

НАУЧНАЯ СТАТЬЯ

УДК 543.4:544.2:543.37:543.068.8

**ТЕСТ-СИСТЕМА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ РАСТВОРЕННОГО КИСЛОРОДА
В ВОДНЫХ ОБЪЕКТАХ****Марина Алексеевна Аввакумова, Наталия Николаевна Ященко, Светлана Владимировна Житарь, Елена Геннадьевна Зиновьева, Анатолий Николаевич Лыщиков**

Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова, Чебоксары, Россия

Автор, ответственный за переписку: Елена Геннадьевна Зиновьева, zinelgen@mail.ru

Аннотация. Разработана тест-система для определения содержания растворенного кислорода в воде в диапазоне от 0 до 14 мг/л, состоящая из таблетки, ампулы и индикаторной шкалы. Проведена апробация на восьми водных объектах Ядринского района Чувашской Республики: реках Сура, Выла, Арбашка, Мочкаушка, озерах Сергач и Круглая яма, пруду Мирский. Пробы отбирали в июне 2024 г. в соответствии с ГОСТ 59024-2020. Достоверность результатов подтверждена методом йодометрического титрования по Винклеру. Установлено, что в пробах воды из рассмотренных водоемов содержание растворенного кислорода находится на уровне не менее 6 мг/л, что соответствует нормам регламентирующего документа РД 52.24.419-2019 для объектов рыбохозяйственного назначения в летний период.

Ключевые слова: растворенный кислород, тест-система, метод Винклера, вода, индигокармин

DOI: 10.55959/MSU0579-9384-2-2025-66-6-506-510

Финансирование. Работа финансировалась за счет средств бюджета Чувашского государственного университета им. И.Н. Ульянова. Никаких дополнительных грантов на проведение или руководство данным конкретным исследованием получено не было.

Для цитирования: Аввакумова М.А., Ященко Н.Н., Житарь С.В., Зиновьева Е.Г., Лыщиков А.Н. Тест-система для определения растворенного кислорода в водных объектах // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 2. Химия. 2025. Т. 66. № 6. С. 506–510.

ORIGINAL ARTICLE

**TEST SYSTEM FOR DETERMINING DISSOLVED OXYGEN IN WATER
OBJECTS****Marina A. Avvakumova, Natalia N. Yashchenko, Svetlana V. Zhitar, Elena G. Zinovjeva, Anatoly N. Lyshikov**

Chuvash State University named after I.N. Ulyanov, Cheboksary, Russia

Corresponding author: Elena G. Zinovjeva, zinelgen@mail.ru

Abstract. A test system has been developed for determining the dissolved oxygen content in water in the range from 0 to 14 mg/l, consisting of a tablet, an ampoule and an indicator scale. Testing was carried out on eight water bodies of the Yadrinsky district of the Chuvash Republic: the rivers Sura, Vyla, Arbashka, Mochkaushka, lakes Sergach

and “Round Pit” and the Mirsky pond. Samples were taken in June 2024 in accordance with GOST 59024-2020. The reliability of the results was confirmed by the Winkler iodometric titration method. It was established that water samples for the content of dissolved oxygen in the considered reservoirs are at a level of at least 6 mg/l, which corresponds to the norms of the regulatory document RD 52.24.419-2019 for fishery facilities in the summer.

Keywords: dissolved oxygen, test system, Winkler method, water, indigo carmine

Financial Support. The work was funded by the budget of the I.N. Ulyanov Chuvash State University. No additional grants have been received to conduct or direct this particular study.

For citation: Avvakumova M.A., Yashchenko N.N., Zhitar S.V., Zinovjeva E.G., Lyshikov A.N. Test System for Determining Dissolved Oxygen in Water Objects // Vestn. Mosk. un-ta. Ser. 2. Khimiya. 2025. T. 66. № 6. S. 506–510.

Содержание растворенного в воде кислорода – один из важных физико-химических параметров при определении экологического состояния водоемов. Регулярный мониторинг содержания растворенного кислорода служит залогом эффективного управления водными ресурсами [1, 2]. В пределах Чувашской Республики протекает 2356 рек, густота речной сети составляет 0,48 км/км². Главная река Чувашии – Волга, а один из наиболее крупных ее притоков первого порядка – р. Сура длиной 864 км. Сура обеспечивает водой расположенные на ее берегах населенные пункты, является местом отдыха и туризма. На береговой части Волги и Суры расположены заказники по охране некоторых видов животных и растений, дома отдыха и летние детские оздоровительные лагеря. В Суру впадает р. Выла, имеющая длину 55,4 км. Реки Арбашка и Мочкаушка, имеющие длину соответственно 14 и 29 км, являются левыми притоками Суры. На территории Чувашии расположены 754 пресных озера (в основном малой площади) [3]. Они относятся к шести типам: карстовые, суффозионные, суффозионно-карстовые, междюнные, пойменные или озера-старицы, а также искусственные озера (или озера-копани). Многие озера представляют собой уникальные памятники природы республиканского значения. Водные ресурсы нуждаются в охране от бытовых и промышленных загрязнений, что предусмотрено Конституцией Чувашской Республики и постановлениями правительства. Поскольку число водных объектов велико, для экспресс-определения гидрохимических показателей удобно использовать тест-методы, которые позволяют оперативно без больших трудозатрат и материальных вложений

оценить предварительное санитарное состояние водоема в полевых условиях. При выявлении резких отклонений качества воды от нормы можно при необходимости провести уточнение результатов в аттестованных лабораториях.

Цель настоящего исследования – разработка тест-системы для количественного определения растворенного кислорода в водных объектах.

Экспериментальная часть

Объектами исследования служили образцы воды рек Сура, Выла, Арбашка, Мочкаушка, озер Сергач и Круглая яма, а также пруда Мирский Ядринского р-на Чувашской Республики. Пробы отбирали в июне 2024 г. в соответствии с ГОСТ 59024-2020 [4]. Пробы воды р. Сура отбирали на двух участках. Первый участок расположен в г. Ядрин около моста, соединяющего правую и левобережную части. Вода была мутной и содержала песок. Вблизи находится спиртовой завод «Ядринский». Второй участок находится на левобережной части г. Ядрин, около базы отдыха «Сурский берег» и является водоохранной зоной.

Пробы воды р. Выла отбирали вблизи дер. Сареево, р. Арбашка (находится на территории Этноприродного парка Чувашии им. А.П. Айдака) – вблизи дер. Николаевское, р. Мочкаушка – вблизи дер. Торхлово.

Пробы воды оз. Сергач отбирали в черте г. Ядрин. Пробы воды оз. Круглая яма (название предложено местными жителями, так как официальное отсутствует) – в черте Ядринского р-на.

Пробы воды пруда Мирский отбирали на территории с. Засурье.

Тест-система для определения растворенного кислорода состоит из таблетки, ампулы с

раствором щелочи и индикаторной шкалы. Тест-таблетки готовили следующим образом: смешивали порошки индигокармина, глюкозы и хлорида натрия (индифферентное вещество) в массовом соотношении 0,1351:6,1377:50,0215 до однородного состояния и спрессовывали. Изготовленные таблетки массой 0,4 г и диаметром 0,5 см хорошо растворимы в воде с образованием раствора синего цвета.

Методика определения заключается в заборе пробы воды погружением бесцветной мерной емкости объемом 100 мл в исследуемый объект. Далее уровень воды доводят до метки, не извлекая емкость из объекта. Закрывают емкость крышкой и извлекают из водоема. Помещают тест-таблетку в емкость, закрывают крышкой и перемешивают. При этом цвет раствора становится синим. Добавляют из ампулы 1 мл щелочного раствора и снова тщательно перемешивают,

наблюдая за изменением окраски с синей на зеленую. Через 10 с зеленый цвет меняется на контрольный, который сравнивают с цветом стандартной индикаторной шкалы (табл. 1) и определяют содержание растворенного кислорода в пробе.

Результаты и обсуждение

Тест-системы позволяют в условиях реального времени оперативно проводить анализ различных объектов [5]. Особенно важным является быстрое определение содержания растворенного кислорода в пробах воды водоемов, так как этот параметр очень чувствителен к изменению температуры и давления, а также к наличию примесей. В настоящее время известны тест-системы для определения в воде органических токсикантов [6], активного хлора [7], солей жесткости [8] и т.д. Сведения об определении растворенного кислорода

Т а б л и ц а 1

Стандартная индикаторная шкала для определения содержания растворенного кислорода

| | | | | | |
|--------------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Цвет пробы воды* | RAL 1016 | RAL 3012 | RAL 3015 | RAL 3017 | RAL 3022 |
| C_{O_2} , мг/дм ³ | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| Цвет пробы воды | RAL 3033 | RAL 4003 | RAL 4008 | RAL 5022 | RAL 5013 |
| C_{O_2} , мг/дм ³ | 6 | 8 | 10 | 12 | 14 |

* По международной системе выбора цветов из каталога RAL Classic.

Т а б л и ц а 2

Содержание растворенного кислорода в водных объектах Чувашской Республики

| Водный объект | Содержание РК, мг/л | | |
|--------------------------|---------------------|--------------------|------------|
| | тест-метод | по методу Винклера | |
| | | $X \pm \Delta X$ | $S_r, \%*$ |
| р. Сура (первый участок) | 6 | 6,4±0,2 | 3,2 |
| р. Сура (второй участок) | 8 | 8,8±0,2 | 2,3 |
| р. Выла | 6 | 6,1±0,1 | 2,0 |
| р. Арбашка | 6 | 6,0±0,2 | 3,4 |
| р. Мочкаушка | 6 | 5,6±0,2 | 3,6 |
| оз. Сергач | 8 | 9,6±0,4 | 3,7 |
| оз. Круглая яма | 6 | 6,6±0,3 | 4,5 |
| пруд Мирский | 6 | 7,8±0,2 | 2,6 |

* S_r – относительное стандартное отклонение.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Басова Л.З. // Вестник Казанского технологического университета. 2014. Т. 17. № 11. С. 115.
2. Волчек А.А., Таратенкова М.А. // Вестник Полоцкого государственного университета. Серия F. Строительство. Прикладные науки. 2022. № 14. С. 82 (DOI 10.52928/2070-1683-2022-32-14-82-88).
3. Дубанов И.С. Водоемы Чувашии: книга-альбом. Чебоксары, 2016. 183 с.
4. ГОСТ Р 59024-2020. Вода. Общие требования к отбору проб.
5. Евгеньев М.И. // Соросовский образовательный журнал. 1999. № 11. С. 29.
6. Чернова Р.К., Козлова Л.М., Шестопалова Н.Б., Рьянова Ю.О. // Изв. Саратовского университета. Сер. Химия. Биология. Экология. 2008. № 8 (2). С.15.
7. Егорова Л.С., Бобина Ю.П. // Изв. Алтайского государственного университета. 2012. № 3-1 (75). С. 164.
8. Егорова Л.С., Минин М.И., Алиева А.Г. // Изв. Алтайского государственного университета. 2013. № 3–2 (79). С.178.
9. Бабко А.А., Пилипенко А.Т. Фотометрический анализ. Методы определения неметаллов. М., 1974. 360 с.
10. РД 52.24.419-2019. Массовая концентрация растворенного кислорода в водах. Методика измерений йодометрическим методом.

Информация об авторах

Марина Алексеевна Аввакумова – магистрант химико-фармацевтического факультета ФГБОУ ВО «Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова» (avvakumova_2002@mail.ru);

Наталья Николаевна Ященко – доцент кафедры общей, неорганической и аналитической химии химико-фармацевтического факультета ФГБОУ ВО «Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова», канд. хим. наук (n.yashenko.n@mail.ru);

Светлана Владимировна Житарь – доцент кафедры общей, неорганической и аналитической химии химико-фармацевтического факультета ФГБОУ ВО «Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова», канд. хим. наук (svezhi@yandex.ru);

Елена Геннадьевна Зиновьева – доцент кафедры общей, неорганической и аналитической химии химико-фармацевтического факультета ФГБОУ ВО «Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова», канд. хим. наук (zinelgen@mail.ru);

Анатолий Николаевич Лыщиков – зав. кафедрой общей, неорганической и аналитической химии химико-фармацевтического факультета ФГБОУ ВО «Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова», докт. хим. наук, профессор (analitika2011@mail.ru).

Вклад авторов

Все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Соблюдение этических стандартов

В данной работе отсутствуют исследования человека и животных.

Статья поступила в редакцию 29.08.2024;
одобрена после рецензирования 13.11.2024;
принята к публикации 25.01.2025.