

ХИДРОХИМИЧНИ ПРОУЧВАНИЯ ВЪВ ВЛАЖНА ЗОНА „КАРСТОВ КОМПЛЕКС ДРАГОМАНСКО БЛАТО“

Надка Игнатова¹, Николай Джумерски², Виктория Радева³

¹Лесотехнически Университет, София

²Стил- М 93 ООД, София

³Съдърланд Глобъл Сървисис, София

Резюме

Карстовият комплекс „Драгоманско блато“ е най-голямата по площ влажна зона с международно значение в България и най-обширната естествена карстова влажна зона в Европа. Тя е част от Натура 2000 и е включена в списъка на Рамсарската конвенция за влажните зони с международно значение. Неговите биоразнообразие, екосистемни функции и продуктивен хранителен капацитет за много водни организми зависят от физикохимичната характеристика на водата във влажната зона, но информацията за нея е много оскъдна. Целта на проучването е да се идентифицират физикохимични параметри за качеството на водата в тази влажна зона за нейното успешно устойчиво управление и контрол. Извършена е проучвателна работа при пълноводие и маловодие през 2021 и 2022 г. в два избрани контролни пункта чрез определяне на електропроводимостта, температурата, рН, разтворения O_2 , наситеността с O_2 , биохимичната потребност от O_2 , съдържанието на неразтворени вещества, общ органичен въглерод, разтворен органичен въглерод, общ азот, органичен азот, $N-NH_4^+$, $N-NH_3$ и H_2S . Установено е, че при маловодие в края на лятото, стойностите на $N-NH_4^+$, БПК₅ и съдържанието на неразтворени вещества, са по-високи спрямо периода на пълноводие през пролетта, съответстващо на по-ниско съдържание на разтворен кислород и наличие на евтрофизация в този период. Предлага се на органите за управление и контрол на околната среда, опазващи рибните ресурси като главен хранителен компонент за много птици и други животни във влажните зони, програма от водозащитни мерки за устойчиво управление и контрол на водното ниво, както и намаляване на замърсяването, постъпващо от външни дифузни и точкови източници в изследваната влажна зона.

Ключови думи: влажни зони, евтрофикация, мониторинг, устойчиво управление, хидрохимия.

Keywords: wetlands, eutrophication, monitoring, sustainable management, hydrochemistry.

JEL: Q01, Q25, Q28, Q53, Q57.

Увод

Влажните зони са екосистеми, в които водата е основният фактор, от който зависят екологичните условия и свързаните с тях незаменяеми местообитания на специфични животни и растения. Те се характеризират с висока продуктивност, своеобразен кръговрат на водата, ефективна самопречиствателна способност, капацитет за акумулиране на големи водни количества и възможности за съхраняване на въглерод, с което играят важна роля в предотвратяването на климатичните промени [17–22]. Поради широкия спектър от екосистемни услуги, които могат да предоставят и уникалните възможности за опазване на редки и застрашени от изчезване организми, влажните зони са сред най-приоритетните за опазване територии и най-интересните за изследване екосистеми. Те са обект на внимание и проучвания, с оглед опазването им от антропогенно увреждане и успешно управление на устойчивото им развитие, доказателство за което са множество национални и международни нормативни документи, планове, ръководства, оценки, доклади, изследователски проекти и др. [5–6, 10–15].

Особено внимание е необходимо да се обърне на качеството на водната среда във влажните зони, като важен средообразуващ фактор. Информацията в литературните източници върху физико-химичните показатели за качеството на водите в защитени влажни зони е много оскъдна, определяни са малък брой показатели, оценката на състоянието на водните тела, в преобладаващата част от проучванията, е извършвана, с малки изключения, най-вече за период на пълноводие [1, 3, 4]. Това налага извършване на сравнителни изследвания на качеството на водите по физикохимични индикаторни параметри, както в период на пълноводие, така и при маловодие, когато условията са по-неблагоприятни.

Целта на предлаганото проучване е да се изследва качеството на водите във влажна зона „Карстов Комплекс Драгоманско блато“ по физикохимични показатели, с оглед опазването им от антропогенно замърсяване и евтрофизация, за осигуряване на благоприятна среда и хранителна база за застрашените птици, както и предлагане на водозащитни мерки за успешно управление и контрол на устойчивото развитие на водното тяло.

От тази цел произтичат следните задачи:

- изследване състоянието на водното тяло във влажна зона „Карстов Комплекс Драгоманско блато“ по физико-химични показатели за качество в период на пълноводие и маловодие;
- избор на ключови индикаторни показатели, променящи най-съществено стойностите си при промяна на водното ниво и развитие на водна растителност във водното тяло;
- оценка на качеството на водите и пригодността им за рибовъдство с цел осигуряване на хранителна база на застрашените водни птици;
- препоръка за водозащитни мерки за опазване на водното тяло от еутрофикация и успешно управление на устойчивото развитие на качествата му.

1. Обекти и методи на работа

Влажна зона BG0002001 „Раяновци“ (Карстов комплекс Драгоманско блато) е обявена със Заповед № 569/05.09.2008 г. на Министъра на околната среда и водите и е част от Европейската екологична мрежа Natura 2000, съобразно Директива 79/409/ЕЕС за Опазване на дивите птици и Директива 92/43/ЕЕС за Запазване на природните местообитания на дивата флора и фауна. Тя е най-голямата карстова естествена влажна зона в България, с големина 400 ха, средна надморска височина 703 м и е разположена в обширна котловина в подножието на планината Чепън. Има високо екосистемно и консервационно значение и е елемент от важен миграционен път, „депо“ за водни ресурси и биоразнообразие, с потенциал за развитие на природозащитно образование, екотуризъм и други природосъобразни форми на стопанска дейност. Влажната зона има капацитет за улавяне на биогенни елементи и замърсители, които биха попаднали в подземните води на карстовия комплекс, както и за свързване на атмосферен въглерод в биомаса. Изследваното водно тяло може да се отнесе към L4- равнинни и полупланински езера и блатата в Екорегия 12, Дунавски Субекорегион 12.1 [10]. В рамсарското място са регистрирани 256 вида птици, 9 земноводни, 9 влечуги, 23 бозайници и 180 висши растения. Само птиците съставляват 61% от всички, установени в България. Влажната зона е изградена върху юрски седименти, а почвите са торфенисто блатни върху карбонатни глини и глинести отложения. Климатът е умерено континентален, с годишна сума на валежите 612 мм, средногодишна температура на въздуха 8–9 °С, пролетно пълноводие през май-юни и есенно маловодие през август–септември, кога-

то площта на водното огледало намалява два пъти. Основна роля в подхранването на водното тяло имат излизащите на повърхността карстови води. Валежите понират в дълбочина и се формира регионален водоносен хоризонт. Подземният приток е 25% от валежите или 150 мм годишно [2, 9]. Потенциалните източници на замърсяване на водите на влажната зона „Раяновци“ са отпадъчните води и окапци от напояване от общините Драгоман, Сливница, Костинброд и Годеч, в които няма пречиствателни съоръжения, както и производствени отпадъчни води от „Мина Бели брег“ в с. Габер, за добив и преработка на въглища, „Руббертек България“ ЕООД, гр. Драгоман за производство на уплътнения за автомобилната индустрия, „ДФ България“ ЕООД, гр. Драгоман за производство и преработка на перфорирана ламарина, „Огняново – К“ АД за добив на скална маса от кариера „Пуклина“ и производство на негасена и хидратна вар, „Европолимер“ ООД, Драгоман за производство на капкови маркучи и търговия с маркучи, фитинги, тръби и др., „Супер Фудс“ ООД, гр. Драгоман за производство на биобарове, „Контактни елементи“ АД за производство на апарати за разпределение на електрическа енергия и др. [2, 9, 12–14].



Снимка: Н. Джумерски

Фиг. 1. Изследваното водно тяло в „Карстов Комплекс Драгоманско блато“

Оценката на състоянието на водното тяло по физикохимични показатели за качество е направена в съответствие с Рамковата Директива за водата на ЕС 2000/60, Стандартите за качество на околната среда (ДВ. 4/2008 г.) и Наредба Н4/14.09.2012 г. за характеризирание на повърхностни води (ДВ. 22/5.03.2013 г.), с изменения в ДВ, бр. 79/23.09.2014 г. [10, 13]. Пригодността на водите за рибовъдство е оценена по Наредба № 4 от 20.10.2000 г. за качеството на водите за рибовъдство и отглеждане на черупкови организми (ДВ бр. 88/2000 г.) [11].

За целта е извършена теренно-проучвателна работа за водното тяло в „Карстов комплекс

Драгоманско блато“ в период на пълноводие на 5 юни 2021 г. и 15 май 2022 г., а при маловодие на 5 септември 2021 г. и на 27 август 2022 г. Пробовземането е осъществено в съответствие с изискванията на стандарта за вземане на водни проби БДС EN ISO 5667-1:2005 [16]. На терена е отчетено времето на вземане на водните проби и GPS координатите на контролните пунктове, от които са взети, на всяка водна проба е измерена температурата в °C, pH по БДС EN ISO 10523: 2012 и електропроводимостта на водата в $\mu\text{S.cm}^{-1}$ по БДС EN 27888:2002 (Combo, Hanna Instruments), [7, 8] и е направена снимка на водното тяло в мястото на пробовземане.

От всеки контролен пункт са вземани по 5 вида водни проби в общ обем 6000 cm^3 :

- 2 банки по 500 cm^3 за лабораторно определяне на разтворен O_2 по БДС ISO 17289;
- 2 банки по 1000 cm^3 за определяне на неразтворени вещества по БДС EN 872 и сулфиди по ISO 10530;

- 2 тъмни стъклени банки с шлифовани запушалки по 250 cm^3 за определяне на БПК₅ по БДС EN 1899-2;
- 2 банки по 1000 cm^3 за определяне на общ органичен C и разтворен органичен C по БДС EN 1484, амониеви йони по БДС EN ISO 14911 и сумата от H_2S и сулфиди по ISO 10530;
- 2 банки по 250 cm^3 за определяне на общ N по ВЛМ WW-21 и органичен азот по БДС EN 25663.

2. Резултати и дискусия

Температурата на водата варира от $16,4 \text{ }^\circ\text{C}$ до $24,1 \text{ }^\circ\text{C}$, като при пълноводие са измерени пониски стойности през 2022 г., докато при маловодие по-високи, от тези през 2021 г. При едно и също пробовземане не са установени съществени температурни разлики в двата контролни пункта за проучване. Измерените стойности за киселинност са разположени в диапазона от 6,86 до 7,52 pH единици, като през 2022 г. е установена по-висока киселинност при всяко пробовземане (табл. 1).

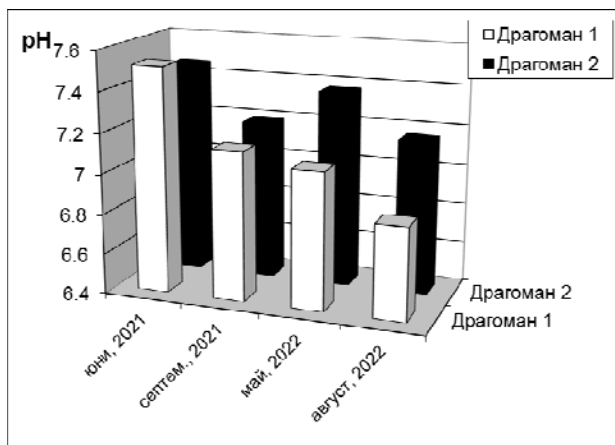
Табл. 1. Физикохимични показатели на водите във влажна зона „Драгоманско блато“ при пълноводие и маловодие

Водно тяло	Дата	Температура, °C	Разтворен O_2 , mg.dm^{-3}	Суспендирани в-ва, mg.dm^{-3}	pH	Електропровод., $\mu\text{S.cm}^{-1}$
Драгоман 1 (пълноводие)	5.06.2021	19,1	5,80	3,1	7,52	491
	15.05.2022	16,6	3,20	3,2	7,08	663
Драгоман 2 (пълноводие)	5.06.2021	19,6	9,01	8,1	7,46	514
	15.05.2022	16,4	3,60	8,6	7,37	616
Драгоман 1 (маловодие)	5.09.2021	17,1	3,31	3,8	7,14/	691
	27.08.2022	24,1	1,70	4,4	6,86	728
Драгоман 2 (маловодие)	5.09.2021	16,3	1,08	19,9	7,19	554
	27.08.2022	23,4	5,20	18,2	7,16	532
Стандарт за качество (Наредба Н4) [9]	Отлично		9,00–7,00	Няма норма	6,5–8,7	650
	Добро		7,00–6,00		6,5–8,7	750
	Умерено		<6,00		6,5–8,7	Над 750
Стандарт за риборазвъждане (Наредба 4) [10]	Препоръчителен		9,00	<25	6–9	Няма норма
	Задължителен		6,00			

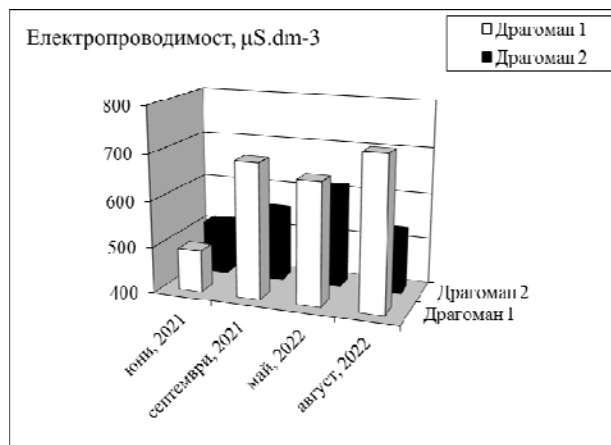
Макар, че при първия контролен пункт се наблюдава ясно изразена тенденция за киселяване на водите през периода на изследване, киселинността на водите остава в рамките на изискванията за отлично качествено състояние и показва висока буферна способност на водното тяло (фиг. 2).

Установената тенденция на намаляване на стойностите на pH на водата в първия контролен пункт за периода на проучване е в синхрон с повишаване на електропроводимостта, като интегрален показател за натоваване с йонни форми, от 491 до $728 \mu\text{S.cm}^{-1}$ (фиг. 3). Във втория контролен пункт колебанията в тези два по-

казатели са по-незначителни, както по отношение на киселинността (от 7,16 до 7,46 pH единици), така и за електропроводимостта (от 514 до $616 \mu\text{S.cm}^{-1}$). Прави впечатление, че при пълноводие и в двата контролни пункта, а при маловодие и във втория пункт, се запазва отличното състояние на водата по йонен състав, а в първия пункт, при маловодие преминава в добро състояние по Наредба Н4 [9] (табл. 1). Необходимо е да се отбележи, че въпреки намаляването на водното количество при маловодие, водното огледало във влажната зона се запазва през целия период на проучването, дължащо се на непрекъснатото заустване на отпадъчни



Фиг. 2. Киселинност на водите във влажна зона „Комплекс Калимок“ при пълноводие и маловодие за 2021–2022 г., pH



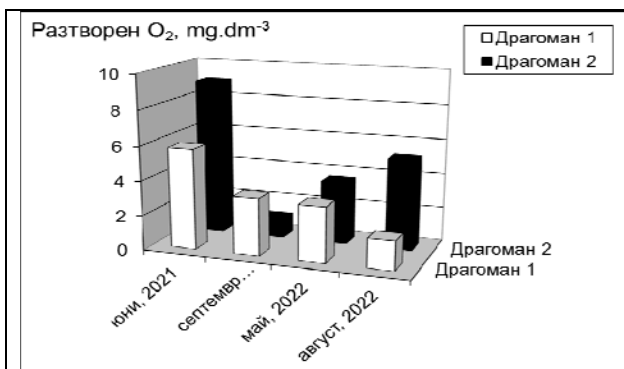
Фиг. 3. Електропроводимост на водите от влажна зона „Калимок“ при пълноводие и маловодие за 2021–2022 г., $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$

битово-фекални и производствени води от гр. Драгоман. Заслужава внимание и съдържанието на неразтворени вещества във водата, вариращо от 3,1 до 19,9 $\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$. Макар, че всички измерени стойности са по-ниски от нормите за риборазвъждане (25 $\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$) [10], трябва да се отбележи, че в първия пункт, разположен поблизо до мястото на заустване на отпадъчните води, съдържанието на суспендираните вещества е относително постоянно (от 3,1 до 4,4 $\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$) (табл. 1).

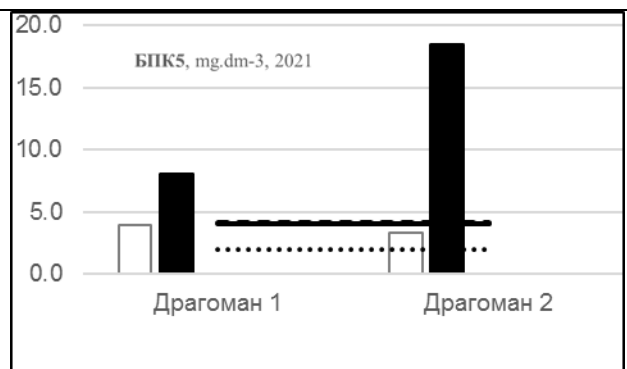
Във втория пункт, където беше констатирано пашуване и продължителен престой на домашни животни във водното тяло, са измерени високи концентрации на неразтворените вещества, както при пълноводие (от 8,1 до 8,6 $\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$), така и при маловодие (от 18,2 до 19,9 $\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$) (табл. 1).

Кислородният режим на изследваното водно тяло е много по-благоприятен при пълноводие (от 3,20 до 9,01 $\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$), отколкото при маловодие (от 1,08 до 5,20 $\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$), когато и в двата

контролни пункта са установени критично ниски концентрации на разтворен кислород (1,08 и 1,70 $\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$). В преобладаващата част от пробоземанията кислородното съдържание е под изискванията за риборазвъждане, както като задължителна, така и като препоръчителна норма (табл. 1). Наблюдава се тенденция на влошаване на съдържанието на разтворен O_2 във водата за изследвания период в първия контролен пункт, а във втория са отчетени съществени колебания, които също се отразяват неблагоприятно върху водните организми (фиг. 4). За да се предотврати рискът от възникване на анаеробни условия е препоръчително отпадъчните води да се заустват само след пречистване. Намаляването на разтворения O_2 във водата съответства на увеличеното замърсяване с биологично разградими вещества, оценено чрез БПК₅. Минерализирането на водната растителност при еутрофизация, води до изразходване на кислорода и до повишаване стойностите на БПК₅ при маловодие (фиг. 5).



Фиг. 4. Разтворен O_2 във водите при пълноводие и маловодие за 2021–2022 г., $\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$



Фиг. 5. БПК₅ във водата при пълноводие (ляво) и маловодие (дясно) за 2021 г.

Легенда: Отлично – точки, Добро – плътна линия, Умерено – пунктир, $\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$

По съдържание на общ азот водите са в добро състояние през целия период на проучване, с тенденция за повишаване при маловодие. В първия пункт това повишение се дължи както на органичния, така и на амониевия азот, докато

във втория пункт само на органичния. Най-съществено е увеличаването на NH_4^+ в първия пункт при маловодие (табл. 2), но остава в рамките на задължителната норма за рибовъдство [11].

Табл. 2. Азот- и въглерод-съдържащи форми във водите на „Драгоманско блато“ при пълноводие (ляво) и маловодие (дясно)

Водно тяло	Дата	Общ N, mg.dm ⁻³	Органичен N, mg.dm ⁻³	NH_4^+ , mg.dm ⁻³	Общ орг. C, mg.dm ⁻³	Разтв. орг. C, mg.dm ⁻³
Драгоман 1 (пълноводие)	5.06.2021 г.	1,3	1,0	0,023	15,73	14,94
Драгоман 1 (маловодие)	5.09.2021 г.	2,3	1,0	0,336	12,07	11,90
Драгоман 2 (пълноводие)	5.06.2021 г.	1,6	1,0	0,010	24,94	23,42
Драгоман 2 (маловодие)	5.09.2021 г.	2,5	2,0	0,010	22,06	21,05
Средно (пълноводие)		1,5	1,0	0,017	20,34	19,18
Средно (маловодие)		2,4	1,5	0,173	17,07	16,48
Min (пълноводие)		1,3	1,0	0,01	15,73	14,94
Min (маловодие)		2,3	1,0	0,010	12,07	11,90
Max (пълноводие)		1,6/	1,0	0,023	24,94	23,42
Max (маловодие)		2,3	2,0	0,336	22,06	21,05
Стандарт за качество (Наредба Н4)	Отлично	<0,7	Няма норма	<0,1	Няма норма	Няма норма
	Добро	0,7–2,5	Няма	0,1–0,3	Няма норма	Няма норма
	Умерено	>2,5	Няма	>0,3	Няма норма	Няма норма
Стандарт за риборазвъждане (Наредба 4)	Препоръчителна			<0,2		
	Задължителна			<1,0		

Съдържанието на общ органичен въглерод е по-високо във втория контролен пункт, но и в двата пункта се наблюдава добре очертана тенденция на понижаването му при маловодие, главно за сметка на разтворимата му форма (табл. 2). Всички измерени стойности за съдържанието на сумата от H_2S и сулфиди са под границата на откриваемост, което показва, че не са характерен индикаторен показател за качеството на изследваното водно тяло.

Заклучение

За успешното управление на устойчивото развитие на влажна зона „Карстов Комплекс Драгоманско блато“ могат да се препоръчат следните водозащитни мерки:

- мониторинг на водата по индикаторните показатели електропроводимост, разтворен O_2 , БПК₅ и N- NH_4^+ при пълноводие и маловодие;
- категорична забрана за заустване на непечистени отпадъчни водни маси;
- подаване на кислород във водата чрез мобилни въздуходувки, което ще позволи успешно провеждане на мероприятия за подобряване на хранителната база на застрашени водни птици, като зарибяване.

Литература

1. *Анализ за състоянието на повърхностните водни тела, разположени на територията на Дунавския район за басейново управление за 2016–2017 г.*, по отделни елементи за качество. Analiz BDDR-2016-2017.
2. Гергинов, П., Орехова, Т. Хидрогеоложки изследвания в Опицвет – Драговищенския карстов басейн. *Инженерна геология и хидрогеология*. 25. 2010. 67–77.
3. *Екологична оценка на План за управление на риска от наводнения в Дунавски район за басейново управление за периода 2016–2021*. Договор № Д-ЕО-1/15.04.2016 г. „
4. *Доклад за оценка на степента на въздействие на проект на план за управление на речните басейни в Дунавски район за басейново управление 2016–2021*. Министерство на околната среда и водите. октомври 2016.
5. *Закон за опазване на околната среда*. ДВ бр. 91/2002 г.
6. *Закон за водите*. ДВ бр. 67/27.07.1999 г.
7. Игнатова, Н. *Опазване чистотата на водите*. Земиздат, София. 1992.
8. Игнатова, Н. *Опазване на водите*. Изд. къща ЛТУ. София. 1998.
9. Михайлова, Б., Костов, К., Данаилова, М., Бендерев, А. *Особеност и развитие на карста във водосбора на Опицвет – Безденските извори*. Научна конференция „Изследване и опазване на карста и пещерите“. София. 2008. 117–125.
10. *Наредба № Н-4 от 14.09.2012 г. за характеризане на повърхностните води, издадена от*

- министъра на околната среда и водите. ДВ, бр. 22/2013 г.
11. Наредба № 4 от 20.10.2000 г. за качеството на водите за рибовъдство и отглеждане на черупкови организми. ДВ бр. 88/2000 г.
 12. Национален план за опазване на значимите влажни зони в България 2013–2022. София. 2013.
 13. Обща стратегия за изпълнение за Рамковата Директива за водите (2000/60/ЕК). Ръководен документ No 12: Ролята на влажните зони в Рамковата директива за водите. ЕС. 2003.
 14. Ръководство за възстановяване на влажни зони, WWT Съвети за влажни зони. Project Management Limited WWT, Wildfowl & Wetlands Trust Slimbridge Glos. GL2 7BT. 2005.
 15. Стандартен формуляр за Специални защитени зони. 2008. [www.natura2000bg.org].
 16. EN ISO 5667-1:2006/AC:2017. Water quality – Sampling – Part 1: Guidance on the design of sampling programmes and sampling techniques.
 17. Dean, W., Gorham, E. Magnitude and significance of carbon burial in lakes, reservoirs, and peatlands. *Geology*. 26. 1998. 535–538.
 18. Holden, J. Peatland hydrology and carbon release: why small-scale process matters. *Philosophical Transactions of the Royal Society*. 363. 2005. 2891–2913.
 19. Jansson, M., Bergstrom, A.-K., Blomqvist, P., Drakare, S. Allochthonous organic carbon and phytoplankton/bacterioplankton production relationships in lakes. *Ecology*. 81. 2000. 3250–3255.
 20. Kayranli, B., Scholz, M., Mustafa, A., Hedmark, A. Carbon Storage and Fluxes within Freshwater wetlands: A critical Review. *Wetlands*. 30 (1). 2010. 111–124. DOI <https://doi.org/10.1007/s13157-009-0003-4>.
 21. Kortelainen, P., Pajunen, H., Rantakari, M. and Saarnisto, M. A large carbon pool and small sink in boreal Holocene lake sediments. *Global Change Biol*. 10. 2004. 1648–1653.
 22. Sobek, S., Söderbäck, B., Karlsson, S., Andersson E., Brunberg, A. A Carbon Budget of a Small Humic Lake: An Example of the Importance of Lakes for Organic Matter Cycling in Boreal Catchments. *Ambio*. 35(8). 2006. 469–474.

HYDROCHEMICAL STUDY IN THE WETLAND “DRAGOMAN MARSH KARST COMPLEX”

Nadka Ignatova¹, Nikolay Dzhumerski², Viktoria Radeva³

¹University of Forestry, Sofia, Bulgaria

²Stil-M 93, OOD, Sofia, Bulgaria

³Sutherland Global Services, Sofia, Bulgaria

Abstract

Dragoman marsh is a Natura 2000 site and is a part of the Dragoman marsh karst complex Ramsar Site, the biggest wetland with international importance in Bulgaria as well as the biggest natural karst marsh in Europe. Its biodiversity, ecosystem function and productive nourishment capacity are depended on physicochemical characteristics of water in wetlands, but information about them is rather poor. The aim of the present study is to investigate the status of physicochemical water quality parameters in this wetland for its successful sustainable management and control. During the periods of high and low water level in 2021 and 2022, investigations have been done for two selected study areas by measuring conductivity, temperature, pH, dissolved O₂, saturation by O₂, Biological Oxygen Demand, Suspended Particle Material, Total Organic Carbon, Dissolved Organic Carbon, Total Nitrogen, Organic Nitrogen, N-NH₄⁺, N-NH₃ and H₂S. It has been found that for the period of low water level in late summer, the values of N-NH₄⁺, Biological Oxygen Demand and Suspended Particle Materials are higher than for the spring period, which corresponds to the lower concentration of dissolved oxygen and eutrophication observed during this period. The study suggests water protecting measures to help more effective decision-making for successful sustainable management and control the water level as well as reduction of pollution from external sources entering in the wetland.