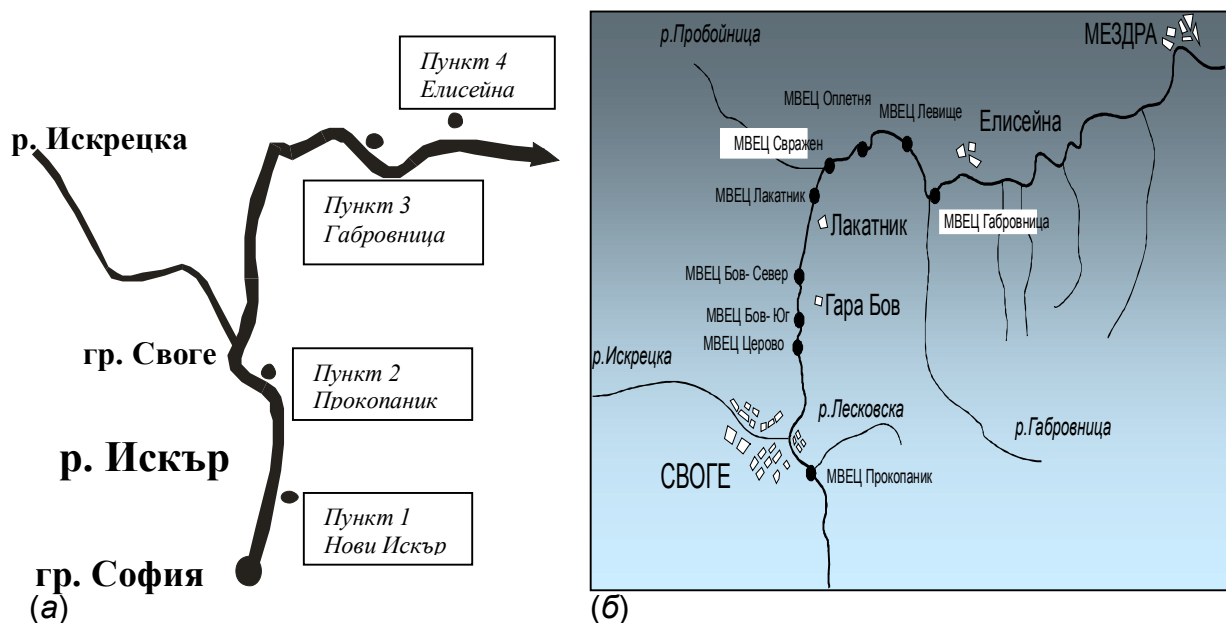
В изследванията специално внимание е отделено на биологичната компонента на екосистемата. Този нетрадиционен за строителството подход дава възможност по биологични показатели да се оцени качеството на водите и седиментите и нещо повече – да се прогнозира възможността за управление на самопречиствателния потенциал на реката в синхрон с бъдещото хармонично вграждане на каскадата в речната екосистема и нейната експлоатация.

Динамичната мониторингова програма е конструирана и изпълнявана от интердисциплинарен екип на специализираните лаборатории по Хидробиология и по Водопречистване към катедрата по Обща и приложна хидробиология, Биологически факултет на СУ «Свети Климент Охридски».

Материали и методи

Експериментален дизайн

Изборът на речен участък и пунктове (створове) за изследване се базира на детайлно предварително проучване на наличните данни за състоянието на водите и седиментите [2, 4, 6, 13], на територията на общините Мездра и Своге, както и на местонахождението на бъдещите МВЕЦ. На Фиг. 1 (а) са представени пунктовете за пробовземане, а на Фиг. 1 (б) е отбелязано местоположението на бъдещите МВЕЦ.



Фигура 1. Схема на пунктовете за пробовземане (а) и на местоположението на бъдещите МВЕЦ (б)

Бяха проведени четири експедиции за събиране на данни от контролните пунктове: в момент на пролетно-лятно пълноводие 22.06.2004 и 03.05.2005 и по време на лятно-есенно маловодие 12.08.2004 и 11.09.2005. Пробите бяха събирани по правилата на рутинната хидробиологична практика. Бяха изследвани трите основни суб-екосистеми, характеризиращи състоянието на речната среда: зоната на повърхностния речен отток, зоната на дъното (т.нар.бентал) и зоната на седиментите и хипорейните води. Хипорейната водна проба бе взета чрез помпа тип Vou-Rouch при дълбочина на пробовземане 25-30 см [12].

Хидрохимични и физикохимични параметри

На базата на предварителни проучвания и в съответствие с международните стандарти за оценка на качеството на водите бяха анализирани следните показатели: температура, концентрация на разтворения кислород, редокс-потенциал, електропроводимост, рН, ХПК /химично потребление на кислород/, разтворени и неразтворени (суспендирани) вещества, сухо тегло, амониеви йони, нитрити, нитрати, фосфати, хлориди, нефтопродукти, тежки метали. Всички анализи бяха проведени по стандартни методи в съответствие с БДС и ISO-14000 [5, 8] (Табл.1).

Таблица 1. Използвани методи

№	Показател	Метод
1.	Определяне съдържанието на нефтопродукти	EN ISO 9377-2:2000
2.	ХПК /бихроматна/	БДС17.1.4.02-77
3.	Активна реакция /рН/	БДС17.1.4.27-80
4.	Разтворен кислород / наситеност с кислород /	БДС EN25814

5.	Разтворени вещества	БДС17.1.4.04-80
6.	Неразтворени вещества	БДС17.1.4.04-80
7.	Хлорни йони	БДС17.1.4.24-80
8.	Азот /амониев/	БДС ISO 7150/1
9.	Нитритен азот	БДС EN26777
10.	Нитратен азот	БДС ISO 7890-3
11.	Фосфати	БДС EN1189
12.	Никел, олово, мед, цинк, кадмий, манган	ISO 8288
13.	Хром	ВВМ 413/СМА
14.	Брой колонии при 22 градуса и 37 градуса Целзий	БДС 17335-93
15.	Колиформи и <i>Escherichia coli</i>	БДС 17336-93
16.	Макрозообентос – качествени проби	ISO 7828-985
17.	Макрозообентос – количествени проби	ISO 9391-993

Отдиференцирането на критични точки в замърсяването на изследвания участък от река Искър е реализирано не само в смисъла на избор на пунктове и време за пробовземане, но и като подбор на ключови показатели, чийто контрол позволява бърза и ефективна реакция при възникване на рискови ситуации. В този смисъл по-долу са дискутирани резултатите само по отношение на предварително установени критични показатели [8].

Микробиологични параметри

При оценката на микробиологичните показатели беше приложен подходът на количествено и качествено определяне на свободно-пребиваващите клетки в повърхностно-течащите и седиментните води, както и на бактериите, адсорбирани към седиментните частици съобразно принципите на рутинната микробиологична практика, БДС и ISO-14000 стандартите [3, 9]. За деадсорбирането на бактериите от седиментната твърда фаза беше приложен специализиран микробиологичен метод – обработка на пробите с ултразвуков дезинтегратор (3 пъти по 10 сек.) под микроскопски контрол с цел запазването на целостта на микробните клетки [8].

За да се получи по-пълна представа за състоянието на лотичната среда и потенциалните възможности за самопочистване, бяха определени следните микробиологични показатели по култивационни методи на твърди хранителни среди: общ брой хетеротрофни бактерии и общ брой на ендобактериите, т.е. бактериите принадлежащи към семейство *Enterobacteriaceae* [3, 5, 7, 9, 11].

Хидробиологични параметри

Хидробиологичните проби бяха взети и обработени съгласно правилата за рутинна хидробиологична практика. Приложените методи и процедури за събиране на макрозообентосни проби съответстват на международните стандарти (ISO 7828/1985, ISO 9391/1993) [9].

Резултати и обсъждане

Както вече беше посочено целта на настоящото изследване е да се установят ключовите контролни пунктове на замърсяване по дължината на изследвания участък, както и да се направи оценка на рискови въздействия, свързани с промени в хидрологичния режим. Получените резултати се анализират от две гледни точки: 1) Пространствена динамика на параметрите в изследвания

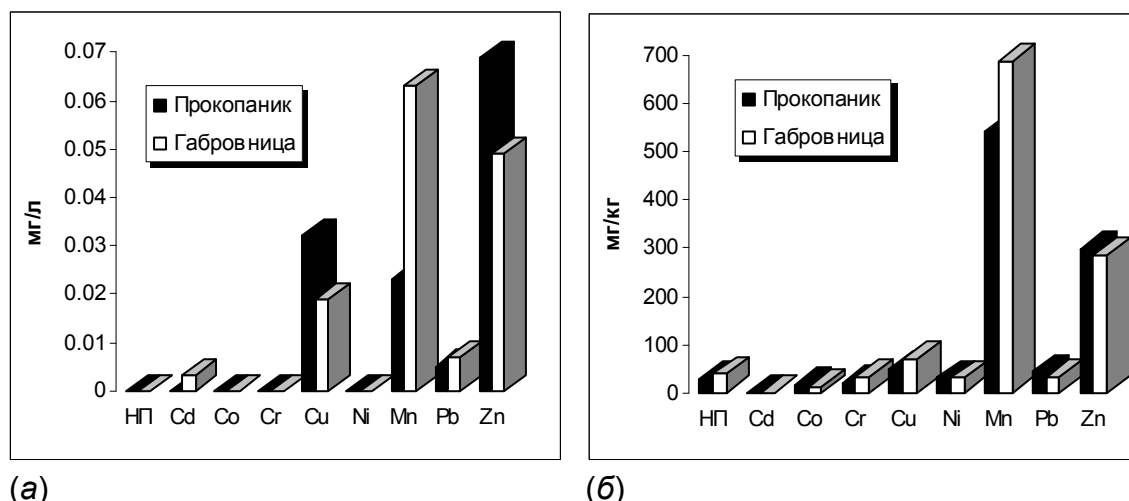
речен участък; 2) Категоризация на водите според различните показатели и на база съществуващите нормативни документи.

1. Динамика на параметрите по протежение на изследвания речен участък

Съдържание на тежки метали

Получените резултати относно концентрацията на тежките метали във водите и седиментите в началния (Прокопаник) и крайния (Габровница) пункт на пробовземане са посочени на Фиг. 2.

В ст. Габровница са установени по-високи концентрации на тежките метали и нефтопродукти. Тази тенденция се проявява както в повърхностните води, така и в седиментите. С най-високи концентрации в повърхностните води са йоните на Mn (0.03÷0.07 мг/л), Zn (0.05÷0.07), Cu (0.02÷0.03) и Pb (около 0.01). В седиментите, Mn достига стойности от 500÷700 мг/кг, Zn – 300 мг/кг, Cu – 50÷70 мг/кг и Pb – 40 мг/кг.



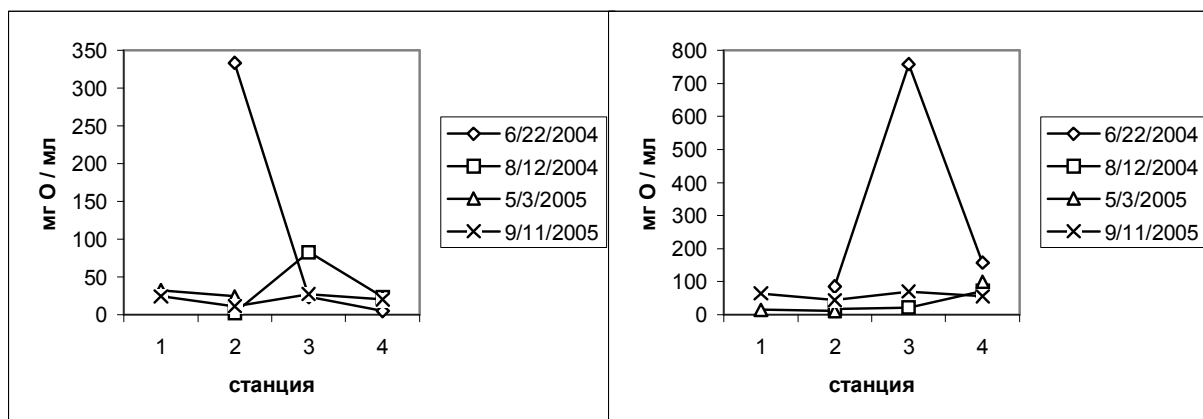
Фигура 2. Концентрация на тежки метали и нефтопродукти (НП) в повърхностни води (а) и седименти (б) за периода на пролетно пълноводие, 2004.

Завишените концентрации тежки метали във водите и седиментите е указание, че този параметър трябва да се следи внимателно в експлоатационния период на бъдещите МВЕЦ, тъй като е възможно да настъпят случайни изменения в акумулацията и транспортирането на тези замърсители. Този риск се засилва в ситуации на високи води, пълноводия, разливи, подобни на състоялите се през лятото на 2005 г. При възникване на горещи точки на акумулиране на тежки метали и нефтопродукти, екипът има готовност да се предложат и приложат специализирани биоремедиационни техники за елиминирането на токсичните замърсители от седиментите.

ХПК

В ст. Прокопаник се наблюдава пик в стойностите на ХПК (333 мг О/л) в повърхностните води по време на пълноводието през 2004 г. (Фиг. 3). През същия период е регистрирана и най-високата стойност в хипорейните води, но в ст. Габровница – 757 мг О/л. За всички останали сезони и станции този показател е в рамките на 100 мг О/л, както за речната, така и за седиментната

вода. С изключение на посочените отклонения, изследваният участък от река Искър по ХПК влиза в I и II категория течащи води. Наблюдаваните отклонения от нормите не водят до трайно влошаване на екологичното състояние на речната система и вероятно са резултат от точково неперидично постъпване на високи концентрации органика, които са в рамките на самопочиствателния капацитет на реката и се елиминират надолу по течението.

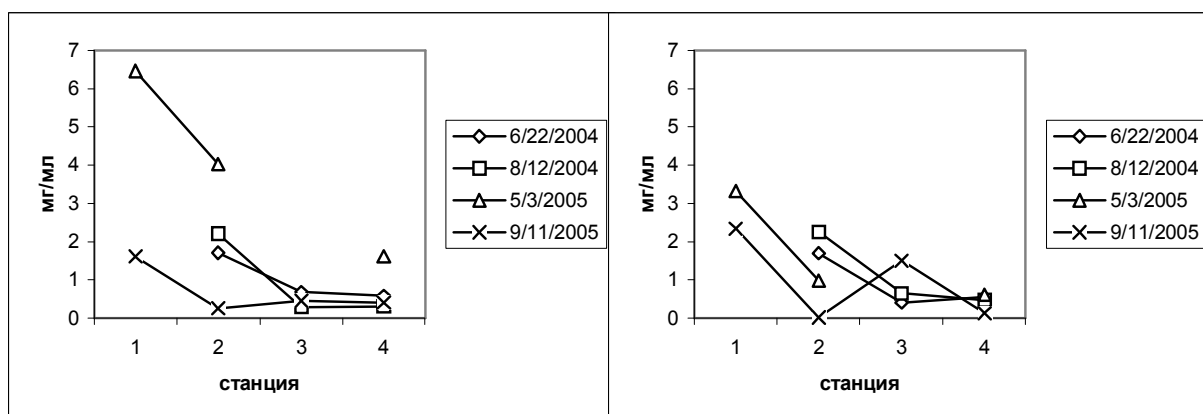


(а) (б)
Фигура 3. Изменение на ХПК в повърхностните води (а) и в хипорейните води (б) по дължина на реката. *ст. 1 – Нови Искър, ст. 2 – Прокопаник, ст. 3 – Габровница, ст. 4 – Елисейна*

Азотни форми

По отношение на всички изследвани азотни форми се наблюдава по-голяма вариабилност в измерените концентрации за повърхностните води, в сравнение с тези за хипорейните.

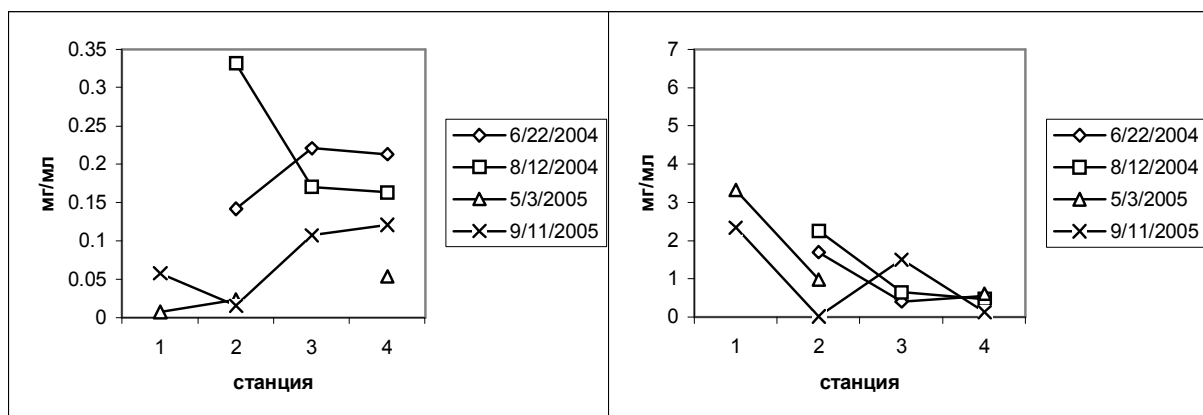
Амониевият азот показва ясно изразена тенденция за намаляване на концентрацията си по дължина на реката, както в речните, така и в седиментните води (Фиг. 4). Най-високи стойности са отчетени в ст. 1 (Нови Искър) и за периода на пълноводие през 2005 г. Това насочва към две заключения: (1) наличие на замърсяване с органика в този участък; (2) протичане на интензивни процеси на биодegradация, амонификация и последваща нитрификация по течението на реката.



(а) (б)

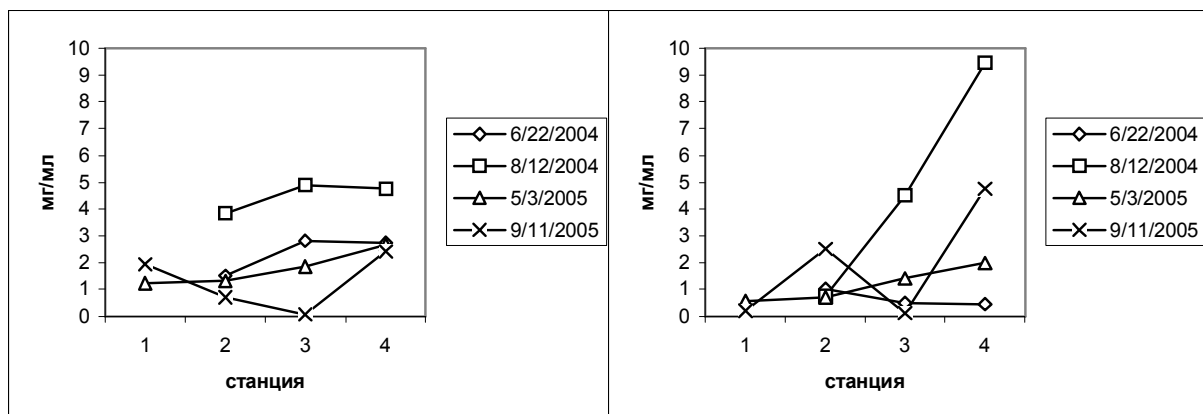
Фигура 4. Концентрация на амониевия азот ($N-NH_4^+$) в повърхностните води (а) и в хипорейните води (б) по дължина на реката. *ст. 1 – Нови Искър, ст. 2 – Прокопаник, ст. 3 – Габровница, ст. 4 – Елисейна*

Пространствената динамика на нитритен азот варира в голяма степен (Фиг. 5). Това вероятно се дължи на нестабилността на тази азотна форма, която бързо се окислява до нитрати. Измерените концентрации обаче, надвишават допустимите норми дори за III категория течащи води. Този резултат потвърждава направеното по-горе заключение, че по отношение на азота в средния участък на река Искър протичат ефективни трансформационни процеси.



(а) (б)
Фигура 5. Концентрация на нитритен азот ($N-NO_2$) в повърхностните води (а) и в хипорейните води (б) по дължина на реката. *ст. 1 – Нови Искър, ст. 2 – Прокопаник, ст. 3 – Габровница, ст. 4 – Елисейна*

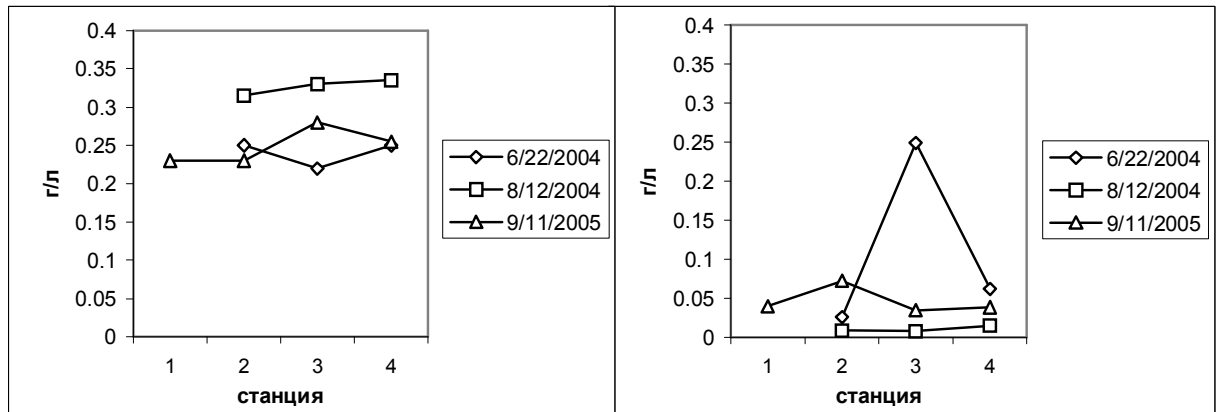
При нитратите се наблюдава противоположна на тази при амониевия азот тенденция на увеличаване на концентрациите по дължина на реката (Фиг. 6). Това показва интензивен процес на нитрификация. Най-високи стойности се установяват през типичния период на маловодие, 2004 г., а при високи води (дължащи се на пълноводие или наводнение) се регистрират сходни ниски концентрации.



(а) (б)
Фигура 6. Концентрация на нитратен азот ($N-NO_3$) в повърхностните води (а) и в хипорейните води (б) по дължина на реката. *ст. 1 – Нови Искър, ст. 2 – Прокопаник, ст. 3 – Габровница, ст. 4 – Елисейна*

Концентрация на разтворените и неразтворените вещества

В повърхностните води концентрацията на разтворените вещества надвишава тази на суспендираните. Завишени стойности на суспендираните вещества са измерени само при ст. Габровница през 2004 г. Няма съществени различия в стойностите на показателите през периода на пълноводие, 2004 г. и нетипичния период на маловодие през лятото на 2005 г.



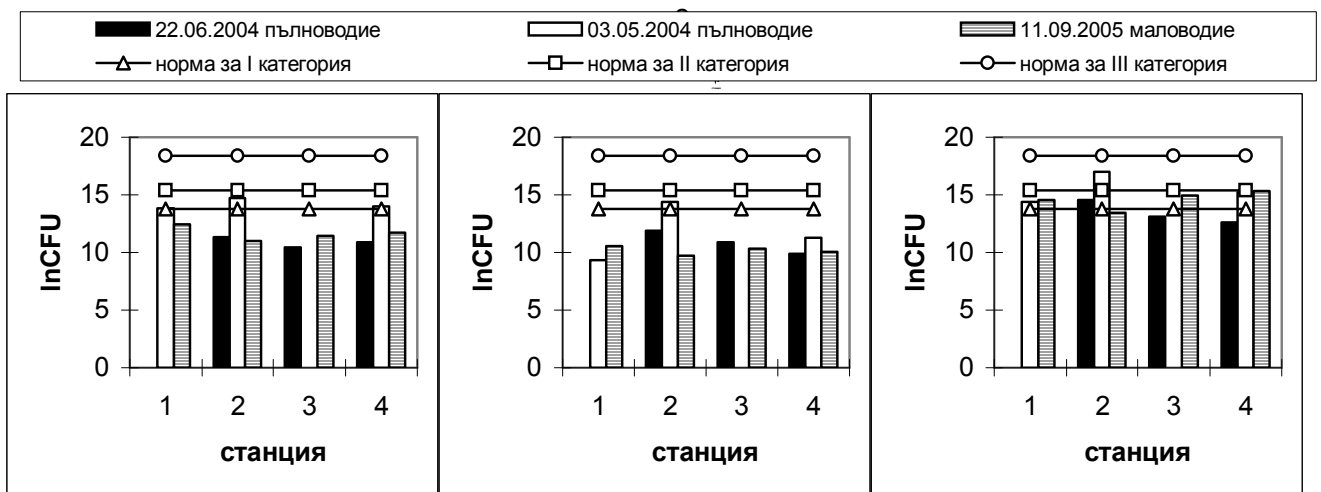
(а)

(б)

Фигура 7. Концентрация в повърхностните води на разтворени (а) и неразтворени (б) вещества. ст. 1 – Нови Искър, ст. 2 – Прокопаник, ст. 3 – Габровница, ст. 4 – Елисейна

Микробиологични показатели

Хетеротрофните бактерии в повърхностните води (Фиг. 8 а) са с най-високи количества по време на пълноводието през 2005 г. За тази година типично маловодие не е наблюдавано поради падналите обилни валежи в района и последващите ги наводнения. Ето защо анализираният показател за този период на нетипично проявено “маловодие” показва сходно поведение с отчетените за пълноводието през 2004 г. По дължина на реката не се регистрират значими флуктуации на общия брой хетеротрофни бактерии.



а)

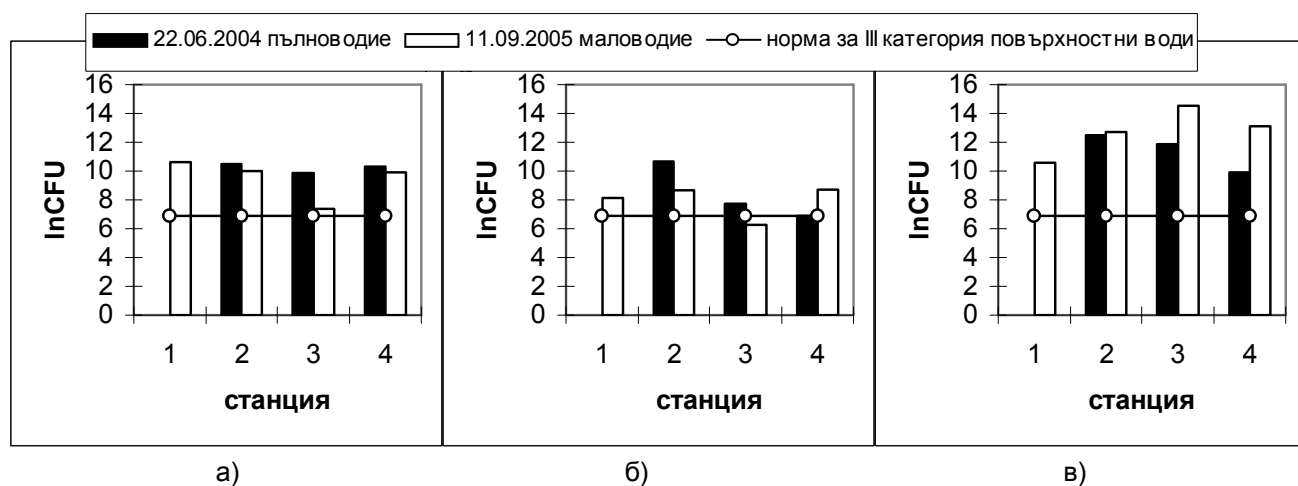
б)

в)

фиг.8 Общ брой на хетеротрофните бактерии. Станции : 1-Нови Искър, 2-Прокопаник, 3-Габровница, 4-Елисейна. а) в повърхностните води; б) в хипорейните води; в) в седиментите

В изменението на количествата на хетеротрофните бактерии има обща тенденция, засягаща хипорейните води и седиментите – увеличаване на стойностите на показателя в ст. 2 (Прокопаник), последвано от снижаване в ст. Габровница и в ст. Елисейна. Общият брой на хетеротрофите в хипорейните води на повечето станции е с по-ниски стойности в сравнение с тези в повърхностните води. В седиментите микробните популации са с най-висока плътност. Поради нетипичните хидрологични условия през 2005 г., периодът на маловодие не се отличава съществено от периодите на пълноводие 2004-2005 г.

Във всички изследвани пунктове се превишават стойностите за III категория повърхностни води за представители на *сем. Enterobacteriaceae* (Фиг. 8 б), което показва наличие на постоянно фекално замърсяване и поражда остра необходимост от изграждане на пречиствателни станции в района на изследвания речен участък.



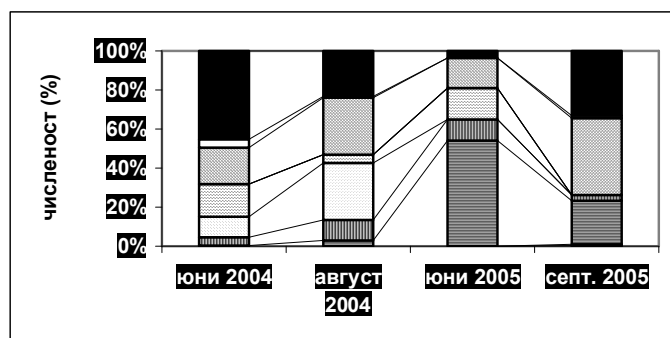
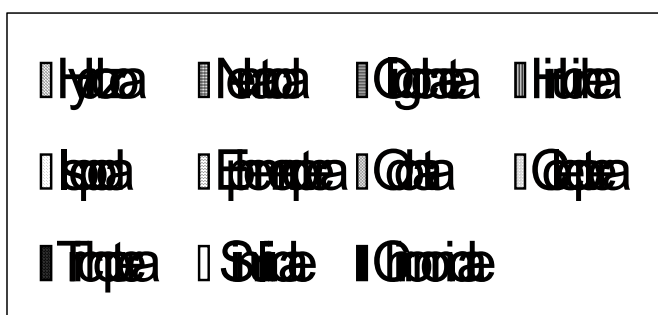
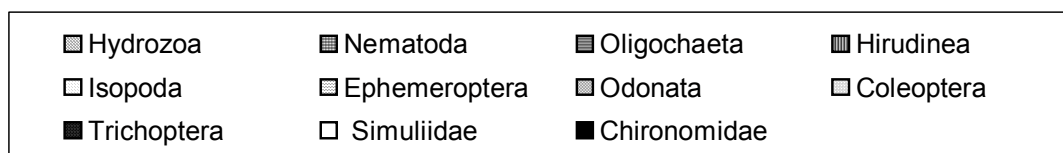
фиг.9 Количество на бактериите от *сем. Enterobacteriaceae*. Станции : 1-Нови Искър, 2-Прокопаник, 3-Габровница, 4-Елисейна. а) в повърхностните води; б) в хипорейните води; в) в седиментите

Характеристика на макрозообентосното съобщество

По време на проведените изследвания през периодите на пълноводие и маловодие на 2004 г., при “Прокопаник” са установени представители на 10 бентосни групи с обща численост 2539 екземпляра. Хидробионтите са с по-висока численост при пълноводие, когато стойностите на биотичния индекс оценяват тази част на реката като II-III категория. Показателно е голямото количество на едnodневките, тъй като те не се отличават с толерантност към условия на органично замърсяване. През маловодието са установени значителни количества от разр. *Trichoptera*. Тогава стойностите на биотичния индекс съответстват на III-категория.

През 2005 г. на този пункт са установени представители от 11 бентосни групи с обща численост 656 екземпляра. Независимо от по-големия брой бентосни групи през тази година, резултатите показват значително влошаване на условията (Фиг. 10). Стойностите на биотичния индекс съответстват на III-категория през периода на пълноводие и IV-категория при маловодие. През периода на пълноводие 2005 г. основният състав на съобществото се състои изключително от издържливите към влошени екологични условия

представители на *Oligochaeta*. За разлика от същия период на 2004 г., представителите на *Ephemeroptera* са с минимални количества. Значително е намалена и числеността на представителите на сем. *Chironomidae*. Това състояние на изследвания участък е още по-изявено през периода на маловодие на същата година. Тогава изобщо не са установени представители на *Ephemeroptera*, *Amphipoda* и *Simuliidae*, които присъстват през периода на маловодие на 2004 г. в макрозообентосното съобщество. През този период съобществото е съставено предимно от представителите на *Oligochaeta* и *Chironomidae*, които са с почти изравнена численост.



фиг.10 Количествена характеристика на макрозообентоса. а) станция Прокопаник
б) станция Габровница

В участъка на ВЕЦ “Габровница” през 2004 г. са установени хидробионти от 8 бентосни групи с обща численост 2240 екз. Най-масови са представителите на разред *Trichoptera* и семейство *Chironomidae* (пълноводие и маловодие) и *Isopoda* (маловодие). Стойностите на биотичния индекс оценяват станцията като II-III-та категория през трите месеца.

През 2005 г. влошените екологични условия се илюстрират през периода на пълноводие. Тогава доминираща роля в макрозообентосното съобщество имат водните малочетинести червеи (*Oligochaeta*), а останалата част се състои от резистентни към влошени условия групи и видове – *Hirudinea*, род *Hydropsyche* (*Trichoptera*), както и еврибионтния вид *Baetis rhodani* (с минимална численост).

През периода на маловодие през 2005 г. съставът на съобществото се изменя съществено, като представителите на *Chironomidae* и *Trichoptera* доминират над тези на *Oligochaeta*, а освен това се появяват и единични представители от още 4 бентосни групи – *Hydrozoa*, *Nematoda*, *Gastropoda* и *Simuliidae*. Това обстоятелство доказва относително подобрени екологични условия за разлика от условията на предишната станция през същия период. Обяснението в случая е положителната роля на самопочиствателните процеси изразяващи се в разграждане на органичната материя преминала от седиментите по време на пълноводието, както и утаяването на известна част от нея. Това твърдение се подкрепя и от хидрохимичните и микробиологичните резултати.

II. Категоризация на изследвания речен участък съгласно БДС

Изследваните хидрохимични показатели на течащите повърхностни води при пълноводие са между първа и втора категория води. Има и някои изключения: нитритният азот превишава стойностите за III категория във всички пунктове, ХПК при Габровница и Прокопаник също е над стойността на показателя за II и III-категория съответно. При маловодие всички изследвани показатели показват завишени стойности в сравнение с тези при пълноводие, като в повечето случаи се запазва II категория. Изключение прави отново нитритният азот, който надвишава стойността за III категория. По микробиологични показатели повърхностните води надвишават приетите норми за III категория води. Въз основа на показателите на макрозообентосното съобщество изследваният речен участък през 2005 г. съответства на влошена III или IV категория при станция Прокопаник (пълноводие и маловодие) и Габровница (пълноводие) и II и III-та при Габровница (маловодие).

Изводи

1. Станция Прокопаник и Габровница са критични контролни точки, както по отношение на пространственото си разположение съобразно локализацията на бъдещата каскада, така и относно повечето от изследваните показатели.
2. Зоната на седиментите е с ключово значение за точното охарактеризиране и прогнозиране на качеството на речните води при строителството и експлоатацията на бъдещите МВЕЦ-ове.
3. Бактериалните съобщества са с голямо разнообразие и обилие и те утвърждават мощния самопречиствателен потенциал на реката.
4. Тревожност буди голямото количество ендобактерии, които са индикатори за фекално замърсяване и оказание за необходимост от пречиствателни съоръжения в региона.
5. При процеси на реструктуриране на речните седименти в резултат на необичайно високи вълни настъпват съществени трансформации в структурата на дънното макрозообентосно съобщество.
6. В ст. Прокопаник, през 2005 г. биоценотичното разнообразие е понижено. С максимална численост са бентосните групи и видове, толерантни към влошено сапробно състояние.
7. През 2005 г., ефектът от високите вълни върху макрозообентосното съобщество е по-слабо изразен в ст. Габровница. Въпреки това има индикация за известно влошаване на качеството на водите. Най-съществени отклонения от типичната структура на съобществото се установяват по време на пролетното пълноводие - 2005 г.
8. Акумулираните в седиментите ксенобиотици биха създали известни затруднения при строителството и последващото използване на МВЕЦ, свързано с риска от отделянето на токсини в повърхностните води на речната екосистема.
9. Нетипичният период на есенно маловодие през 2005 г. съответства по хидрохимични и микробиологични показатели на изследваните периоди на пълноводие.

Препоръки

1. Провеждане на дългосрочна мониторингова програма, акцентираща върху качествените параметри на седиментите и взаимната им обвързаност с качеството и екологичната пълноценност на речните води.
2. При необходимост - изготвяне на стратегия за реализацията на биоремедиационни мероприятия, елиминиращи риска от акумулация на замърсители и процеси на вторична интоксикация.
3. Реализация на адекватен времеви график, за мониторингови изследвания в съответствие със строежа и експлоатацията на МВЕЦ-ове по дължината на р. Искър.

Благодарности

Изследването е част от мащабна мониторингова и биоремедиационна програма и е изработено в хода на ОВОС на каскада "Среден Искър". Авторите благодарят на доц. д-р Р. Николаева и г-жа Е. Даскалова за оказаната помощ.

Литература

1. Закон за водите (обн. ДВ бр.67/1999 г., с изм. и доп.).
2. ИАОС. 2000. Състояние на околната среда в република България, Годишен бюлетин, София.
3. Кузнецов, С., Дубинина, Г. 1989. Методи изучения водных микроорганизмов, Москва, 288 стр.
4. Министерски съвет на Република България. 2003. Зелена книга, Доклад за състоянието на околната среда през 2000-2001 год, София.
5. Наредба №7/8.08.1986 г. за показатели и норми за определяне качеството на течащите повърхностни води, приета от Комитет за опазване на природната среда, Министерство на народното здраве и Комитет по териториално и селищно устройство (обн. ДВ, бр. 96/1986 г.).
6. Русев, Б. 1994. Лимнология на българските дунавски притоци, София.
7. Совет Экономической Взаимопомощи. 1985. Совещание руководителей водохозяйственных органов стран-членов СЭВ, Унифицированные методы исследования качества вод; Част IV, микробиологические методы, Москва, 270 стр.
8. Топалова, Я., И. Рибарова, Д. Първанов, Й. Тодорова, Л. Кендеров. 2005. Оценка на водното качество на река Искър в участъка гр. Своге – гр. Елисейна през постпреватизационния период. 1st International Conference BULAQUA 2005, 7-10 June, Sofia.
9. Янева, И.& С. Чешмеджиев.1979. Ирландски Биотичен индекс (Clabby, K.J.& Bowman,J.J. 1979; Clabby, 1981). В: Национална програма за биомониторинг на България. МОСВ, PHARE – Консорциум БИОТА,Гея – Либрис,София,162-171 стр.
10. APHA, AWWA, WEF. 1989. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, American Public Health Association, Washington DC.
11. Bonde, G. Y. 1977. Bacterial indication of water pollution. In: Doop, M. R. and Yannasch, H. W., Advances in Aquatic Microbiology, New York: Academic Press, pp.273-364.
12. Bou, C. (1974). Recherches sur les eaux souterraines : Les méthodes de récolte dans les eaux souterraines interstitielles, Ann. Spéléol., 29 (4) : 611-619.
13. http://www.bluelink.net/water/dunav/iskar/index_iskar.htm