

Естественные науки. 2022. № 2 (7). С. 27–36.
Yestestvennyye nauki = Natural Sciences. 2022; no. 2(7):27–36 (In Russ.).

Научная статья
УДК 628
doi 10.54398/1818507X_2022_2_27

**РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ХИМИКО-ЭКОЛОГИЧЕСКОГО
МОНИТОРИНГА РЕГИОНА НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА ПОКАЗАНИЙ
ВОДНЫХ И ВОЗДУШНЫХ МАСС ПРИРОДНО-ХОЗЯЙСТВЕННЫХ
И ГОРОДСКИХ ОБЪЕКТОВ**

*Акишкин Виктор Георгиевич¹, Гладышев Михаил Дмитриевич²,
Тамков Павел Игоревич³✉*

^{1–3} Астраханский государственный университет, Астрахань, Россия
³*ptamkov@ya.ru*✉

Аннотация. Астраханская область — довольно крупный субъект, расположенный на юге России. Он располагается в 100 км к северу от Каспийского моря. Одна из центральных рек этого региона — река Волга — протянулась на протяжении всего региона, она также образует ещё множество дополнительных водных бассейнов, где с течением изменяющихся времен года меняется и внутренний микроклимат. Географическое положение региона обязывает местных жителей и расположенную в регионе инфраструктуру соблюдать особые экологические нормы и правила, нарушения которых значимым образом повлияет на Каспийский бассейн в целом и множественные прочие водоёмы, впадающие в него. На сегодняшний день экологическое состояние региона значимым образом страдает из-за выбросов промышленного сектора и автотранспорта. Подобную проблему необходимо решать, будет приведено технологическое решение, обеспечивающее мониторинг окружающей среды.

Ключевые слова: экологический мониторинг, мобильные станции, портативные системы, встраиваемый комплекс, передача данных

Для цитирования: Акишкин В. Г., Гладышев М. Д., Тамков П. И. Разработка системы химико-экологического мониторинга региона на основе анализа показаний водных и воздушных масс природно-хозяйственных и городских объектов // Естественные науки. 2022. № 2 (7). С. 27–36. https://doi.org/10.54398/1818507X_2022_2_27.

**DEVELOPMENT OF A SYSTEM FOR CHEMICAL
AND ENVIRONMENTAL MONITORING OF THE REGION, BASED
ON THE ANALYSIS OF THE READINGS OF WATER AND AIR MASSES
OF NATURAL, ECONOMIC AND URBAN OBJECTS**

*Akishkin Viktor Georgievich¹, Gladyshev Mikhail Dmitrievich²,
Tamkov Pavel Igorevich³*

^{1–3} Astrakhan State University, Astrakhan, Russia
³*ptamkov@ya.ru*✉

Abstract. The Astrakhan region is a fairly large entity located in the south of Russia. It is located 100 km. north of the Caspian Sea. One of the central rivers of this region, the Volga River, stretches throughout the entire region, it also forms many additional water basins, where the internal microclimate also changes with the changing seasons. The geographical position of the region obliges local residents and the infrastructure located in the region to comply with special environmental norms and rules, the violation of which will significantly affect the Caspian basin as a whole, and numerous other water bodies flowing into it. Today, the ecological state of the region suffers significantly due to emissions from the industrial sector and vehicles. Such a problem needs to be addressed, but the following article will provide a technological solution that provides environmental monitoring.

Keywords: Environmental monitoring, mobile stations, portable systems, embedded complex, data transmission

For citation: Akishkin V.G., Gladyshev M.D., Tamkov P.I. Development of a system for chemical and environmental monitoring of the region, based on the analysis of the readings of water and air masses of natural, economic and urban objects. *Yestestvennye nauki = Natural Sciences*. 2022; no. 2(7):27–36. https://doi.org/10.54398/1818507X_2022_2_27.

Введение. Территория Астраханской области, представляет собой особую экологическую зону [13] с множеством различных водоёмов, расположенных на протяжении почти всей местности. Насчитывается около 900 больших и малых пресных водоёмов, что в совокупности с солёными составляет порядка 1 000 [6]. Конечно, в зависимости от сезона, многие из них высыхают или же замерзают, или вовсе сливаются воедино, значимым образом изменяя общее количество, общую протяжённость и сформировавшийся микроклимат. Но при этом существуют отдельные водные бассейны [14], которые являются постоянными на территории региона, качество воды которых напрямую влияет на общее состояние региона. К таким относятся бассейны рек Волги, Ахтубы, Царевф, Кутумф, Болды и многие другие.

Ко всем затронутым и не затронутым водным бассейнам можно отнести следующие особенности [1]:

- каждый водоём имеет особое географическое положение, и свой внутренний микроклимат;
- особые гидрологические режимы — многие водоёмы довольно сильно ограничены по водообмену с основными руслами рек и имеют расслоение по плотностям, затрудняющее вертикальный внутренний водообмен;
- особый сформировавшийся климат, характеризующийся очень жарким и солнечным летом и сопровождающийся большим числом солнечных часов и обильным нагревом воды, вследствие чего происходит формирование микроводорослей, и вода цветёт [24];
- большое число населённых пунктов, расположенных вдоль основного русла реки, а также вблизи иных вод, впадающих в основное русло.

Помимо различных природных влияний на водные ресурсы значимым является человеческое воздействие посредством:

- химического загрязнения, в результате чего значимым образом меняется общий состав воды, среди таких загрязнителей можно выделить: нефтепродукты, пестициды, тяжёлые металлы, щелочи и многое другое;
- физическое изменение посредством строительства различных плотин, инженерных или же иных гидротехнических объектов, в связи с чем происходит изменение естественных условий, в которых происходило формирование местного микроклимата;
- биологические загрязнения посредством значительного увеличения либо уменьшения различных микроорганизмов в связи с нарушением местного микроклимата, вследствие чего наносится ущерб растениям, животным, находящимся на территории конкретного микрорегиона.

Окружающая среда, как было сказано ранее, является неотъемлемой составляющей комфортной и безопасной жизни, необходимо поддерживать её в надлежащем состоянии, в особенности водные ресурсы [2].

Для минимизации негативных последствий вследствие возникновения факторов, негативно влияющих на загрязнённость сформировавшихся водных и воздушных экосистем [3], предлагается использование программно-аппаратных комплексов общего мониторинга [19], позволяющих в режиме реального времени проводить замеры некоторых величин, согласно установленному оборудованию, а также отправлять исходные или же обработанные данные в сертифицированные или же специализированные центры, в которых будут проводиться дальнейшие действия по минимизации, анализу, сбору и учёту всех поступающих данных.

Так как на каждое вещество, встречаемое в открытом водоёме или же воздушных массах, существует в некоторой концентрации, превышая которую начинает пагубно влиять на общее состояние организма человека, то необходимо использовать понятие предельно допустимой концентрации (ПДК).

Лимитная величина данного показателя устанавливается с учётом трёх составляющих [5]: *санитарно-токсикологического, санитарного (общесанитарного), органолептического*, — и выражается с использованием следующей формулы:

$$\frac{C_1}{\text{ПДК}_1} + \frac{C_2}{\text{ПДК}_2} + \frac{C_3}{\text{ПДК}_3} + \dots + \frac{C_n}{\text{ПДК}_n} \leq 1,$$

где C_1, C_2, C_3, C_n — концентрация n вещества, обнаруженного в воде водного объекта, всего согласно стандарту ГН 2.1.5.1315-03 от 30 апреля 2003 г. N 78 числится 1 356 соединений;

$\text{ПДК}_1, \text{ПДК}_2, \text{ПДК}_3, \text{ПДК}_n$ — соответственно, предельно допустимые концентрации тех или иных веществ, обнаруженных в воде;

среднесуточную концентрацию загрязняющих или же загрязняющего вещества определяют по формуле:

$$C_{cc} = C_{\text{мр}}^{0.6} \cdot C_{\text{сг}}^{0.4},$$

где $C_{\text{мр}}$ и $C_{\text{сг}}$ — максимальные разовая и среднегодовые концентрации загрязняющего вещества.

Всего выделяют четыре класса опасности загрязняющих веществ:

- IV класс — умеренно опасные;
- III класс — опасные;
- II класс — высоко опасные;
- I класс — чрезвычайно опасные.

Результат работы. Для мониторинга показателей водный и воздушных масс предлагается внедрение и активная эксплуатация мобильных полуавтономных выносных [21–23] датчиков, базирующихся в отдельных водных и воздушных бассейнах путём встраивания и навешивания на уже существующие структуры, инженерные строения и иные объекты.

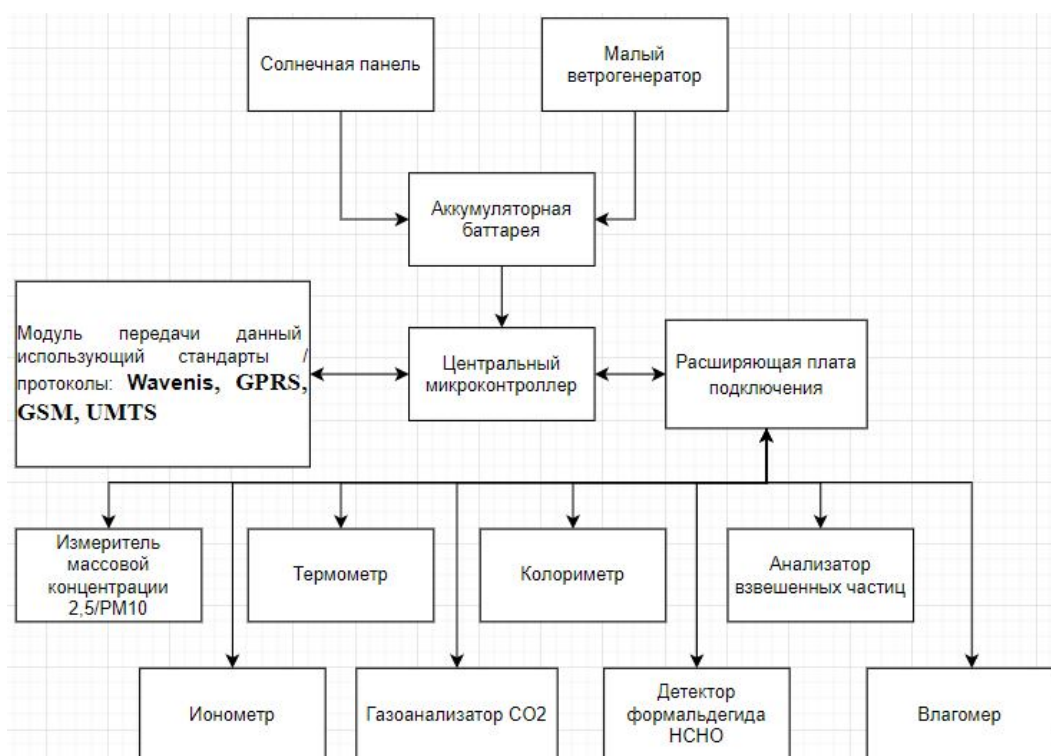


Рисунок 1 — Структурная схема мобильного комплекса

На рисунке 1 показана общая структурная схема, отображающая базовый функционал встраиваемого устройства, помимо указанных датчиков [7], подключаемых к плате расширения, допускается также подключение и другого оборудования, использующего такие стандарты подключения, как TTL, RS485, RS232, SDI, USB, UART, Ethernet [8]. Особенностью описываемой встраиваемой системы является её автономность, обеспечиваемая за счёт предустановленных солнечных панелей и миниатюрного ветрогенератора, которые обеспечивают зарядку мобильных комплексов.

Так как до этого было упомянуто, что в мобильном комплексе [11] будет использована плата расширения, допускающая использование различного стороннего оборудования, то ней должна быть заложена функция, обеспечивающая подключение различного оборудования, использующего несколько стандартных протоколов. В данном случае показана схема (рис. 2),

обеспечивающая работоспособность оборудования, подключаемого по таким стандартам, как USB, UART, Rs232, Rs485, Ethernet [12].

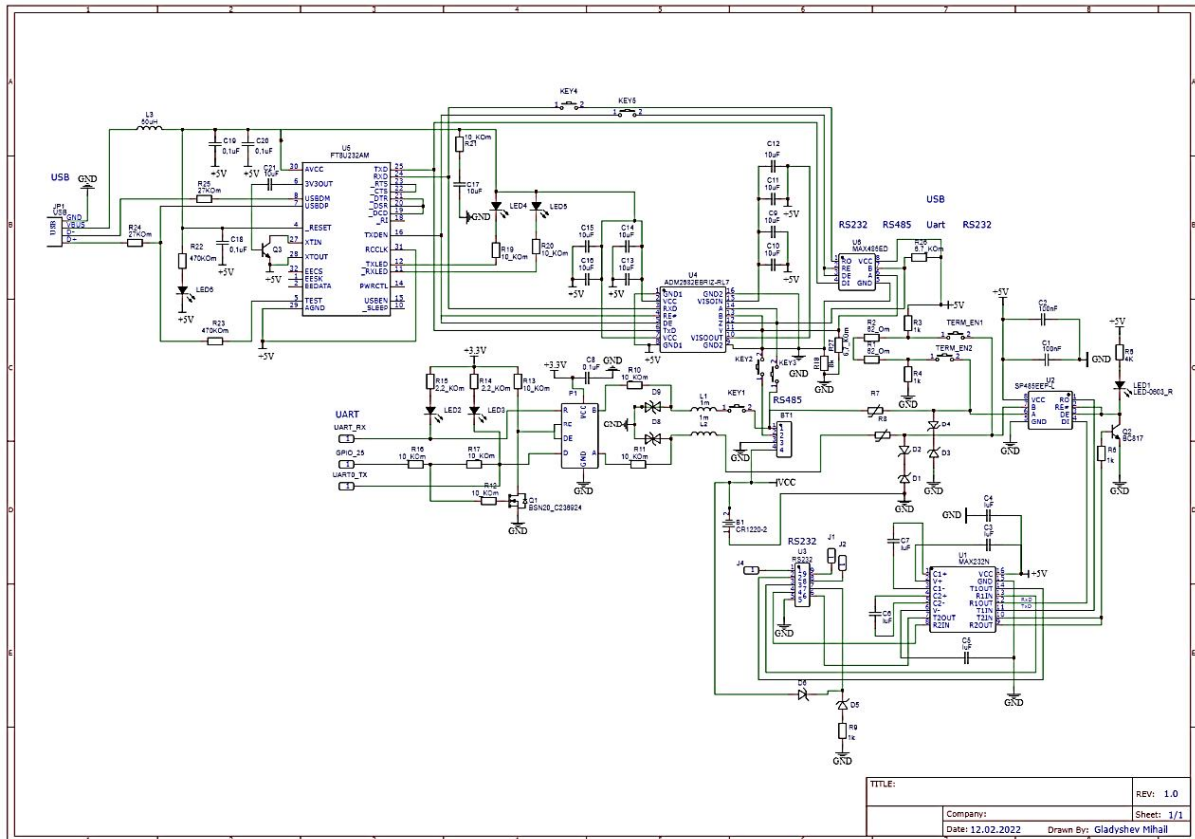


Рисунок 2 — Принципиальная электрическая схема платы расширения

С учётом того, что данные с различных датчиков и сенсоров [9, 10] будут отправляться на центральный компьютер, где будут осматриваться группами экспертов, встаёт вопрос о качественном способе отправке информации. В рамках реализации мобильных систем считывания показателей водных и воздушных масс предлагается использовать протокол TCP (Transmission Control Protocol) [16].

Сам по себе данный протокол является одним из наиболее основных для передачи данных посредством сетей интернета. Основным документ, описывающий протокол — RFC 793, датирующийся сентябрём 1981 г. В данном случае данные передаются в виде пакетов, т. е. они разбиваются на отдельные составляющие, после чего передаются по сети [15] (рис. 3). Но хотелось бы сразу уточнить, что скорость передачи данных зависит от характеристик сети [20] и используемых рабочих станций, а также от методов. В данной случае будет приведён пример с использованием утилиты nuttcp («New TTCP»).

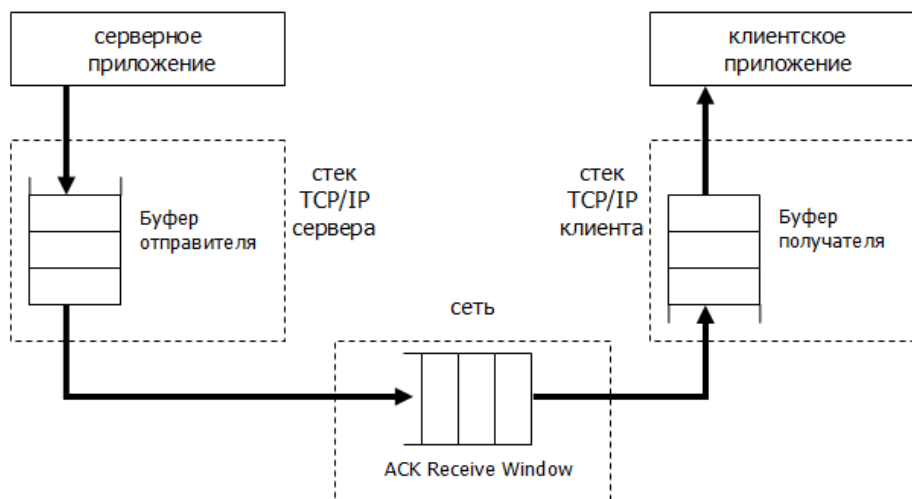


Рисунок 3 — Процесс передачи данных

Тестирование работает по принципу «клиент – сервер». Подключение [17] происходит посредством порта 5000, а передача данных – 5001, для сервера указан #nuttcp-S. Предположим, что используемый нами сервер — FreeDOC — FreeBSD, в роли клиента выступает Windows XP, Ethernet (80–100 Mbps).

Осуществляем проверку производительности:

D:\> nuttcp.exe -w1m 127.0.0.1

103.0348 MB / 10.00 sec = 82.7560 Mbps 19 %TX 12 %RX

Далее, необходимо совершить проверку Download (от сервера к клиенту):

23.0356 MB / 5.00 sec = 39.8934 Mbps

23.0487 MB / 5.00 sec = 40.0182 Mbps

23.0296 MB / 5.00 sec = 39.9143 Mbps

69.3157 MB / 15.00 sec = 38.7852 Mbps 3 %TX 10 %RX

some-unix-client# nuttcp -r -F -i5 -T15 server-ip

238.3450 MB / 5.00 sec = 471.7755 Mbps

455.5380 MB / 15.00 sec = 214.9079 Mbps 26 %TX 39 %RX 3153 host-retrans 0.29 msRTT

После чего проводим аналогичную проверку, но уже от клиента к серверу, тем самым проверяя общую скорость приёма / передачи данных с использованием протокола TCP [18].

Выводы. В процессе реализации системы химико-экологического мониторинга была разработана портативная система, способная к быстрому встраиванию в реально существующие эколого-мониторинговые комплексы. При этом в статье были затронуты вопросы, описывающие тип подключения различного оборудования — датчиков и сенсоров, общую оснастку и тип передачи данных между клиентом и сервером, но при этом опущены моменты, связанные с пользовательским интерфейсом управления системы, информационную защиту отправляемых / получаемых данных, коммерческую сторону вопроса и некоторые другие вопросы, требующие к себе внимание. Подобные аспекты будут затронуты в дальнейших работах, посвящённых

данной тематике. В связи с этим описываемая система требует некоторой доработки для эксплуатации уже на сегодняшний день, но для ближайшего будущего — 6–14 месяцев — программно-аппаратный комплекс реально доработать и описать все незатронутые стороны проекта. В ближайшее время концепция химико-экологического комплекса пройдет проверку на прочность в областном представительстве Роспотребнадзора, после чего будет вынесено решение о целесообразности дальнейшей работы в данном направлении.

Список литературы

1. Митченков, И. Г. Социально-экологический мониторинг территории (комплексная система экологического мониторинга - КСЭМ) / И. Г. Митченков, А. С. Губина, Д. Е. Ушаков // Сборник материалов III Молодежного Экологического Форума, Кемерово, 06–08 октября 2015 года. — Кемерово: Кузбасский государственный технический университет им. Т.Ф. Горбачева, 2015. — С. 50.
2. Чернов, Н. Н. Медико-экологический мониторинг как новая составляющая экологического мониторинга / Н. Н. Чернов, В. А. Черемушкин // Известия ТРТУ. — 2002. — № 6 (29). — С. 110–111.
3. Здоровье человека и биосферы: комплексный медико-экологический мониторинг / Н. А. Агаджанян, О. И. Аптикаева, А. Г. Гамбурцев [и др.] // Экология человека. — 2005. — № 5. — С. 3–9.
4. Пустовойтенко, В. В. Экологический мониторинг морских акваторий: проблемы экологии Черного моря / В. В. Пустовойтенко // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа. — 2004. — № 11. — С. 213–225.
5. Сарсекеева, Г. С. Допустимая антропогенная нагрузка на водные ресурсы / Г. С. Сарсекеева, Л. М. Утепбергенова, Г. М. Абдукаликова // Евразийский союз учёных. — 2019. — № 12–5 (69). — С. 30–34.
6. Безопасность, защита и охрана окружающей природной среды: фундаментальные и прикладные исследования : сб. докл. Всерос. науч. конф., Белгород, 11–15 октября 2021 года. — Белгород : Белгородский гос. технологич. ун-т им. В. Г. Шухова, 2021. — 322 с.
7. Нор, П. Е. Хроматографические и электрохимические методы контроля окружающей среды / П. Е. Нор. — Омск : Омский гос. тех. ун-т, 2015. — 119 с.
8. Карпунин, Я. М. Разработка прибора экспресс контроля и мониторинга прозрачности воды на основе оптического излучения / Я. М. Карпунин, В. В. Никишин // Управление качеством в образовании и промышленности : сб. ст. Всерос. науч.-практич. конф., Севастополь, 17–18 мая 2018 года / отв. ред. М. Н. Белая. — Севастополь : Севастопольский гос. ун-т, 2018. — С. 243–247.
9. Химико-экологическая оценка загрязнения свинцом атмосферы города Тюмени / Е. В. Крестьянникова, В. В. Козлова, Н. С. Ларина, С. И. Ларин // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. — 2015. — Т. 17, № 5–2. — С. 679–684.
10. Ковальчук, Н. В. Химико-экологический мониторинг снегового покрова города Гродно / Н. В. Ковальчук, Е. А. Белова // Биогеохимия химических элементов и соединений в природных средах : мат-лы Междунар. школы-семинара молодых исследователей, Тюмень, 13–16 мая 2014 года / под ред. В. А. Боева, А. И. Сысо, В. Ю. Хорошавина. — Тюмень : Тюменский гос. ун-т, 2014. — С. 197–202.
11. Григорьева, Н. И. Комплексная химико-экологическая оценка состояния бухт Козьмина — Озеро Второе (залив Находка, залив Петра Великого, Японское море) /

Н. И. Григорьева, Д. Л. Питрук // Известия Тихоокеанского научно-исследовательского рыбохозяйственного центра. – 2010. — Т. 162. — С. 225–241.

12. Патент № 2560657 С2 Российская Федерация, МПК F23L 17/00. Установка регулирования концентрации технологических газообразных отходов производства до норм ПДК для действующих заводов: № 2012138550/06: заявл. 10.09.2012: опубл. 20.08.2015 / У. Ц. Кудзиев, Б. У. Соломина, С. А. Соломина.

13. Служко, А. А. Экология Астраханского края : курс лекций / А. А. Служко. — Астрахань : Астраханский ун-т, 2008. — 82 с.

14. Еритенко, А. П. Рыбохозяйственный комплекс Астраханской области и его экологическое нормирование в области обращения с отходами / А. П. Еритенко // Приоритетные научные исследования : сб. ст. Междунар. науч.-практич. конф., Самара, 11 ноября 2017 года. — Самара : Центр научных исследований и консалтинга, 2017. — С. 41–42.

15. Аникеев, Е. А. Сетевые технологии. Применение сетевых технологий : методические указания / Е. А. Аникеев, В. В. Лавлинский. — Воронеж : Воронежский гос. лесотехнич. ун-т им. Г. Ф. Морозова, 2016. — 63 с.

16. Патент № 2550196 С2 Российская Федерация, МПК C02F 1/04. Система контроля загрязнений в системе очистки парообразующей воды : № 2013107909/05 : заявл. 29.03.2011: опубл. 10.05.2015 / К. Джеймс.

17. Барабанов, А. ТСП поверх ТСП – не такая уж плохая идея! / А. Барабанов // Системный администратор. — 2005. — № 12 (37). — С. 76–82.

18. Зверев, А. И. Производительность ТСП на примере сетей, основанных на технологии WIMAX ТСП / А. И. Зверев, И. Д. Данилов // Актуальные проблемы науки в студенческих исследованиях : сб. мат-лов VII Всерос. студ. науч.-практич. конф., Альметьевск, 11–12 мая 2017 года / под общ. ред. С.В. Юдиной. — Альметьевск : Перо, 2017. — С. 257–259.

19. Men, H. A novel electronic tongue combined MLAPS with stripping voltammetry for environmental detection / H. Men, S. Zou, Y. Li, Y. Wang, X. Ye, P. Wang // Sens. Actuators B Chem. — 2005.

20. Yang, Y. J. Real-time contaminant detection and classification in a drinking water pipe using conventional water quality sensors: Techniques and experimental results / Y. J. Yang, R. C. Naught, J. A. Goodrich // J. Env. Manag. — 2009.

21. Capella, J. V. A Wireless Sensor Network approach for distributed in-line chemical analysis of water / J. V. Capella, A. Bonastre, R. Ors, M. Peris. — Talanta, 2010.

22. Martinez-Manez, R. A multisensor in thick-film technology for water quality control / R. Martinez-Manez, J. Soto, E. Garcia-Breijo, L. Gil, J. Ibanez, E. Gadea // Sens. Actuators. A Phys. 2005.

23. Meyer, A. M. Real-time monitoring of water quality to identify pollution pathways in small and middle scale rivers / A. M. Meyer, C. Klein, E. Fünfroeken, R. Kautenburger, H. P. Beck // Sci. Total. Environ. — 2019.

References

1. Mitchenkov, I. G., Gubina, A. S., Ushakov, D. E. Socio-ecological monitoring of the territory (integrated environmental monitoring system - CSEM). *Collection of materials of the III Youth Environmental Forum, Kemerovo, October 06-08, 2015*. Kemerovo: Kuzbass State Technical University named after T. F. Gorbachev, 2015:50.

2. Chernov, N. N., Cheremushkin, V. A. Medico-ecological monitoring as a new component of environmental monitoring. *Izvestiya TRTU = News of TRTU*. 2002; no. 6(29):110–111.

3. Aghajanyan, N. A., Aptikayeva, O. I., Gamburtsev, A. G. [et al.]. Human health and the biosphere: integrated medical and environmental monitoring monitoring. *Jekologija cheloveka = Human Ecology*. 2005; no. 5:3–9.

4. Pustovoitenko, V. V. Ecological monitoring of marine areas: problems of ecology of the Black Sea. *Jekologicheskaja bezopasnost' pribrezhnoj i shel'fovoj zon i kompleksnoe ispol'zovanie resursov shel'fa = Environmental safety of coastal and shelf zones and integrated use of shelf resources*. 2004; no. 11:213–225.

5. Sarsekeeva, G. S., Utepbergenova, L. M., Abdukalikova, G. M. Permissible anthropogenic load on water resources. *EvrAzijskij sojuz uchenyh = Eurasian Union of Scientists*. 2019; no. 12–5(69):30–34.

6. *Safety, protection and protection of the natural environment: fundamental and applied research: Collection of reports of the All-Russian Scientific Conference, Belgorod, October 11–15, 2021*. Belgorod: Belgorod State Technological University named after V. G. Shukhov, 2021; 322 p.

7. Nor, P. E. *Chromatographic and electrochemical methods of environmental control: An educational text electronic publication of local distribution*. Omsk: Omsk State Technical University, 2015; 119 p.

8. Karpunin, Ya. M., Nikishin, V. V. Development of a device for express control and monitoring of water transparency based on optical radiation. *Quality management in education and industry*. Ed. by M. N. Belaya. Sevastopol: Sevastopol State University, 2018:243–247.

9. Krestyanikova, E. V., Kozlova, V. V., Larina, N. S., Larin, S. I. Chemical and ecological assessment of lead pollution of the atmosphere of the city of Tyumen. *Izvestija Samarskogo nauchnogo centra Rossijskoj akademii nauk = Izvestiya Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences*. 2015; vol. 17, no. 5–2:679–684.

10. Kovalchuk, N. V., Belova, E. A. Chemical and ecological monitoring of the snow cover of the city of Grodno. *Biogeochemistry of chemical elements and compounds in natural environments*. Ed. by V. A. Boev, A. I. Syso, V. Yu. Khoroshavin. Tyumen: Tyumen State University, 2014:197–202.

11. Grigorieva, N. I., Pitruk, D. L. Complex chemical and ecological assessment of the state of Kozmina bays - Lake Two (Nakhodka Bay, Peter the Great Bay, Sea of Japan). *Izvestija TINRO (Tihookeanskogo nauchno-issledovatel'skogo rybohoz'jajstvennogo centra) = News of TINRO (Pacific Research Fisheries Center)*. 2010; vol. 162:225–241.

12. Patent No. 6657 C2 Russian Federation, IPC F23L 17/00. *Installation of regulation of the concentration of technological gaseous production waste up to the MPC standards for operating plants: No. 2012138550/06: application 10.09.2012: publ. 20.08.2015 / U. C. Kudziev, B. U. Solomina, S. A. Solomina*.

13. Sluvko, A. A. *Ecology of the Astrakhan Region*. Astrakhan: Astrakhan State University, 2008; 82 p.

14. Yeritenko, A. P. The fishery complex of the Astrakhan region and its environmental regulation in the field of waste management. *Priority scientific research*. Samara: Center for Scientific Research and Consulting, 2017;41–42.

15. Anikeev, E. A., Lavlinsky, V. V., Anikeev, E. A., Lavlinsky, V. V. Network technologies. Application of network technologies. Voronezh: Voronezh State Forestry Engineering University named after G. F. Morozov, 2016; 63 p.

16. Patent No. 2550196 C2 Russian Federation, IPC C02F 1/04. *Pollution control system in the steam-forming water purification system : No. 2013107909/05 : application 29.03.2011: publ. 10.05.2015 / K. James*.

17. Barabanov, A. TCP over TCP is not such a bad idea! *System Administrator*. 2005; no. 12(37):76–82.

18. Zverev, A. I., Danilov, I. D. TCP performance on the example of networks based on WIMAX TCP technology. *Actual problems of science in student research*. Almet'yevsk: Pero, 2017;257–259.

19. Men, H., Zou, S., Li, Y., Wang, Y., Ye, X., Wang, P. A novel electronic tongue combined MLAPS with stripping voltammetry for environmental detection. *Sens. Actuators B Chem.* 2005.

20. Yang, Y. J., Haught, R.C., Goodrich, J.A. Real-time contaminant detection and classification in a drinking water pipe using conventional water quality sensors: Techniques and experimental results. *J Env. Manag.* 2009.

21. Capella, J. V., Bonastre, A., Ors, R., Peris, M. *A Wireless Sensor Network approach for distributed in-line chemical analysis of water.* Talanta 2010.

22. Martinez-Manez, R., Soto, J., Garcia-Breijo, E., Gil, L., Ibanez, J., Gadea, E. A multi-sensor in thick-film technology for water quality control. *Sens. Actuators. A Phys.* 2005.

23. Meyer, A. M., Klein, C., Fünfroeken, E., Kautenburger, R., Beck, H. P. Real-time monitoring of water quality to identify pollution pathways in small and middle scale rivers. *Sci. Total. Environ.* 2019.

Информация об авторах

Акишкин В. Г. — и. о. заведующего кафедрой систем и технологий цифровой медицины;

Гладышев М. Д. — магистрант;

Тамков П. И. — магистрант.

Information about the authors

Akishkin V. G. — acting Head of the Department of Systems and Technologies of Digital Medicine;

Gladyshev M. D. — undergraduate;

Tamkov P. I. — undergraduate.

Вклад авторов

Все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors

The authors contributed equally to this article. The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 18.04.2022; одобрена после рецензирования 21.04.2022; принята к публикации 26.04.2022.

The article was submitted 18.04.2022; approved after reviewing 21.04.2022; accepted for publication 26.04.2022.