

УДК 556.55

© А. В. Маркевич, Е. В. Ветрова
**СЕЗОННАЯ ДИНАМИКА И ПРОСТРАНСТВЕННОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ
ХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ВОДЫ
ВЕРХНЕ-КАЛЬМИУССКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА**

*Донецкий национальный университет; 83050, г. Донецк, ул. Щорса, 46
e-mail: vetrova.donny@mail.ru*

Маркевич А. В., Ветрова Е. В. Сезонная динамика и пространственное распределение химических показателей воды Верхне-Кальмиусского водохранилища. – Изучены сезонные колебания азотсодержащих веществ, железа, фосфора и кислорода по горизонтам. Содержание общего железа превышает нормы. Наибольшее содержание фосфора наблюдалось в августе, минимальное – в июне. Максимальные концентрации растворенного в воде кислорода наблюдались весной, его минимальные концентрации и дефицит – осенью.

Ключевые слова: ионы аммония, нитраты, нитриты, фосфаты, железо, растворенный кислород.

Введение

Основным источником централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения Донбасса является гидротехнический комплекс: река Северский Донец – канал "Северский Донец – Донбасс" и 4 непосредственно связанные с каналом питьевые водохранилища (Артёмовское, Горловское, Макеевское, Верхнее-Кальмиусское), а также Волынцевское (резервное), Старо-Крымское, Ольховское, Грабовское питьевые водохранилища. Качество воды в них определяется в основном условиями формирования речного стока. Здесь выделяют естественный (поверхностный и подземный) сток рек, величина которого зависит от количества ежегодно выпадающих атмосферных осадков, а также запасов подземных вод, и бытовой, который приводит к загрязнению водных ресурсов [1].

В настоящее время поверхностные и подземные воды в Донбассе по качеству не соответствуют питьевым водам, что связано не только с природными условиями их формирования, но и с антропогенным загрязнением, и потому нуждаются в очистке [2-5].

Ухудшилось качество воды поверхностных водоисточников: в водоемах области стало выделяться больше тяжелых металлов и поверхностно-активных веществ. Только по санитарно-химическим и бактериологическим показателям воды отклонения от нормативных достигли в 2007 г. почти 14%, а в 2006 г. они были на уровне 9,7% [6].

Верхне-Кальмиусское водохранилище является резервным водохранилищем системы канала Северский Донец-Донбасс. Это конечное звено сооружений канала, и оно предназначено для снабжения технической и питьевой водой Донецкого, Макеевского, Ясиноватского и Авдеевского промышленных районов в периоды ремонта канала. Водохранилище наливное, расположено в верховье р. Кальмиус, вблизи станции Ясиноватая в 15 км от г. Донецка, введено в эксплуатацию в 1965 г. [7].

Верхне-Кальмиусское водохранилище характеризуется следующими морфометрическими и водохозяйственными параметрами: площадь водосбора – 8,9 км², объем водохранилища (проектный) – 15,6 млн. м³, длина водохранилища – 1,5 км, ширина водохранилища средняя – 0,91 км, средняя глубина водохранилища 10,9 м, максимальная – 29,0 м; полезный объем – 14,55 млн.м³; проектная водоотдача водохранилища в маловодный год 95% обеспеченности – 14,6 млн. м³. У водозаборной башни три горизонта, пропускная способность донника 8 м³/с. Уровень воды в водохранилище значительно колеблется как в течение года, так и в многолетнем разрезе [8].

Гидрохимические показатели водохранилища изменяются за счет повышения содержания в воде биогенных и органических веществ в случае их поступления из залитого ложа и донных отложений, интенсификации седиментационных процессов. Они играют основную роль в формировании качества воды и соответственно биологической продуктивности водоема. Происходящие в нем процессы в значительной мере определяют сезонную и межгодовую динамику основных компонентов химического состава воды, их распределение по акватории и глубине [9].

Из минеральных азотсодержащих соединений природных вод для формирования их качества наиболее существенны нитраты, нитриты и аммонийные соединения. Их влияние обусловлено как непосредственным участием в формировании биологической доброкачественности воды для теплокровных животных и человека (накопление нитратов небезопасно для теплокровных организмов; наличие нитритов способствует образованию канцерогенных соединений – *n*-нитрозаминов), так и опосредствованно – за счет воздействия на жизнедеятельность и функционирование гидробионтов, на процессы самоочищения.

Наряду с азотом, важную роль в формировании качества природных вод играет фосфор. Его влияние на качество воды осуществляется прямо и косвенно. Прямое действие фосфорсодержащих соединений связано с их высокой комплексообразующей способностью, что обуславливает связывание и седиментацию ряда химических элементов (железа, кальция и др.) [10]. Более существенную роль в формировании качества воды играет фосфор за счет влияния его на жизнедеятельность гидробионтов и особенно хлорофиллсодержащих организмов – важнейшего звена процессов самоочищения.

Наряду с фосфором, важную роль в формировании качества природных вод играют металлы. Их можно условно разделить на две группы: биометаллы естественного происхождения (железо, марганец, медь, цинк, молибден, ванадий и др.) и загрязнители антропогенного характера (ртуть, кадмий, хром, свинец, никель и др.) [9].

Цель работы – установить специфику сезонной динамики некоторых химических показателей воды Верхне-Кальмиусского водохранилища: ионов аммония, нитратов, нитритов, полифосфатов, железа, растворенного в воде кислорода в поверхностном, среднем и придонном горизонтах.

Материал и методы исследования

Проанализированы пробы воды Верхне-Кальмиусского водохранилища, взятые с поверхностного, среднего и придонного горизонтов, по химическим и гидробиологическим показателям с использованием стандартных методик [11].

Отбор проб водохранилища производили с мостика, сооруженного на плотине. Пробы воды поверхностного горизонта в течение 2007 г. отбирали каждый месяц согласно составленному плану отбора проб, а остальные горизонты (средний и придонный) – 1 раз в квартал (март, июнь, сентябрь, декабрь). Пробы воды по горизонтам отбирали с водозаборной башни. Температура воды измерялась ртутным термометром с ценой деления 0,1-0,5°С во время каждого отбора пробы [11].

Массовую концентрацию аммиака и ионов аммония определяли фотометрический методом с реактивом Несслера [11], массовую концентрацию нитритов – фотометрическим методом с реактивом Грисса [11], массовую концентрацию нитратов – колориметрическим методом с салициловокислым натрием [11].

Растворенный кислород определяли йодометрическим, полифосфаты – колориметрическим методами [11].

Результаты и обсуждение

Стратификация в содержании биогенных и органических веществ отмечается летом, особенно в периоды штилевой погоды, когда в поверхностных слоях воды накапливаются органические соединения, а в придонных – продукты их минерализации.

Нами установлены максимальные значения ионов аммония в начале зимы (декабрь), нитратов – в течение всего зимнего периода (рис. 1), когда они накапливаются в водоеме за счет минерализации органических веществ.

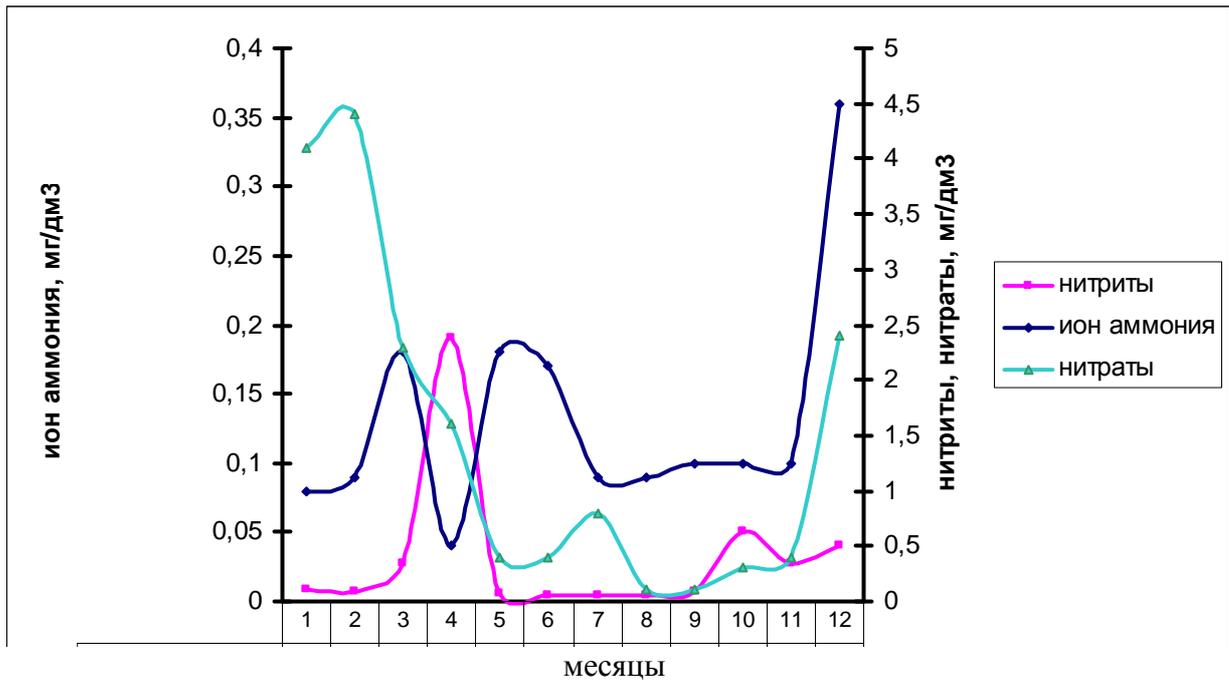


Рис. 1. Сезонная динамика азотсодержащих веществ в воде.

Содержание ионов аммония в воде превышало стандарты качества питьевой воды (0,005-0,1 мг/дм³) в марте, мае, июне и декабре [12]. Повышение содержания ионов аммония в марте связано с их поступлением с поверхностным стоком в период таяния льда. Понижение в апреле происходит в период интенсивного фотосинтеза фитопланктона. В июне при усилении процессов бактериального разложения органического вещества отмечалось повышение содержания ионов аммония в воде. Максимальные значения в декабре (0,36 мг/дм³) обусловлены продолжающейся минерализацией органического вещества в условиях слабого потребления фитопланктона.

По содержанию нитратов вода не соответствовала стандартам (0,01-0,1 мг/дм³) с декабря по апрель включительно [12]. Возрастание нитратов поздней осенью и особенно в зимний период обусловлено уменьшением потребления растениями азота нитратного, поступающего с грунтовыми водами. Весной интенсифицируются жизненные процессы растений и микроорганизмов, и увеличивается потребление ими нитратов, что приводит к уменьшению их концентрации в воде. Отсутствие нитратов летом свидетельствует об интенсивно происходящих фотосинтетических процессах. Осенью содержание нитратов начинает увеличиваться и достигает максимума зимой (в феврале – 4,5 мг/дм³).

Для нитритов характерны низкие значения зимой и появление весной в начале минерализации нового органического вещества. Стандартные значения по нитритам (0,005-0,05 мг/дм³) были превышены в апреле (см. рис. 1). Летом их низкие значения обусловлены низким содержанием нитратов в воде, что характерно для чистых вод. Осенью содержание их также низкое.

Для всех форм азота характерна стратификация по вертикали, которая представлена на рис. 2-4. Концентрация аммиака в поверхностных слоях на протяжении года выше, чем в остальных слоях. Это связано с процессами биохимической деградации белковых веществ, поступающих с поверхностным стоком.

В распределении нитратов по глубине мы наблюдали лишь незначительные повышения концентрации за счет регенерации в результате минерализации поступающих сверху остатков организмов. В марте отмечается достоверное увеличение концентрации нитратов с глубиной: в поверхностном слое – 2,30 мг/дм³, в среднем – 2,65, в придонном – 3,15 мг/дм³.

Относительно нитритов прослеживается некоторое их увеличение в придонном горизонте, так как они являются промежуточной стадией восстановления нитратов (см. рис. 3).

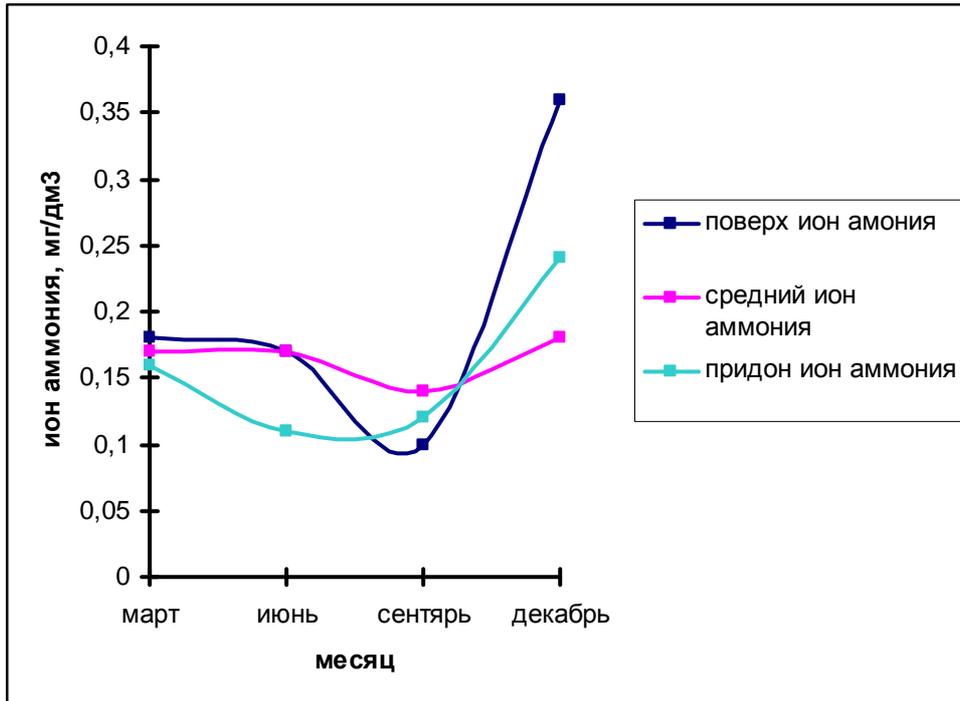


Рис. 2. Зависимость концентрации ионов аммония от глубины.

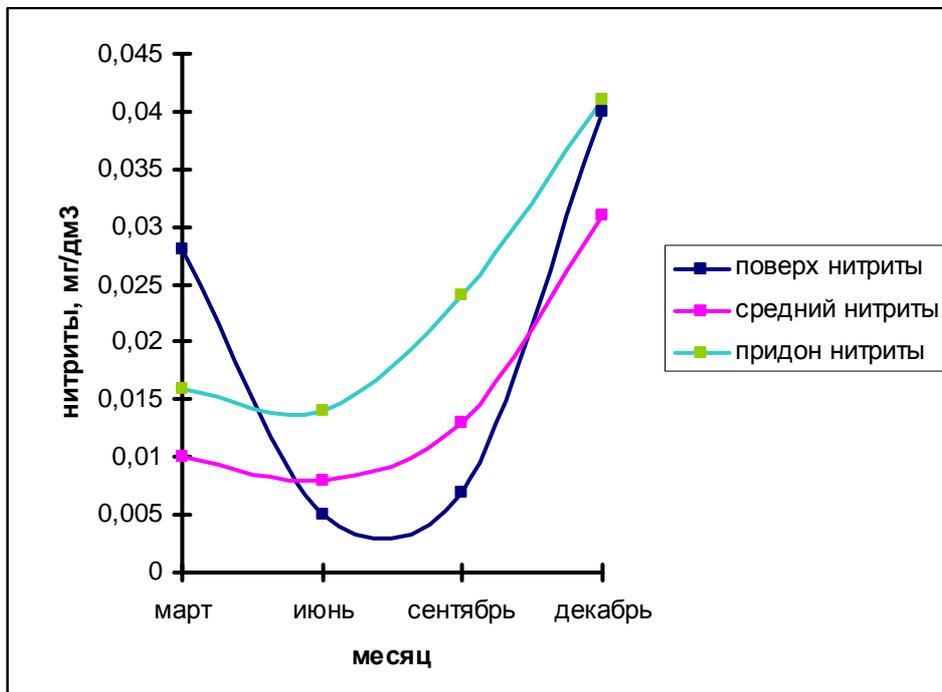


Рис. 3. Зависимость концентрации нитритов от глубины.

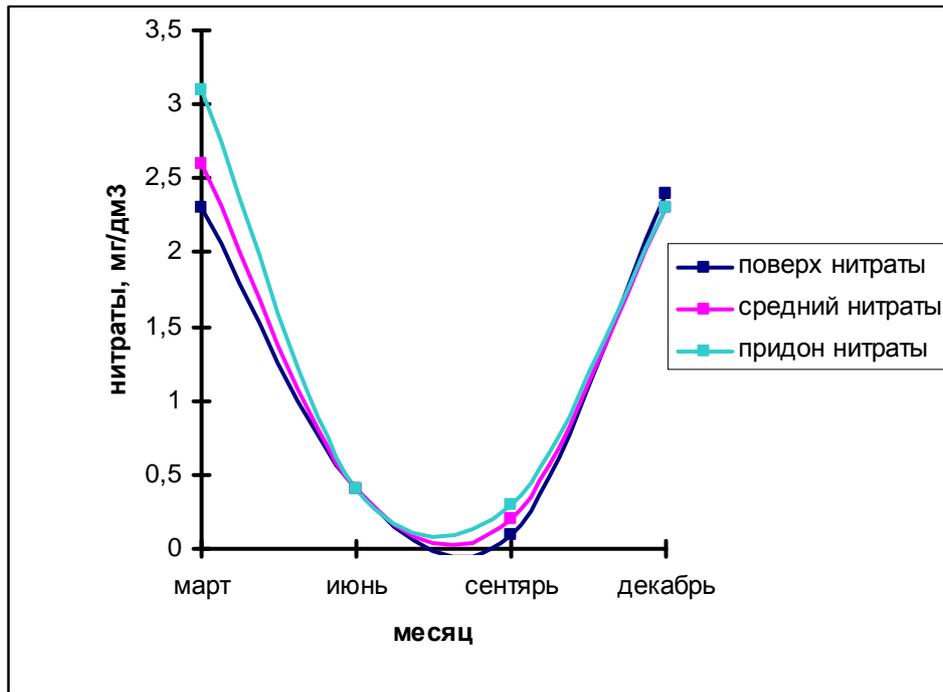


Рис. 4. Зависимость концентрации нитратов от глубины.

Для сезонной динамики фосфора (рис. 5) в водохранилище характерны небольшие его концентрации в воде во время половодья (март – апрель) при максимальных уровнях воды. Это обусловлено притоком талых вод, содержащих незначительное количество фосфора, и частично процессами циркуляции водных масс, при которых фосфор выпадает в осадок. Наименьшее его содержание отмечено в июне (0,02 мг/дм³). Затем концентрация фосфатов в воде увеличивается и к концу лета при массовом разложении фитопланктона достигает максимальных значений (в августе 0,9 мг/дм³). В пятнах "цветения" с наличием разлагающегося фитопланктона содержание минерального фосфора увеличивается в 5-10 раз.

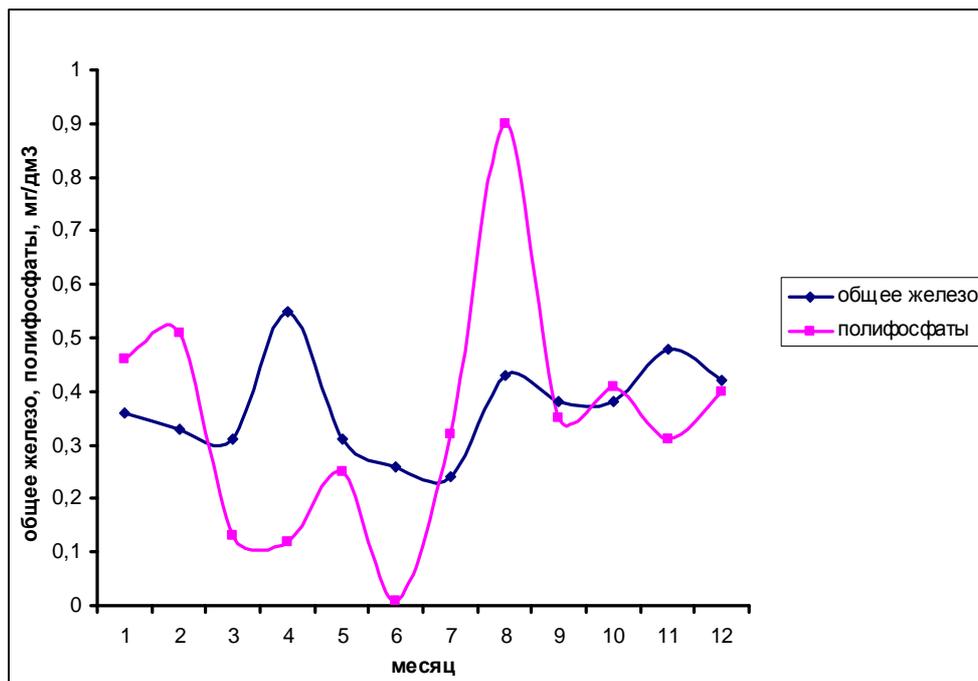


Рис. 5. Сезонная динамика полифосфатов и общего железа.

Для исследованных проб воды характерно превышение норм содержания ($0,001-0,01 \text{ мг/дм}^3$) общего железа в течение года (см. рис. 5). Распределение железа по акватории водохранилищ в один и тот же период времени достоверно неоднородно. Это, по-видимому, связано с различием окислительно-восстановительных условий, колебаниями рН, особенностями циркуляции водных масс, скоростью седиментации и потребления водными организмами, переходом в раствор при деструкции органического вещества, подкислением среды в результате выпадения "кислотных дождей", а также другими факторами, характерными для разных участков водохранилищ [6].

Содержание железа в воде водохранилища изменяется и по сезонам года. Максимальное его количество в воде в основном приходится на весенний период (особенно в апреле – $0,55 \text{ мг/дм}^3$), минимальное – на лето (июнь – июль – $0,25 \text{ мг/дм}^3$).

Под влиянием совокупного действия абиотических и биотических факторов содержание растворенного кислорода в воде водохранилищ колеблется в широких пределах, изменяется по сезонам и годам, площади водохранилища и его глубине. В связи с этим для водохранилищ содержание растворенного кислорода в воде может колебаться от $6,9$ до $15,4 \text{ мг/дм}^3$ [9]. Режим растворенных газов в воде водохранилищ особенно изменчив летом, т. е. в период наиболее интенсивного протекания биологических процессов.

Максимальные концентрации растворенного в воде кислорода (вплоть до пересыщения им воды) мы наблюдали весной (особенно апрель, май) при интенсивно происходящих процессах фотосинтеза; его минимальные концентрации и дефицит отмечены осенью (сентябрь, октябрь), в период интенсивного "цветения" воды сине-зелеными водорослями. Концентрации растворенного кислорода совпадают с процентом насыщения кислородом (рис. 6).

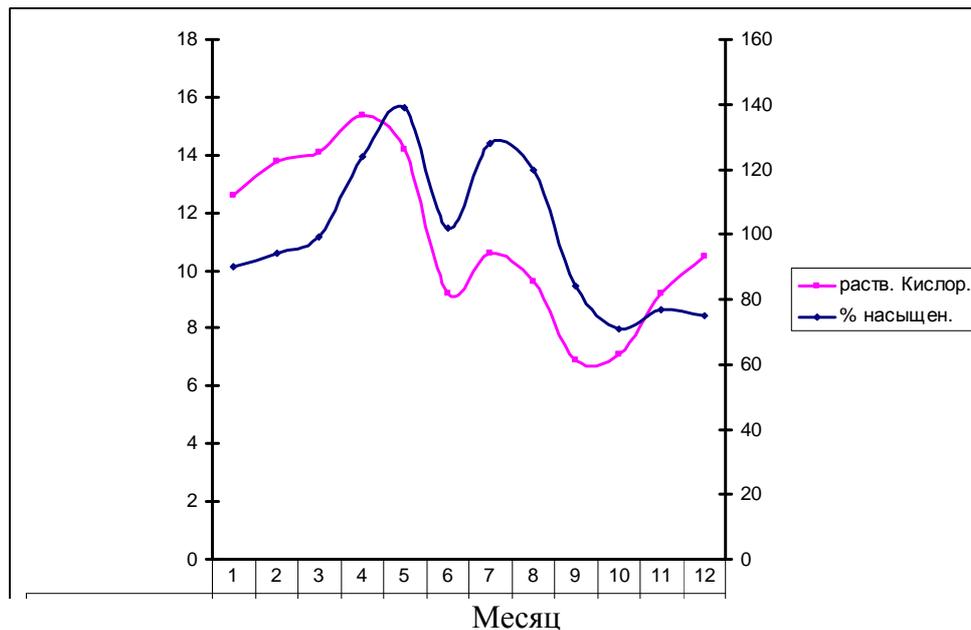


Рис. 6. Сезонная динамика растворенного кислорода и % насыщения (по оси ординат – растворенный кислород, мг/дм^3 ; по оси абсцисс – процент насыщения кислорода).

При вертикальном распределении растворенного кислорода отмечали самые низкие его концентрации в придонных слоях летом (в июне) за счет повышенной фотосинтетической деятельности в поверхностных слоях и осенью (в сентябре) (рис. 7), так как осенью в воде при разложении фитопланктона увеличивается также содержание легкоусвояемого органического вещества, что сопровождается усиленным размножением бактерий и более интенсивным их дыханием и приводит к резкому падению количества растворенного в воде кислорода. В этих условиях в придонных слоях воды, характеризующихся наличием богатых иловых отложений, наблюдается снижение кислорода.

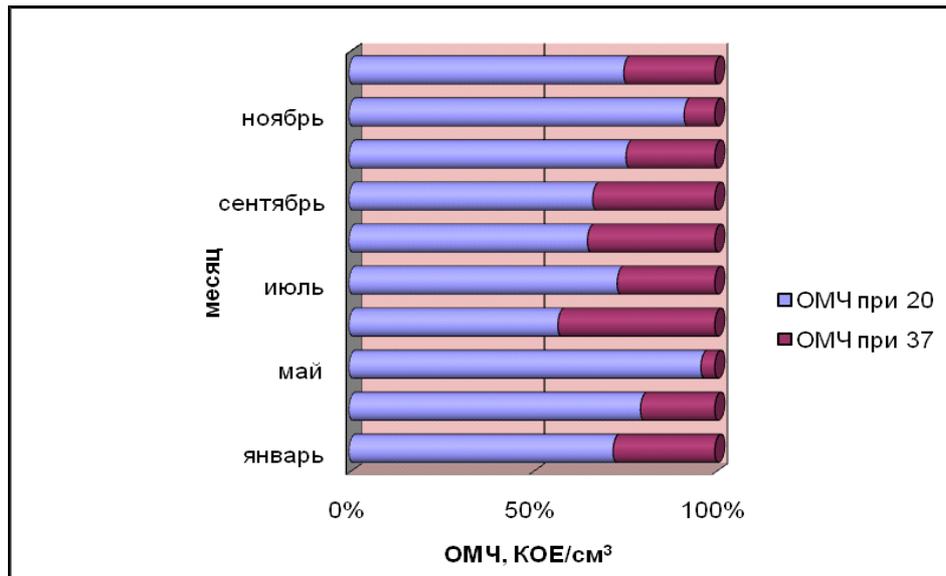


Рис. 7. Зависимость концентрации растворенного кислорода от глубины (по оси ординат – растворенный кислород, мг/дм³).

Таким образом, динамика химических показателей воды в водохранилище зависит от его гидрологического и гидрохимического режимов. Содержание ингредиентов изменяется в широких пределах по сезонам, в зависимости от морфометрических характеристик водохранилища. Максимальное содержание большинства биогенных элементов характерно для водохранилища зимой, перед половодьем, а органических соединений – летом. При этом наиболее высокие концентрации первых характерны для придонного слоя воды, вторых – для поверхностного.

Выводы

1. Максимальные количества ионов аммония приходятся на начало зимы (декабрь), нитратов – на весь зимний период. Содержание ионов аммония в воде превышало стандарты качества питьевой воды (0,005-0,1 мг/дм³) в марте, мае, июне и декабре. Для нитритов характерны низкие значения, за исключением апреля.

2. Концентрация аммиака в поверхностных слоях на протяжении года выше, чем в остальных слоях. В марте отмечается достоверное увеличение концентрации нитратов с глубиной: в поверхностном слое 2,30 мг/дм³, в среднем – 2,65, в придонном – 3,15 мг/дм³. Относительно нитритов прослеживается некоторое их увеличение в придонном горизонте, так как они являются промежуточной стадией восстановления нитратов.

3. Для фосфора характерны самые высокие концентрации в воде в августе (0,9 мг/дм³), самые низкие – в июне (0,02 мг/дм³).

4. Отмечено превышение норм содержания общего железа в течение года. Максимальное количество железа в воде в основном приходится на апрель (0,55 мг/дм³), минимальное – на июнь – июль (0,25 мг/дм³).

5. Максимальные концентрации растворенного в воде кислорода (вплоть до пресыщения им воды) наблюдаются весной (март – май); его минимальные концентрации и дефицит отмечены осенью (сентябрь – октябрь), в период активной вегетации водорослей.

Список литературы

1. *Вода Донбасса пока в норме* // Салон Донбасса. – 2001. – № 53 (723). – С. 12–14.
2. *Актуальные проблемы профилактической медицины, управление качеством среды обитания и здоровья населения* // Мат. науч.-практ. конф. – Череповец, 2004. – 43 с.
3. *Алипов А. Н.* Водообеспечение населения, промышленности и сельского хозяйства Донбасса / А. Н. Алипов, Д. Д. Мягкий // *Вода и водоочистные технологии.* – 2007. – № 12. – С. 17–22.
4. *Гусева Т. В.* В Донецкой области качество воздуха и воды ухудшается с каждым годом / Т. В. Гусева. – Выступление на коллегии рег. Госэкоинспекции. – 20.02.2007.
5. *Романенко В. Д.* Экологическая оценка воздействия гидро-технического строительства на водные объекты / В. Д. Романенко, О. П. Оксисюк, В. Н. Жукинский. – К.: Наук. думка, 1990. – 256 с.
6. *Гидрохимические показатели* состояния окружающей среды: справ. мат. / Под ред. Т. В. Гусевой. – М.: Форум: ИНФРА-М, 2007. – 192 с.
7. *Соляник В. В.* Большая вода индустрии / В. В. Соляник, П. Г. Луценко, А. Г. Беланенко. – Донецк: Донбасс, 1980. – 26 с.
8. *Орлов А. А.* "Укрпромводчермет" – оберег Донбасса / А. А. Орлов, Г. Г. Трикаташ, А. И. Тимошенко. – Донецк: Удачный выбор, 2005. – 56 с.
9. *Водохранилища* и их воздействие на окружающую среду. – М.: Наука, 1986. – 400 с.
10. *Алекин О. А.* Руководство по химическому анализу вод суши / О. А. Алекин, А. Д. Семенов, Б. А. Скопинцев. – Л.: Гидрометеиздат, 1973. – 210 с.
11. *Вода питьевая.* Методы анализа. – М.: Изд-во стандартов, 1984. – 124 с.
12. *ГОСТ 2761-84.* Источники централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения. – М., 1985. – 30 с.

Маркевич Г. В., Ветрова О. В. Сезонна динаміка та просторовий розподіл хімічних показників води **Верхньо-Кальміуського водосховища.** – Вивчено сезонні коливання азотвмісних речовин, заліза, фосфору та кисню за горизонтами. Вміст загального заліза перевищує норму. Найбільший вміст фосфору спостерігається у серпні, мінімальний – у червні. Максимальні концентрації розчинного у воді кисню спостерігались навесні, його мінімальні концентрації та дефіцит – восени.

Ключові слова: іони амонію, нітрати, нітрити, фосфати, залізо, розчинний кисень.

Markevich A. V., Vetrova E. V. Seasonal dynamics of water chemical indexes and their distribution pattern on vertical of the **Verhne-Kalmiussky reservoir.** – A seasonal dynamics of nitrogen-contenting substances, iron, phosphorus and oxygen to water-level were investigated. The contents of a common iron exceed of the standard. The maximum content of a phosphorus was be observed in August, minimum – in June. The maximum concentrate the soluble in water of oxygen was be observed in spring, it's minimum and deficit – in autumn.

Key words: ions of ammonium, nitrates, nitrites, phosphates, iron, soluble in water of oxygen.