

ХАРАКТЕРИСТИКИ ФІТОПЛАНКТОНУ ПРИ ТЕХНОЛОГІЇ ЗАБОРУ І ОЧИСТКИ ВОДИ

Висвітлюється наявність проблем в спорудах водопостачання, що спричиняються цвітінням поверхневих вод внаслідок інтенсивного розвитку фітопланктонних водоростей в літній період. Наводиться класифікація фітопланктону за розміром та біомасою, а також динаміка його розвитку.

Ключові слова: проблеми водопостачання; водозабірні споруди; цвітіння води; фітопланктон; синьо-зелені водорості; біомаса та розміри фітопланктону; динаміка розвитку синьо-зелених водоростей.

Освещается наличие проблем в сооружениях водоснабжения, которые возникают из-за цветения поверхностных вод в результате интенсивного развития фитопланктонных водорослей в летний период. Приводится классификация фитопланктона по размеру и биомассе, а также динамика его развития.

Ключевые слова: проблемы водоснабжения; водозаборные сооружения; цветение воды; фитопланктон; сине-зеленые водоросли; биомасса и размеры фитопланктона; динамика развития сине-зеленых водорослей.

Highlights the problems in water supply facilities, which are called flowering of surface waters as a result of intensive development of blue-green algae in summer. The classification of phytoplankton size and biomass, as well as the dynamics of development.

Key words: water supply problems; water intake weapons; algal blooms; phytoplankton; blue-green water rose; biomass and the size of phytoplankton; the dynamics of the blue-green hydrogen.

Висвітлення проблеми

За останні десятиліття евтрофікація водойм, а саме "цвітіння" води за рахунок масового розмноження фітопланктону набула глобальних масштабів. "Цвітіння", яке розповсюдилось особливо широко і зареєстровано в багатьох країнах світу. "Цвітуть" водойми США, Англії, Німеччини, Індії, Польщі, Чехії, Словаччини, Ізраїлю, Австрії, Аргентини та інші. Не уникли цієї участі такі відомі своєю чистотою озера, як Цюріхське, Севан, Байкал та інші. Піддалися

впливу “цвітіння” і водойми Африки, Австралії; зареєстровані такі випадки в окремих районах Балтійського та Чорного морів, Тихого океану.

В різних екологічних умовах “цвітіння” обумовлено розвитком окремих родів фітопланктонних водоростей. Найчастіше всього особливо в водосховищах різних річок Європи це водорості трьох окремих родів синьо-зелених водоростей – *Microcystis*, *Aphanizomenon*, і *Anabenna*. Їх масовий розвиток наносить значну шкоду господарству і спричиняє порушення режиму водопостачання населених пунктів, виникнення заморів риби, погіршення якості води, надає характерну зміну смаку і запаху води, як це наведено в табл.1, призводить до забруднення місць для відпочинку. Наприклад, в основному плесі дніпровських водосховищ влітку біомаса синьо-зелених водоростей досягає 23,4 г/м³ [1], в плямах “цвітіння”, які покривають в літній період до 1/3 акваторії дніпровських водосховищ загальною площею близько 6000 км² – до 10...50 кг/км² і більше [2].

Таблиця 1

Характер присмаку і запаху, викликаний водоростями

Клас водоростей	Основні роди водоростей	Присмак і запах водоростей при кількості водоростей	
		помірному	рясному
Ціанобактерії або синьо-зелені водорості, Cyanophyceae	Anabaena, Aphanizomenon, Gloeotrichia, Gomphosphaeria, Microcystis, Oscillatoria	трав'яний, ґрунтово-пліснявий	гнильний, лікарський, трав'яний, пліснявий, пряний
Chlorophyceae	Chlamydomonas, Chlorella, Cladophora, Closterium, Cosmarium, Eudorina, Pandorina, Pediastrum, Scenedesmus, Spirogyra, Staurastrum	трав'яний	трав'яний, пліснявий, рибний
Bacillariophyceae або Diatomea	Asterionella, Cyclotella, Diatoma, Fragilaria, Melosira, Stephanodiscus, Synedra	трав'яний, пряний, геранієвий	рибний, пліснявий
Chrysophyceae	Dinobryon, Mallomonas, Synedra	фіалковий	рибний
Euglenophyceae	Euglena	-	рибний
Dinophyceae або Dinoflagellata або Peridiniea	Ceratium, Peridium	огірковий, рибний	гнильний, лікарський, рибний
Cryptophyceae	Cryptomonas	фіалковий	фіалковий, рибний

Для загального біологічного стану водойми прийнято вважати оптимальною біомасу фітопланктону після водосховищ 10...25 г/м³; допустимою в межах 25...100 г/м³; в окремих випадках до 500 г/м³. Однак, вже при середній кількості синьо-зелених водоростей в основному плесі водосховища їх біомаса складає більше ніж 100 г/м³, а в прибережній і мілководній зонах вона сягає до 500 г/м³.

Нерідким є накопичення водоростевої маси – “гіперцвітіння” з наявністю біомаси більше 5000 г/м³.

Вже кілька десятиліть поспіль існує і зростає інтерес людства до глобальної проблеми “цвітіння” води, ведеться боротьба з цим негативним явищем, відбувається інтенсивний пошук шляхів вирішення наявної проблеми. Експериментальних матеріалів з даного питання наразі недостатньо, про що свідчать, наприклад роботи Л.А. Сиренко та Л.А. Кульського [3], [4] та ін.

Інтенсивний розвиток водоростей, їх розповсюдженість, потенціальна можливість утворюватись у різних середовищах довкілля в природних умовах у великих кількостях, висока токсичність, здатність забруднювати ряд об'єктів довкілля у значних концентраціях та невідворотність контакту людини з цими токсикантами з наступним проникненням в організм різними шляхами, часто обумовлюють високий розвиток масових гострих та хронічних отруєнь. Захворювання людей, викликаних впливом токсинів, що містяться в водоростях, частіше виявляються як алергічні і запальні процеси шкіри та кишкові захворювання [3], що спричиняють додаткові затрати у водокористувачів.

Слід зазначити, що більшість існуючих способів захисту водозаборів із забезпечення їх безперервної роботи не повною мірою відповідають вимогам, викладеним у відповідних нормативно-правових документах [5,6], що зумовлює необхідність розгляду питань щодо раціонального компонування та захисту водозабірних споруд, які або знаходяться на стадії проектування, або для діючих нині споруд.

Достатньо вивчені практичні аспекти роботи водозабірних споруд при наявності фітопланктону. Спостерігається занадто спрощений, іноді помилковий підхід до вирішення питання, а саме вилучення фітопланктону із води при водоприйомі і обробці води на станціях водоочистки. Немає чітких критеріїв оцінки технологічних властивостей води, що включає фітопланктон. Немає ясності про найбільш доцільні типи і конструкції фільтрів водоприймачів (крупності, напрямку водовідбору, величини $V_{вх}$, товщини фільтрів, способів їх промивки та ін.) при відборі води із водоростями. Зокрема, питання щодо частки і межі впливу фітопланктону на загальні характеристики води (мутність, колірність, сухий залишок та ін.) досі не отримали повного узгодженого висвітлення. Існуюча на сьогодні неоднозначна кількісна оцінка концентрації водоростей в джерелі (кл/мл,

млн.кл/мл) ускладнює їх облік в загальній концентрації завислих речовин в воді (мг/л, г/м³).

Характеристики та особливості розвитку фітопланктону дніпровської води після водосховища

Основним об'єктом наших досліджень, пов'язаних із розвитком фітопланктону, виступає р. Дніпро після Київського водосховища.

За аналізом (рис.1) динаміки забору прісної води по території Київської області в межах басейну р. Дніпра (на 97% загальної площі) [7], основна перевага надається водовідбору за рахунок поверхневих водозаборів.

В системах водопостачання початковою ланкою виступають різноманітні водозабірні споруди. В даній роботі розглядаються берегові водозабори.

При експлуатації річкових водозаборів і очисних споруд певні ускладнення виникають із-за впливу на них фітопланктону.

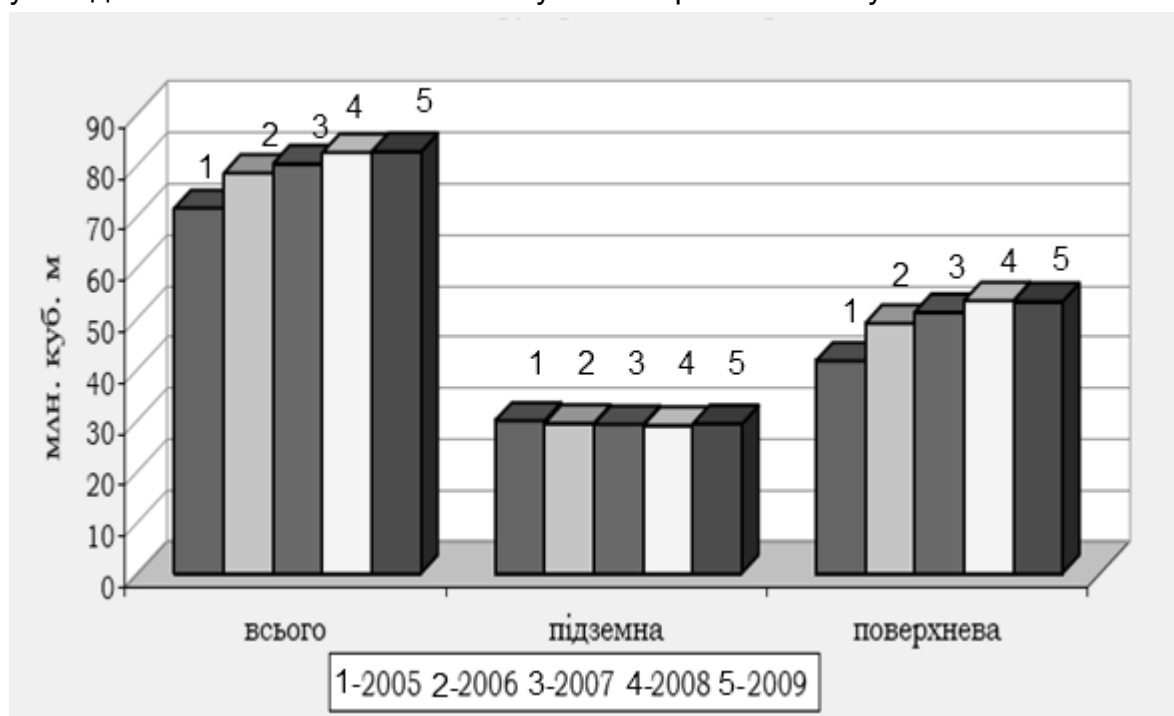


Рис.1. Динаміка забору прісних вод Київської області за роками

Термін «планктон» вперше був запропонований німецьким фізіологом Віктором Гензеном [Hensen, 1887] для позначення спільноти водних організмів зі специфічним способом життя в товщі води.

Планктон поділяють на фітопланктон, бактеріопланктон і зоопланктон. Фітопланктон представлений водоростями різних систематичних груп (мікроскопічні одноклітинні та колоніальні водорості), що населяють товщу води і завдяки сонячній енергії здійснюють фотосинтез в поверхневому горизонті водойм.

В прісноводному фітопланктоні основними компонентами є діатомові, синьо-зелені та зелені водорості. До його складу входять також,

дінофлагелляти, коколітофоріди, джгутикові [8], ціанобактерії, євгленієві водорості. Більшість видів фітопланктону пасивно дрейфують у товщі води через відсутність або недорозвиненість органів руху. Наприклад дінофлагелляти і коколітофоріди здатні рухатися за допомогою джгутиків, а більшість ціанобактерій здійснюють вертикальні міграції завдяки формуванню газових вакуолей і регуляції клітин точечного баласту.

Чимало видів фітопланктону мають щільність, яка перевищує щільність води. Для зменшення швидкості опускання водорості мають спеціальні пристосування [9], що перешкоджають осіданню: дрібні розміри клітин, різного роду вирості (шипи, щетинки, перетинки, парашути), особливі форми тіла, створюють колонії, виділяють слиз, накопичують в тілі речовини, питома вага яких менше щільності води.

Розміри водоростей фітопланктону помітно коливаються: від дрібних (близько 1 мкм в діаметрі), до дуже великих, таких як величезні водорості роду *Ethmodiscus*. Клітини або колонії з діаметром 0,2...2 мкм відносять до пікопланктону; 2...20 мкм – до наннопланктону; 20...200 мкм – до мікропланктону і 0,2...2 мм – до мезопланктону [Graham, Wilcox, 2000]. На рис.2 наведена класифікація водоростей, що входять до складу фітопланктону, за розміром (*a*, мкм; *Iga*).

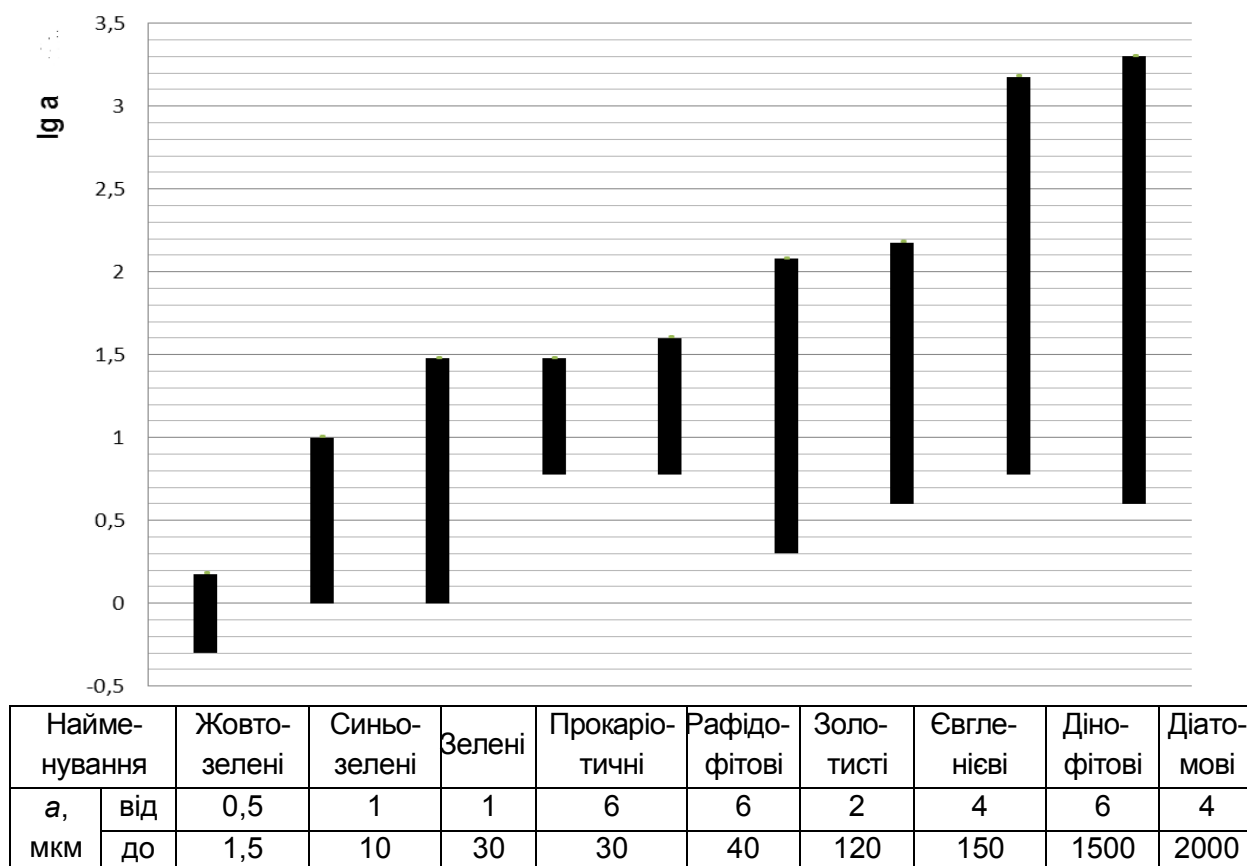


Рис. 2. Класифікація водоростей за розмірами, мкм

Більшість фітопланктонних водоростей існують як поодинокі клітини або порівняно невеликі колонії. Рідко колоніальні або ціанобіальні форми

мають більше 64 клітин в колонії, крім роду – *Microcystis* . Число одночасно існуючих видів фітопланктону зазвичай від 10 до 100 і більше.

Наявність водної рослинності в поверхневих джерелах значно впливає на всі види водокористування. Для водопостачання, зокрема в літній період, цей вплив має особливе значення, оскільки супроводжується “цвітінням” води та швидким розмноженням окремих видів синьо-зелених водоростей, (рис.3).

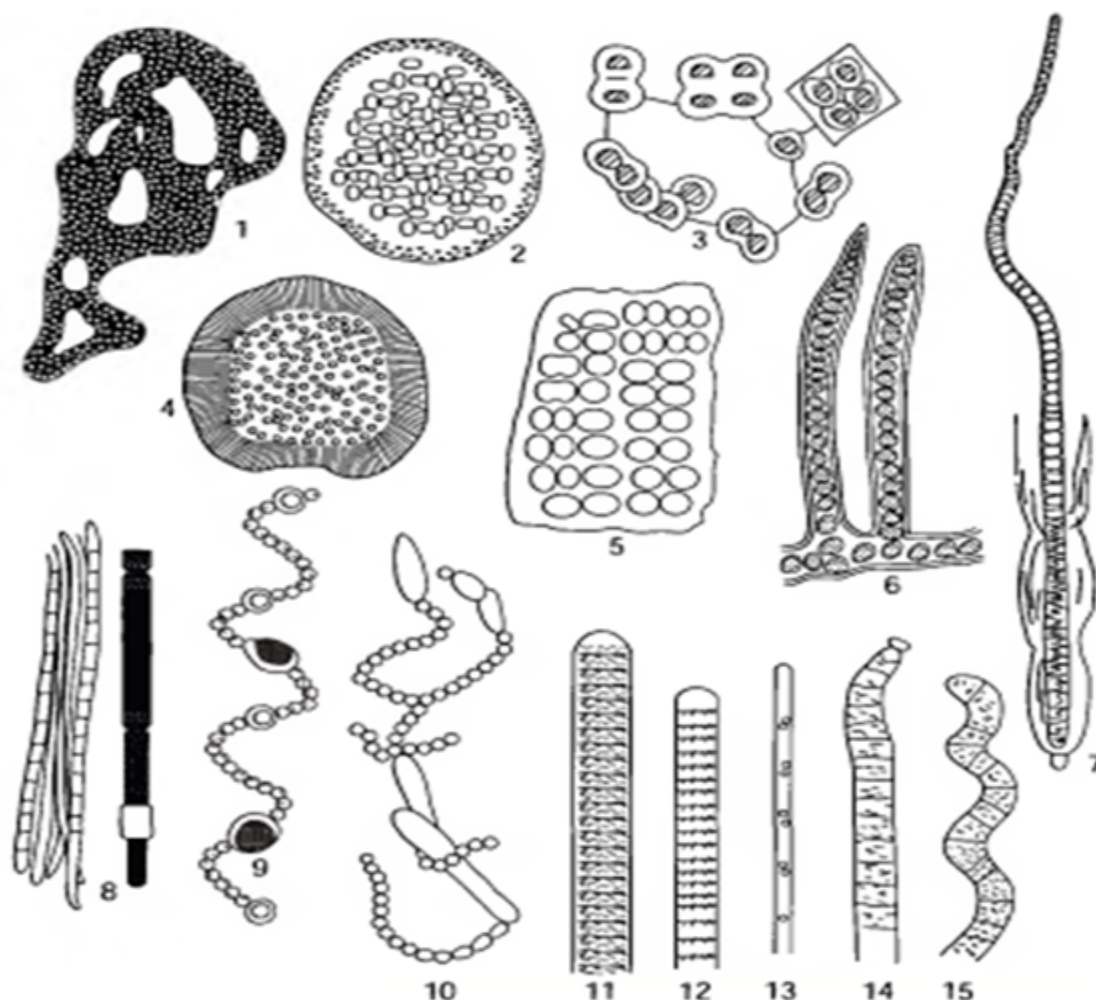


Рис. 3. Види синьо-зелених водоростей [10]

За рис. 3 позначення 1 – 16 відповідають: 1 – *Microcystis seruginosa*; 2 – *Aphanocapsa stagnina*; 3 – *Gloeocapsaa minuta*; 4 – *Gomphosphaeria lacustris*; 5 – *Merismopedia elegans*; 6 – *Stigonema ocellatum*; 7 – *Gloeotrichia natans*; 8 – *Aphanizomenon flos-aquae*; 9 – *Anabaena spiroides*; 10 – *Anabaena flos-aquae*; 11 – *Oscillatoria limosa*; 12 – *Oscillatoria ptenuis*; 13 – *Oscillatoria putrida*; 14 – *Phormidium uncinatum*; 15 – *Spirulina jenneri*

За результатами проб, взятих у р. Дніпро після Київського водосховища за 2 км вниз по течії від ГЕС, приведено графік інтенсивності розвитку водоростей (рис.5, 7.). З даних графіків видно, що фітопланктон швидко розвивається у літній період, а також перевагу в розвитку синьо-зелених водоростей над іншими видами водоростей. Щодо діатомових та зелених водоростей, то вони розвиваються на протязі всього зазначеного періоду

рівномірно. Наприкінці червня спостерігається початок розвитку клітин синьо-зелених водоростей, кількість яких (952 кл/мл) в 3...7 разів менша ніж зелених (2618 кл/мл) та діатомових (8670 кл/мл). Клітини – *Microcystis*, починають інтенсивно розвиватися і вже через десять днів після їх виявлення в річці кількість клітин становить близько 10000 кл/мл, що значно перевищує розвиток зелених і діатомових разом узятих.

Не дивлячись на значну кількість наукової літератури про водорості та їх вплив і кількісно-технологічну оцінку специфічного забруднення води в джерелах, при заборі води і її обробці, необхідного висвітлення суті та шляхів вирішення проблеми наразі немає. До цього часу оцінка впливу фітопланктону на забір і обробку води проводилась, в основному, з урахуванням узагальнених показників мутності, колірності, сухого залишку, БСК та ін., без виділення складу водоростей [11-16]. Спираючись на огляд матеріалів, нами було проаналізовано інтенсивність видового розвитку клітин, що входять до складу синьо-зелених водоростей, який зображено на рис.4. Слід зазначити, що на розвиток саме синьо-зелених водоростей суттєво впливає температура. На рис.5. приведено криву зміни температури для того, щоб можна було спостерігати, при яких саме температурах починають розвиватися синьо-зелені водорості. З рис.4. видно, що першими починають розвиватись клітини - *Anabenna*, при температурі води 22,5°C і тільки через декілька днів розвиток починають клітини - *Microcystis*, але відразу значно інтенсивніше ніж *Anabenna*. При підвищенні температури води до 27.0°C, починається розвиток клітин – *Phoridium*, та незначний розвиток інших видів синьо-зелених водоростей. Впродовж місяця при температурі води від 22°C - 27°C розвиток клітин – *Anabenna* коливається (від 340 кл/мл при температурі 22°C до 13900 кл/мл при 26°C). За цих умов не спостерігається таке коливання в розвитку клітин – *Microcystis*, (в кількості 36498 кл/мл), навпаки при температурі нижче 20°C (в кількості 79650 кл/мл).

Насамперед необхідно, по-перше, оцінити склад фітопланктону в цілому [12], по друге, уважно підходити до оцінки кількості вмісту водоростей, умов їх розвитку з урахуванням впливу на технології водозабору і водо підготовки [15-18], а не тільки оцінки гідробіологічних умов водних джерел (трофності), точніше поживності джерел, вмісту біогенних елементів, що є їжею для всіх гідробіонтів. Отже, зроблений аналіз відповідної літератури і побудованої діаграми, зображеної на рис.6. (зміни біомаси водоростей в залежності від виду та класу, до якого вони відносяться) маємо висновки.

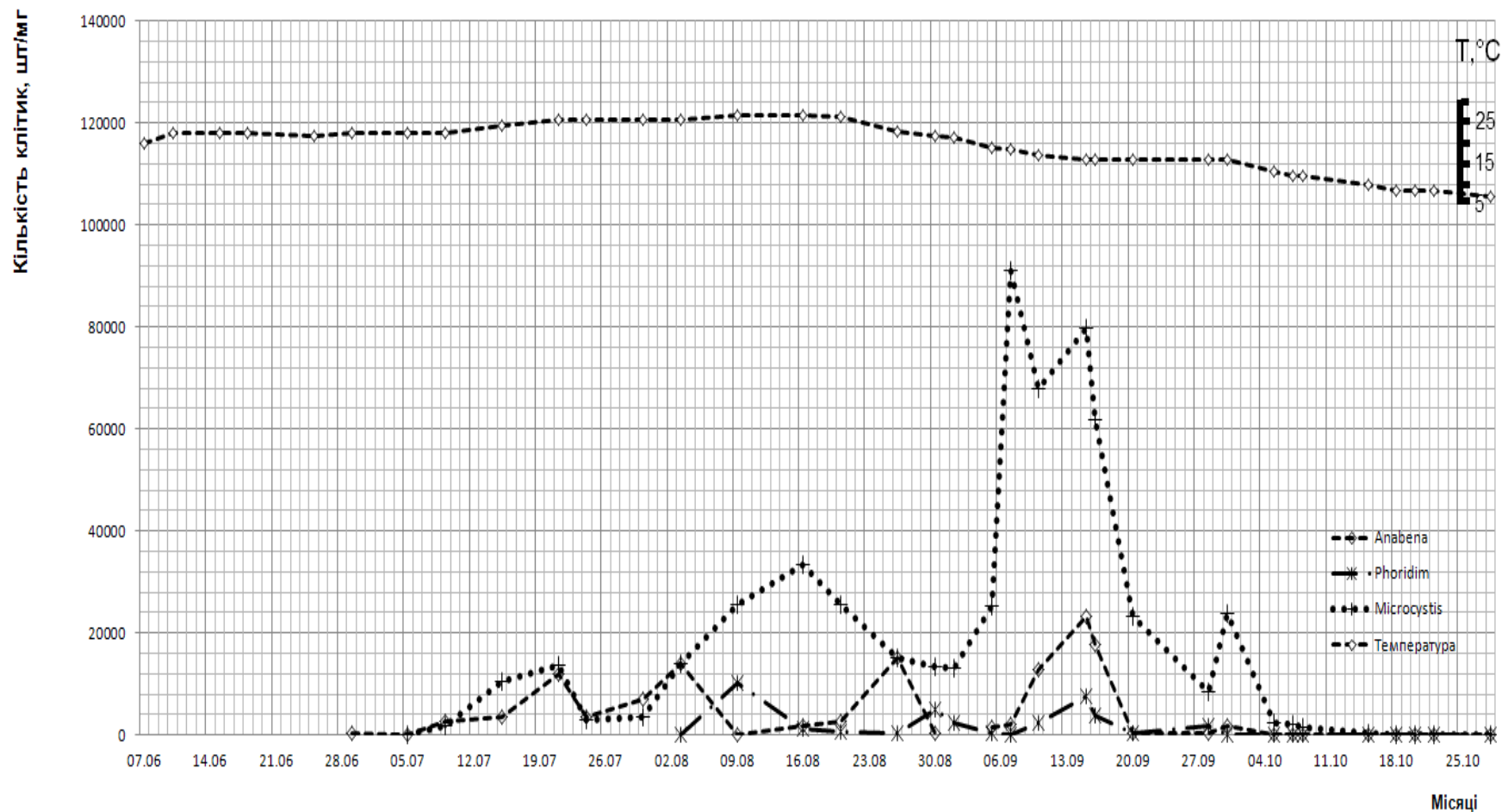


Рис.4. Інтенсивність розвитку водоростей, що входять до складу фітопланктону за 2010 р.
в межах водозабору Дніпровської водопровідної станції м.Києва

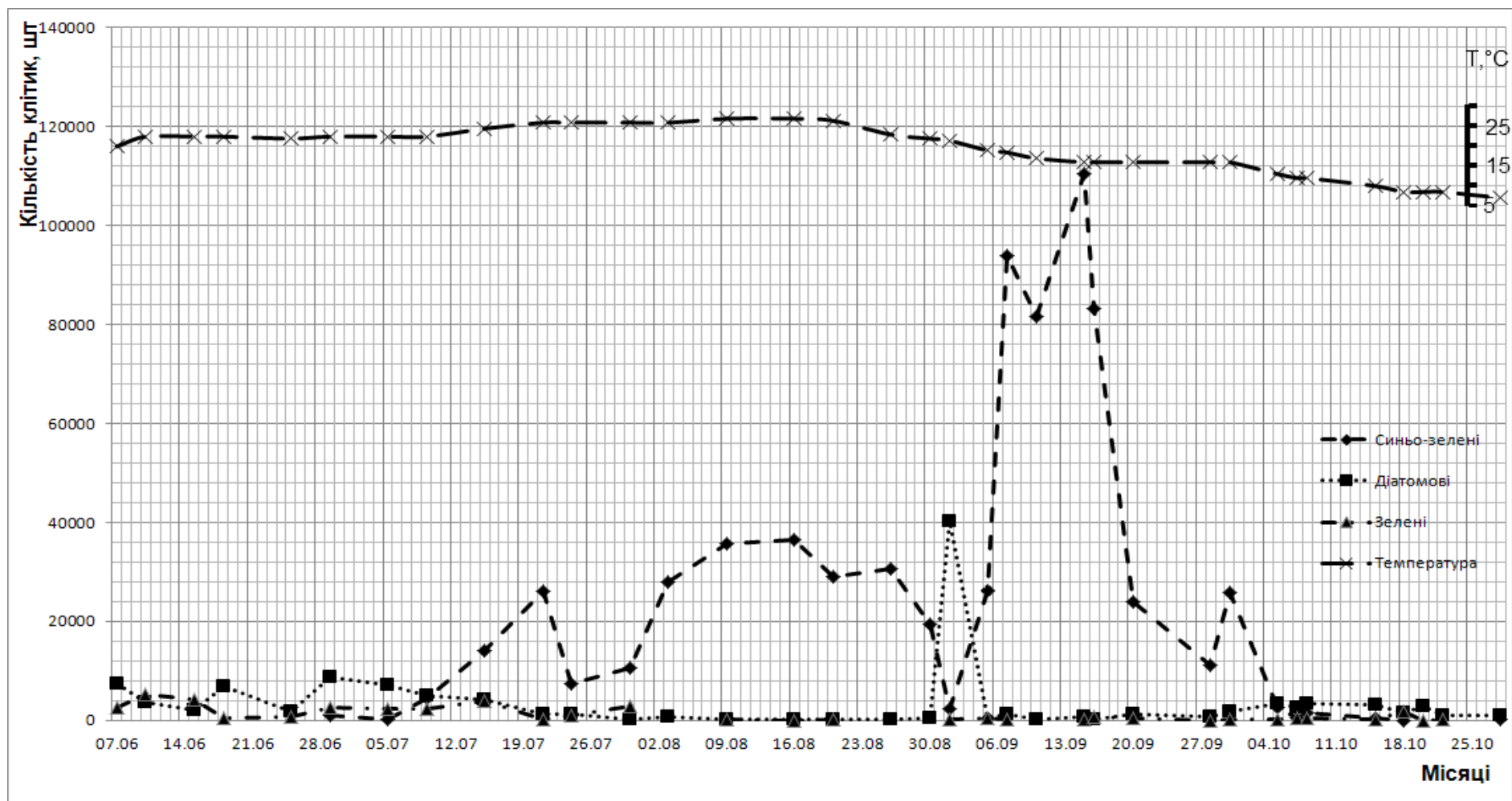


Рис 5. Інтенсивність розвитку синьо-зелених водоростей за 2010 р. в межах водозабору
Дніпровської водопровідної станції м.Києва

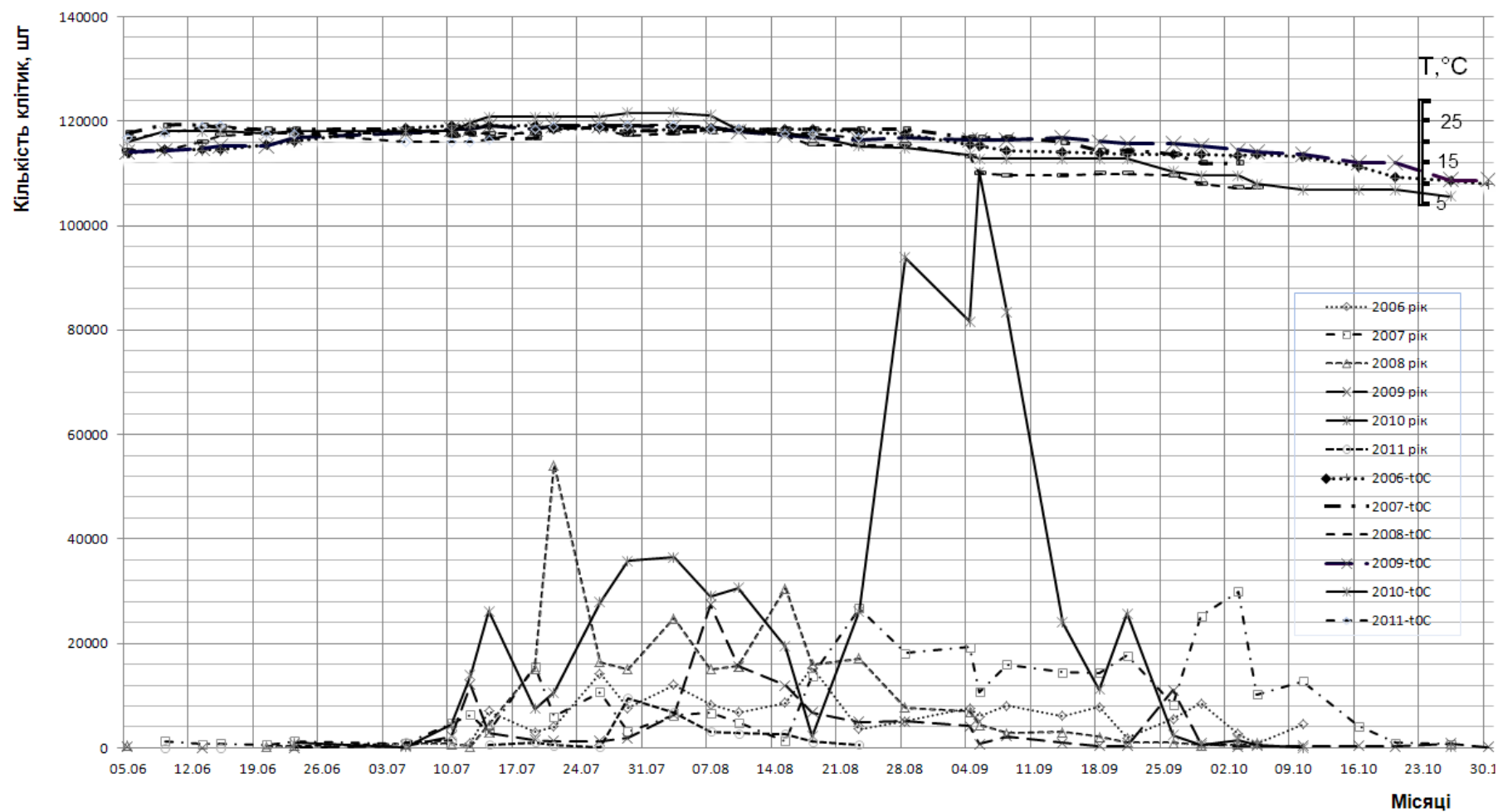


Рис.6. Інтенсивність розвитку синьо-зелених водоростей за період з 2006 по 2011р. в межах водозабору Дніпровської водопровідної станції м.Києва

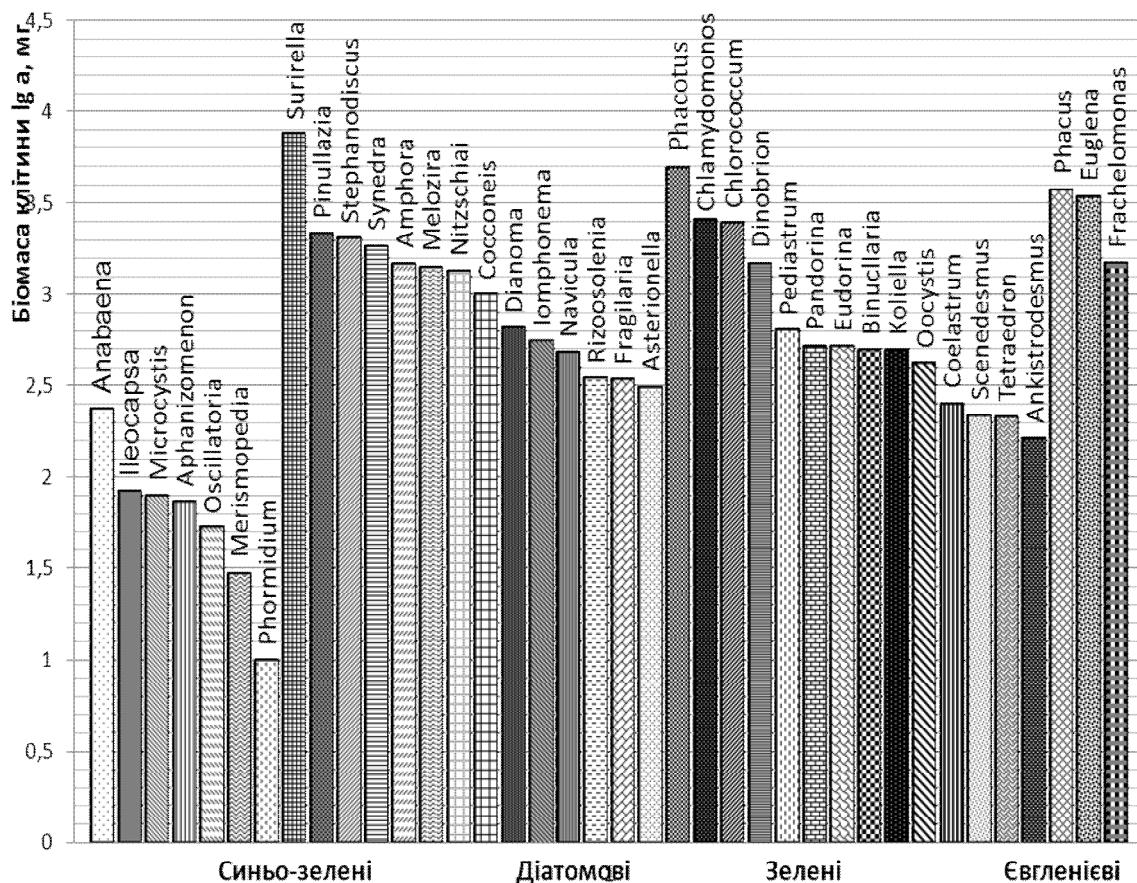


Рис.7. Біомаса клітин водоростей, що відносяться до складу фітопланктону [11]

У процесах забору та обробки води, багатой фітопланктоном і виникають складності. Наявні традиційні технології і споруди з використанням фільтрації не прийняті в подальшому використанні, із-за швидкого кольматажу фільтрів фітопланктоном та порушенням процесів осідання, внаслідок утворення дрібних пластівців. При хлоруванні водорості стають основною причиною утворення хлорорганічних з'єднань тригалометанів до $30 \cdot 10^{-3}$ г/мг сухої маси водоростей, інших хлороформ [19]. Наявна проблема стає досить актуальною, вкрай необхідно вдосконалення та впровадження технологій водоприймача, обробки води з поверхневих джерел, що містять фітопланктон, по суті комплексний аналіз антропогенного забруднення [20-22]. Боротьбу з водоростями при заборі і обробці води слід розпочинати з максимального вилучення водоростей з водних джерел безпосередньо на водозаборах та на початкових стадіях обробки до вступу на фільтри.

За даними багатьох досліджень «цвітіння» води є наслідком надходження великої кількості біологічних речовин в водосховища, що призводить до значних ускладнень в експлуатації водозабірних і водоочисних споруд нижче по руслу річки. Основним фактором збагачення водосховища і річки біогенними речовинами є сільськогосподарський стік. Вивчення досвіду експлуатації водозабірних і водоочисних споруд показало, що методи з захисту їх водоприймальних вікон не відповідають існуючим вимогам у зв'язку

з великими концентраціями фітопланктону, що обумовлює необхідність розробки нових методів, спрямованих на створення умов надійного захисту від надходження в них великої кількості фітопланктону.

Подальшою метою наших досліджень буде розробка конструктивних схем для захисту водозабірних споруд від фітопланктону, на основі оцінки отриманих нових результатів, лабораторних аналізів, інженерних рекомендацій, що дозволяють виконати розрахункові обґрунтування і проектування таких типів водозабірних споруд як річкові гідровузли, конструкція яких, забезпечить надійність експлуатації в умовах досить інтенсивного розвитку фітопланктону і “цвітіння” в річках, на яких розташовані водосховища.

Список літератури

1. *Приймаченко Д.А., Литвинова М.А.* Цвистение воды. – К.: Наукова думка, 1968. – С. 42-67.
2. *Очистка воды от водорослей.* – К.: УкрНИИГиМ, 1990. – 22 с.
3. *Гавриленко М.Я., Сиренко Л.А.* Цветение воды и эвтрофирование. – К.: Наукова думка, 1978. – 232 с.
4. *Кульський Л.А., Сиренко Л.А.* Фитопланктон и вода. – К.: Наукова думка, 1986. – 133 с.
5. *СНиП 2.04.02-84.* Строительные нормы и правила. Водоснабжение. Наружные сети и сооружения. – М.: Стройиздат, 1985. – 136 с.
6. *Водоснабжение населенных мест и промышленных предприятий.* Справочник проектировщика. под ред. инж. И.А. Назарова. – М.: Стройиздат, 1977. – 288 с.
7. *Національна доповідь про якість питної води та стан питного водопостачання у 2009 році.* – К., 2010.
8. *И. Г. Радченко, В. И. Капков, В. Д. Федоров.* Практическое руководство по сбору и анализу проб морского фитопланктона. – М.: Мордвинцев, 2010. – 60 с.
9. *Водоросли.* Справочник / Вассер С. П., Кондратьева Н- В., Масюк Н. П. и др. – Киев : Наук, думка, 1989.— 608 с.
10. *Матвієнко О.М.* Визначник прісноводних водоростей української РСР. – К.: Наукова думка, 1965. – 368с.
11. *Технический справочник по обработке воды Degremont.* Том 2. – 2007. – 1696 с.
12. *Иванов А.В.* Оценка экологических условий в водоемах и водотоках. – Хабаровск, 1996. – 79 с.
13. *Клячко В.А., Апельши И.Э.* Очистка природных вод. – М.: Госстройиздат, 1971. – 579 с.
14. *Algae Control in Impoundments.* // Publis Works, 1985. – Vol. 116, N11. – P.89-92.

15. *Kubus J.J., Egloff D.* Monitoring Water quality parameters from municipal Water intakes. // Journal of the Water Pollution Control Federation, 1982. – vol. 54, N12.
16. *Стрелков А.К.* Совершенствование водного хозяйства крупного промышленного центра с учетом экологических факторов (на примере Самарского региона): Автор, дис. .д-ра техн. наук. – М., 1999. – 49 с.
17. *Разумов А.С., Аренштейн А.И.* Инструкция по учету микронаселения в водопроводной воде. – М.: ВНИИВОДГЕО, 1956. – 87с.
18. *Moravkova V.* Biologicke hidroceni koagulace rae.// Vodni Hospodarstvi, 1985. – Vol. B, N. 12. – S.317-328.
19. *Гидротехнические сооружения.* Справочник проектировщика., под. общ. ред.. В.П. Недриги. – М.: Стройиздат, 1983. – 543 с.
20. *Журба М.Г.* Очистка природных вод, подвергшихся антропогенному воздействию // Рос.-Амер. Симпозиум по проблемам очистки вод. – Н.Новгород-Москва, 1991.
21. *Яковлев С.В., Журба М.Г.* Обеспечение населения безвредной питьевой водой // ВСТ. –1991, №12.
22. *Швецов В.Н., Яковлев С.В.* Глубокая очистка природных и сточных вод на биосорберах // Водосн. и сан. техника. 1993. – №Ц/12. – С. 20-23.