УДК 556.55.561

К.К. Эдельштейн, А.Д. Аракельянц, А.В. Гончаров, М.Г. Гречушникова emek@mail.ru

*Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова*

*г. Москва, Россия*

**ВНУТРИСУТОЧНАЯ СИНОПТИЧЕСКАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ СОДЕРЖАНИЯ КИСЛОРОДА В ПОВЕРХНОСТНОМ СЛОЕ ВОДОХРАНИЛИЩА**

Анализируются результаты 13-дневной ежечасной автоматической регистрации концентрации растворенного кислорода, температуры, интенсивности ФАР, первичной продукции и деструкции органического вещества в поверхностном слое воды летом 2016 г., а также ветрового течения в Можайском водохранилище, расположенного в сотне километров западнее Москвы. Наблюдения, сопровождались такой же регистрацией метеорологических характеристик судовой метеостанцией над водной поверхностью и выполнялись на рейдовой вертикали в центральном районе водоема в антициклоническую и циклоническую фазы синоптического цикла.

*Ключевые слова:* водоем, кислород, ФАР, продукция, деструкция, синоптический цикл

К.К. Edelshtein, А.D. Arakelyanc, А.V. Goncharov, М.G. Grechushnikova emek@mail.ru

*MSU*

*Moscow, Russian Federation*

**HOURLY SYNOPTICAL CHANGE OF OXIGEN CONTENTS IN SURFACE LAYER OF RESERVOIR**

The results of 13-days hour automatic registration of oxygen, temperature, photosynthetic photon flux density, primary production and destruction of organic matter and wind current in the surface layer in summer 2016 in the Mozaisk reservoir, situated 100 km westward from Moscow. Observations were followed by registration of meteorological characteristics by meteorological station above water surface in the central part of the reservoir during in anticyclonic and cyclonic phases of the synoptic cycle.

*Key words:* reservoir, oxygen, photosynthetic photon flux density, primary production, destruction, synoptic cycle.

Внедрение в полевую лимнологию безинарционных оксиметров с ёмкой цифровой памятью теперь позволяет длительно осуществлять практически непрерывную и точную регистрацию *in sity* содержания растворенного в воде кислорода и ее температуры. Пара таких оксиметров и была использована для создания современного продукциометра [3]. В этом приборе одновременно с измерением О2 и *Т* выполняется регистрация интенсивности первичной продукции органического вещества (ОВ) и его деструкции, реализующая кислородную модификацию классического метода Г.В. Винберга [1]. Зимой 2016 г. прибор изготовлен, и в июле 3-хсуточные его испытания показали весьма удовлетворительное совпадение регистрации обоих процессов с

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ (проект №15-05-06108 А)

измерениями традиционным скляночным методом. При этом продукциометр существенно облегчает проведение подобных исследований.

Автор книги «Эвтрофирование водохранилищ» (2007) Ю.С. Даценко пишет «Высокая информативность О2, – этого распространенного химического показателя обусловлена тем, что изменения его концентрации в воде интегрально отражают сложный комплекс продукционно-деструкционных и динамических процессов в экосистеме водоема» [4, стр. 36]. А этот комплекс определяет его самоочищающую способность воды и формирование ее качества и рыбопродуктивность в водоемах–источниках муниципального водоснабжения [2].

### С целью изучения в летний, наиболее биопродуктивный сезон внутрисуточной изменчивости самых неконсервативных характеристик гидроэкологического режима нами разработана и выполена программа полевого эксперимента «Многосуточная вертикаль–2016». Рейдовая вертикаль глубиной 12 м назначена в Красновидовском плесе (1,5 км2) центрального района Можайского водохранилища над русловой ложбиной Москва-реки на удалении от берегов не менее 400 м. У притопленного большого буя с расчаленного тремя якорями катамарана комплексные наблюдения длились с 5 июня по 22 августа. В циклонические фазы погоды (ЦФП) и антициклонические (АФП) сериями в 3–5 суток каждые 3–4 часа проведены метеонаблюдения, зондирование вертикали окси-термо-кондуктометром, измерение направления и скорости течения и отбор проб воды на лабораторные химические анализы, выполнявшимися в ближайшие часы. Использованы следующие приборы и датчики: YSI ProODO (оксиметр), YSI-[Pro10](https://www.ysi.com/pro10) (кондуктометр), YSI-[Pro30](https://www.ysi.com/pro30) (рН-метр).

Эти наблюдения требовались для контроля репрезентативности непрерывной работы метеостанции **Vantage-Pro**, питаемой солнечной батареей, с датчиками на высоте 2 м над водной поверхностью, термокосы с термисторами **HOBO-U22-001** на горизонтах 0,5, 1, 2, 3, 5, 7, 10 м, продукциометра на горизонте 0,5 м, измерявшим датчиком **HOBO-U26-001** каждые 3 часа концентрацию О2, ее увеличение при фотосинтезе и уменьшение вследствие деструкции ОВ, а также ФАР-регистратора, питавшимися аккумуляторной батареей. Эпизодически сутки и более в этом же слое воды проводилась регистрация направления и скорости течения прибором…… Получен исключительно большой объем лимнологической информации, предварительный просмотр которой выявил 13-суточный синоптический цикл с 26 июня по 8 июля 2016 г.– с наиболее контрастной сменой его АФП на ЦФП.

**Состояние погоды в плесе.** В антициклональную фазу до 3 июля стояла преимущественно жаркая погода с дневным максимум температуры воздуха в >25°C при атмосферном давлении 1011±2 мб и средней скоростью ветра <2 м/с (таблица). 3 июля произошло резкое понижение давления до 1004±3 мб и похолодание до 15°C в ночные часы, а средняя скорость ветра возросла в полтора раза. Однако внутрисуточная изменчивость этих трех характеристик оказалась в АФП заметно большей, чем в ЦФП (таблица). Эта особенность синоптического цикла иллюстрируется сравнением типичных графиков внутрисуточного режима метеохарактеристик (рис. 1), наиболее влияющих на гидроэкологическое состояние водной массы водоема.

**Таблица.** Средние Хср. и максимальное Хмакс. значенияхарактеристик летней погоды за синоптическую фазу, их диапазон Δ внутрисуточной изменчивости с коэффицментом вариация *Cv* значений характеристик погоды и гидроэкологического состояния водной массы в центральном районе водохранилища

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| *Характеристика*  *состояния среды* | *Антициклоническая фаза* | | | | *Циклоническая фаза погода* | | | |
| Хср | Хмакс. | Δ | *Cv,%* | Хср | Хмакс | Δ | *Cv,%* |
| Солн. радиация (мах) Вт/м2 | 530 | 803,5 | 374 | 61 | 521 | 700 | 266 | 0,71 |
| ФАР (мах), Вт/м2 | 256 | 406 | 217 | 75 | 246 | 354 | 163 | 0,96 |
| Облачность, % | 100 | 60 | 71 | 57 | 100 | 70 | 60 | 0,34 |
| Температура воздуха, оС | 20,9 | 28,8 | 8,1 | 18 | 18,7 | 24,9 | 6,3 | 0,12 |
| Скорость ветра, м/с | 2,1 | 5,4 | 3,4 | 65 | 2,8 | 4,9 | 4,4 | 0,48 |
| Температура воды (0,5 м), оС | 24,7 | 27,8 | 2,2 | 5 | 22,3 | 26,6 | 1,2 | 0,09 |
| Концентрация О2, мг/л | 11,5 | 12,6 | 2,6 | 5 | 8,42 | 11,6 | 4,6 | 0,17 |
| Насыщение им воды, % | 137 | 155 | 34 | 6 | 94 | 141 | 74 | 0,21 |
| Валовая продукция, мг О2/л | 0,23 | 0,89 | 0,89 | 74 | 0,21 | 0,82 | 0,82 | 0,76 |
| Деструкция ОВ, мг О2/л | 0,2 | 0,85 | 0,85 | 71 | 0,20 | 0,43 | 0,43 | 0,5 |
| Вал. Продукция (мах), мг О2/л | 0,68 | 0,89 | 0,68 | 23 | 0,57 | 0,82 | 0,57 | 34 |
| Деструкция ОВ (мах), мг О2/л | 0,55 | 0,85 | 0,55 | 37 | 0,39 | 0,43 | 0,39 | 11 |

В антициклоническую погоду скорость ветра минимальна днем, в отличие от ЦФП. Максимум температуры воздуха в обычен в полдень, количество облаков изменчиво в АЦП, но наибольшее в полуденные часы и уменьшается до 0 поздним вечером. В ЦФП облачность в течение суток варьирует от 60 до 100% что и определяет изменчивость суммарной солнечной и ФАР в светлое время суток. В циклоническую погоду их суточный максимум не превышает 435 и 200 Вт/м2 соответственно [5], равномерно возрастая к полудню и снижаясь к закату. В АФП наличие обычно кучевой облачности определяет «ломаное» изменение обеих характеристик, которые при ее полном отсутствии достигали бы порядка 800 и 260 Вт/м2..

**Состояние водной массы.**

**Список литературы**

**1.** *Винберг Г.В***.** Опыт изучения фотосинтеза и дыхания в водной массе озера. К вопросу о балансе органического вещества. Сообщ. 1 // Тр. лимнол. ст. в Косине. 1934. Вып. 18. С  .5–24.

2. Гидроэкологический режим водохранилищ Подмосковья(наблюдения, диагноз, прогноз). **/**Под ред. К.К. Эдельштейна. М. Изд-во «Перо», 2015. 286 с.

3. *Гончаров А.В., Гречушникова М.Г., Пуклаков В.В..* Автоматизированное определение продукции и деструкции органического вещества в водоеме скляночным кислородным методом // Биология внутренних вод (в печати).

4. *Даценко Ю.С., Ветрова Е.И*. Оценка трофического состояния озер умеренной зоны по характеристикам их кислородного режима // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5 География, 2006. № 1. С. 36–39.

# 5. *Bouma E.* Weather & Crop Protection. Zutphen: Roodbont. 2007. 84 p.

Замечания к рис. убри серый фон и рамку графиков 00 03 06 09 12 15 18 21 24

Шкалы 12 пт

Обойдемся и здесь без давления. Верхние графики первый ряд обе радиации Θ и ФАР облачность *N*%. Второй ряд температура воздуха, *T*в, воды *Тw* и скорость ветра, *U*

Третий ряд: ФАР, ППв и Д. Эти буквы – над вертикальными шкалами, а размерности напишем в подписи линии между точками сплошная мелкий пунктир и точечки только черным цветом. Высоту квадратов сократи на треть. Если хватит места, то растянем вверх.

