

ISSN 2306-6229

**Вестник
Сыктывкарского
университета**

СЕРИЯ 2

**ЕСТЕСТВОЗНАНИЕ
МЕДИЦИНА**

4(32)2024

Вестник Сыктывкарского университета (научный журнал)	Серия 2 Естествознание Медицина	Выпуск 4(32) 2024
--	--	--

СОДЕРЖАНИЕ

СТАТЬИ

Паразитология / Parasitology

Каримов С. Б., Доровских Г. Н., Баротова Ф. М., Махмудов А. М. Современное состояние паразитофауны *Rutilus rutilus aralensis* Berg 1932 из водохранилища Бахри Точик

Karimov S. B., Dorovskikh G. N., Barotova F. M., Makhmudov A. M. The current state of the parasitofauna *Rutilus rutilus aralensis* Berg 1932 from the Bahri Tochik reservoir 6

Медицина / Medicine

Ильиных Е. И., Мишенева Е. А., Епифанова Е. А., Корелина А. И. Болтунов К. С., Дорохин Н. Р., Северина А. Д., Целоусова М. А. Диагностические проблемы и неправильные первоначальные диагнозы у пациентов с тромбозом легочной артерии

Ilinykh E. I., Misheneva E. A., Epifanova E. A., Korelina A. I. Boltunov K. S., Dorokhin N. R., Severina A. D., Tselousova M. A. Diagnostic problems and initial misdiagnoses in patients with pulmonary embolism 26

Экология / Ecology

Доровских Г. Н. Распределение моногены *Tetraonchys borealis* (Ollson, 1893) на жабрах хариуса *Thymallus thymallus* (Linnaeus, 1758)

Dorovskikh G. N. Distribution of *Tetraonchus borealis* monogenes (Olson, 1893) on the gills of grayling *Thymallus thymallus* (Linnaeus, 1758) 35

Джумаев А. Я. Солнечно-водородная система для энергоснабжения удаленных населенных пунктов

Jumayev A. Y. Solar-hydrogen system for energy supply to remote communities 46

Данатарова М. С., Язлыева С. М. Возможности отопления солнечной энергией промышленных объектов Туркменистана

Danatarova M. S., Yazlyyeva S. M. Possibilities of solar energy heating of industrial facilities in Turkmenistan 54

Нурбердыев Р., Какабаев С. Г., Дурдыева Г. Ч., Сапарова А. Ч. Зеленая химия и способы производства малоклинкерного цемента

Nurberdyev R., Kakabaev S. G., Durdyeva G. Ch., Saparova A. Ch. Green chemistry and methods of producing low-clinker cement 60

Бабаев Б. М., Эсенова А. Будущее энергетики Туркменистана: внутренние инновации и региональное сотрудничество	
<i>Babayev B. M., Esenova A.</i> The future of energy sector of turkmenistan: internal innovation and regional cooperation	66
Абдыкадырова О. Н., Алланов Б. Ш. Оценка повышения качества энергии, производимой из альтернативных источников энергии	
<i>Abdykadyrova O. N., Allanov B. Sh.</i> Assessment of improving the quality of energy produced from alternative energy sources	70
Батманов Д. Х., Агаджанов А. М., Нурмырадова Д. О. Обоснование возможностей изготовления и применения в местных условиях смазочно-охлаждающих жидкостей	
<i>Batmanov Ju. H., Agadzhanov A. M., Nurmyradova D. O.</i> Justification of the possibilities of manufacturing and using cutting fluids in local conditions	74
Педагогика / Pedagogy	
Ширлиева О., Гурбанова Г., Бегендигов Д. Основы создания комплекса образовательных методик по предмету «Альтернативные источники энергии»	
<i>Shirliyeva. O, Gurbanova. G, Begendikov. D.</i> The basics of creating a set of educational methods on the subject of "Alternative energy sources"	80
Экспедиционная жизнь / Expedition life	
Доровских Г. Н. Река каменных идолов	86

УЧРЕДИТЕЛЬ И ИЗДАТЕЛЬ:

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Сыктывкарский государственный университет имени Питирима Сорокина»
(167001, Республика Коми, г. Сыктывкар, Октябрьский просп., д. 55)

Вестник Сыктывкарского университета. Серия 2: Естествознание. Медицина.
Сыктывкар: Изд-во СГУ им. Питирима Сорокина, 2024. Выпуск 4 (32). 92 с.

Зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор). Свидетельство ПИ № ФС77-80688 от 23.03.2021.

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР

Г. Н. Доровских, д-р биол. наук, профессор, ФГБОУ ВО «Сыктывкарский государственный университет имени Питирима Сорокина», Институт социальных технологий, кафедра безопасности жизнедеятельности и физической культуры, профессор (Сыктывкар, Россия)

ЗАМЕСТИТЕЛИ ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА:

Т. В. Разина, д-р психол. наук, доцент, член-корреспондент Российской академии образования, проректор по развитию НАНО ВО «Институт мировых цивилизаций»
(Москва, Россия)

Г. О. Пенина, д-р мед. наук, профессор, ФГБОУ ДПО «Санкт-Петербургский институт усовершенствования врачей-экспертов Министерства труда РФ», проректор по учебной и научной работе, профессор кафедры неврологии, медико-социальной экспертизы и реабилитации, д-р мед. наук, ФГБОУ ВО «Сыктывкарский государственный университет имени Питирима Сорокина», Медицинский институт, зав. кафедрой неврологии, психиатрии и специальных клинических дисциплин, профессор (Санкт-Петербург, Сыктывкар, Россия)

РЕДКОЛЛЕГИЯ СЕРИИ 2

А. В. Адрианов, д-р мед. наук, доцент, ФГБОУ ДПО «Санкт-Петербургский институт усовершенствования врачей-экспертов Министерства труда РФ», зав. кафедрой педиатрии, медико-социальной экспертизы и реабилитации детей-инвалидов, д-р мед. наук, доцент. Главный внештатный детский кардиолог Комитета по здравоохранению Санкт-Петербурга
(Санкт-Петербург, Россия)

Е. А. Володарская, д-р психол. наук, ФГБУН «Институт истории естествознания и техники имени С. И. Вавилова Российской академии наук», ведущий научный сотрудник Центра истории организации науки и науковедения (Москва, Россия)

В. Н. Воронин, д-р биол. наук, доцент ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины», кафедра аквакультуры и болезней рыб, профессор
(Санкт-Петербург, Россия)

Т. А. Воронова, д-р психол. наук, доцент, ФГБОУ ВО «Иркутский государственный медицинский университет», кафедра клинической, социальной психологии и гуманитарных наук, зав. кафедрой, профессор (Иркутск, Россия)

Н. Д. Джига, д-р психол. наук, профессор кафедры практической психологии, доцент, Учреждение образования «Барановичский государственный университет», Республика Беларусь, кафедра практической психологии и физического воспитания, г. Барановичи; УО «Белорусский государственный университет культуры и искусств», г. Минск, кафедра культурологии и психолого-педагогических дисциплин, профессор кафедры
(Минск, Республика Беларусь)

О. В. Ермакова, д-р биол. наук, старший научный сотрудник Института биологии Коми научного центра Уральского отделения Российской академии наук — обособленное подразделение ФГБУН ФИЦ «Коми научный центр Уральского отделения Российской академии наук»
(Сыктывкар, Россия)

О. Н. Жигилева, д-р биол. наук, доцент, профессор кафедры экологии и генетики Института биологии ФГАОУ ВО «Тюменский государственный университет»
(Тюмень, Россия)

- А. Е. Жохов**, д-р биол. наук, ФГБУН «Институт биологии внутренних вод имени И. Д. Папанина», зав. лабораторией экологической паразитологии (Борок, Россия)
- А. Н. Захарова**, канд. психол. наук, ФГБОУ ВО «Чувашский государственный университет имени И. Н. Ульянова», доцент кафедры социальной и клинической психологии, заместитель декана по науке факультета управления и социальных технологий (Чебоксары, Россия)
- Е. П. Иешко**, д-р биол. наук, профессор Института биологии — обособленное подразделение ФГБУН ФИЦ «Карельский научный центр Российской академии наук», главный научный сотрудник лаборатории паразитологии животных и растений (Петрозаводск, Россия)
- Е. И. Ильиных**, канд. мед. наук, доцент, кафедра терапии ФГБОУ ВО «Сыктывкарский государственный университет имени Питирима Сорокина» (Сыктывкар, Россия)
- Л. И. Иржак**, действительный член Российской академии естественных наук, д-р биол. наук, профессор, ФГБОУ ВО «Сыктывкарский государственный университет имени Питирима Сорокина», руководитель и главный научный сотрудник Научно-исследовательской лаборатории «Проблемы гипоксии» (Сыктывкар, Россия)
- И. М. Каганцов**, д-р мед. наук, доцент, главный научный сотрудник НИЛ хирургии врожденной и наследственной патологии, Институт перинатологии и педиатрии, ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр имени В. А. Алмазова» МЗ РФ; ФГБОУ ВО «Сыктывкарский государственный университет имени Питирима Сорокина», Медицинский институт, кафедра хирургии, профессор (Санкт-Петербург, Сыктывкар, Россия)
- С. Л. Кандыбович**, д-р психол. наук, профессор, академик Российской академии образования, заслуженный деятель науки РФ, ведущий научный сотрудник Научно-образовательного центра практической психологии и психологической службы ФГБОУ ВО «Рязанский государственный университет имени С. А. Есенина» (Рязань, Россия)
- Д. А. Красавина**, д-р мед. наук, профессор, ФГБУ ДПО СПБИУВЭК Минтруда России, зав. кафедрой, профессор ФГБОУ ВО СПбГПМУ Минздрава России, профессор (Санкт-Петербург, Россия)
- О. Н. Курочкина**, д-р мед. наук, доцент, ФГБОУ ВО «Сыктывкарский государственный университет имени Питирима Сорокина», Медицинский институт, профессор кафедры терапии (Сыктывкар, Россия)
- Л. Е. Лукьянова**, д-р биол. наук, ФГБУН «Институт экологии растений и животных УрО РАН», ведущий научный сотрудник (Екатеринбург, Россия)
- И. С. Луцкий**, д-р мед. наук, доцент, ГОУ ВПО «Донецкий национальный медицинский университет имени М. Горького», зав. кафедрой детской и общей неврологии Факультета интернатуры и последипломного образования (Донецк, ДНР)
- В. В. Мазур**, канд. геогр. наук, начальник отдела планирования и организации научно-исследовательской деятельности, преподаватель колледжа экономики, права и информатики (Сыктывкар, Россия)
- А. Л. Максимов**, д-р мед. наук, профессор, член-корреспондент РАН, ФГБУН «Институт физиологии Коми НЦ УрО РАН», главный научный сотрудник (Сыктывкар, Россия)
- А. Ю. Мейгал**, д-р мед. наук, профессор, ФГБОУ ВО «Петрозаводский государственный университет», медицинский институт, кафедра физиологии человека и животных, патофизиологии, гистологии, зав. кафедрой (Петрозаводск, Россия)
- Г. М. Насыбуллина**, д-р мед. наук, профессор, ФГБОУ ВО «Уральский государственный медицинский университет» Минздрава России, зав. кафедрой гигиены и экологии (Екатеринбург, Россия)
- В. П. Никишин**, д-р биол. наук, старший научный сотрудник, ФГБУН «Институт биологических проблем Севера Дальневосточного отделения Российской академии наук», главный научный сотрудник (Магадан, Россия)
- В. П. Нужный**, д-р мед. наук, доцент, старший научный сотрудник, ФГБУН «Институт физиологии Коми НЦ УрО РАН» (Сыктывкар, Россия)
- А. М. Поляков**, д-р психол. наук, доцент, Белорусский государственный университет, кафедра общей и медицинской психологии, зав. кафедрой (Минск, Республика Беларусь)
- О. Н. Попова**, д-р мед. наук, доцент, ФГБОУ ВО «Северный государственный медицинский университет», кафедра гигиены и медицинской экологии, профессор (Архангельск, Россия)

О. В. Рогачевская, канд. биол. наук, доцент, ФГБОУ ВО «Сыктывкарский государственный университет имени Питирима Сорокина», Институт социальных технологий, кафедра безопасности жизнедеятельности и физической культуры, зав. кафедрой БЖ и ФК (Сыктывкар, Россия)

Н. И. Романчук, канд. с.-х. наук, доцент, ФГБОУ ВО «Сыктывкарский государственный университет имени Питирима Сорокина», Институт социальных технологий, кафедра безопасности жизнедеятельности и физической культуры (Сыктывкар, Россия)

О. Т. Русинек, д-р биол. наук, ФГБНУ «Байкальский музей Иркутского научного центра», главный научный сотрудник; ФГБОУ ВО «Иркутский государственный университет», Географический факультет, кафедра гидрологии и природопользования, профессор (Иркутск, Россия)

В. Г. Сварич, д-р мед. наук, ФГБОУ ВО «Сыктывкарский государственный университет имени Питирима Сорокина», медицинский институт, кафедра хирургии, профессор, зав. хирургическим отделением ГУ «Республиканская детская клиническая больница г. Сыктывкара» (Сыктывкар, Россия)

Е. С. Слепович, чл.-корр. Академии образования Республики Беларусь, д-р психол. наук, профессор, Белорусский государственный университет, кафедра общей и медицинской психологии, профессор (Минск, Республика Беларусь)

Ю. Г. Солонин, д-р мед. наук, профессор, действительный член (академик) Международной академии наук экологии и безопасности жизнедеятельности, ФГБУН «Институт физиологии Коми НЦ УрО РАН», ФИЦ Коми НЦ УрО РАН, отдел экологической и медицинской физиологии, главный научный сотрудник; ФГБОУ ВО «Сыктывкарский государственный университет имени Питирима Сорокина», Медицинский институт, кафедра биохимии и физиологии (Сыктывкар, Россия)

Г. А. Фофанова, канд. психол. наук, доцент, Белорусский государственный университет, факультет философии и социальных наук, доцент кафедры социальной и организационной психологии, заместитель декана по научной работе факультета философии и социальных наук (Минск, Республика Беларусь)

Адрес редакции:

167001, Республика Коми, Сыктывкар, Октябрьский пр., 55
Тел./факс (8212) 390-309

Редактор Е. М. Насирова
Корректор О. В. Габова
Верстка и компьютерный макет А. А. Ергаковой
Выпускающий редактор Л. Н. Руденко

Подписано в печать 19.11.2024. Дата выхода в свет 06.12.2024.
Формат 70×108/16. Усл.-печ. л. 10,6.
Заказ № 92. Тираж 50 экз.

Отпечатано в соответствии с предоставленными материалами
в ООО «Коми республиканская типография»
167982, Республика Коми, г. Сыктывкар, ул. Савина, 81
Тел. 8(8212)-28-46-60.
Сайт: komitip.ru 2021

Научная статья / Article

УДК: 576.8

<https://doi.org/10.34130/2306-6229-2024-4-6>

**Современное состояние паразитофауны *Rutilus rutilus aralensis* Berg 1932
из водохранилища Бахри Точик**

**Саид Бабаевич Каримов¹, Геннадий Николаевич Доровских²,
Фируза Мавлоновна Баротова¹, Ахмаджон Максудович Махмудов¹**

¹ Худжандский государственный университет имени академика Б. Гафурова, Худжанд, Таджикистан, karimov7227@mail.ru

² Сыктывкарский государственный университет имени Питирима Сорокина, Сыктывкар, Россия, dorovskg@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0001-7502-8989>

Аннотация. К настоящему времени у плотвы водохранилища Бахри Точик зарегистрировано 39 видов паразитов. Часть из них (8 видов) в 2020-х гг., несмотря на значительное число вскрытых особей плотвы (180 экз.), не обнаружена. Зато в эти годы у плотвы появились 8 видов микоспоридий, гвоздичник *Sarogorphyllaeus laticers*, 7 видов трематод, в том числе виды, использующие в качестве окончательного хозяина рыбающих птиц, 2 вида нематод, и рачок *Ergasilus briani*. В 2021–2022 гг. у плотвы этого водохранилища отметили 28 видов инвадентов. В июне 2022 г. у плотвы в районе кишлака Чехонзоб нашли пиявку *Limnotrachelobdella turkestanica*.

В октябре 2023 г. у карася *Carassius gibelio* (Bloch, 1782) из водохранилища обнаружены плероцеркоиды *Ligula intestinalis*. С этой находкой, наверняка, связано и появление в Кайраккумском водохранилище нематоды *Philometra ovata*, самки которой завершают цикл только при одновременном заражении рыбы плероцеркоидами *L. intestinalis* или *Digamma interrupta*.

В ноябре 2023 г. в водохранилище отмечен узкопалый речной рак *Pontastacus leptodactylus*. В верховьях водоема его плотность достигала 15–18 экз./м².

Отмечены региональные различия в паразитофауне плотвы водохранилища.

В целом можно заключить, что трансформация экосистемы Кайраккумского водохранилища продолжается. Экологическая ситуация, видимо, стабилизируется, возможно, даже улучшается, видовое разнообразие гидрофауны водоема увеличивается.

Ключевые слова: плотва, *Rutilus rutilus aralensis*, паразиты рыб, водохранилище Бахри Точик, Кайраккумское водохранилище, Таджикистан

Для цитирования: Каримов С. Б., Доровских Г. Н., Баротова Ф. М., Махмудов А. М. Современное состояние паразитофауны *Rutilus rutilus aralensis* Berg 1932 из водохранилища Бахри точик // Вестник Сыктывкарского университета. Серия 2: Естественные науки. Медицина. 2024. № 4 (32). С. 6–25. <https://doi.org/10.34130/2306-6229-2024-4-6>

**The current state of the parasitofauna *Rutilus rutilus aralensis* Berg 1932
from the Bahri Tochik reservoir**

**Said B. Karimov¹, Gennady N. Dorovskikh², Firuza M. Barotova¹,
Akhmadjon M. Makhmudov¹**

¹ Khujand State University named after acad. B. Gafurov, pr. Mavlombekova, Tajikistan, karimov7227@mail.ru

² Pitirim Sorokin Syktyvkar State University, Syktyvkar, Russia, dorovskg@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0001-7502-8989>

Abstract. To date, 39 species of parasites have been registered in the roach of the Bahri Tojik reservoir. Some of them (8 species) were not found in the 2020s, despite a significant number of dissected roach individuals (180 specimens). But during these years, roach has 8 species of myxosporidia, carnation *Caryophyllaeus laticeps*, 7 species of trematodes, including species using fish-eating birds as the final host, 2 species of nematodes, and the crustacean *Ergasilus briani*. In 2021-2022, 28 species of invaders were noted in the roach of this reservoir. In June 2022 *Limnotrachelobdella turkestanica* leech was found near a roach in the area of the village of Chehonzeb.

In October 2023, plerocercoids *Ligula intestinalis* were found in the crucian carp *Carassius gibelio* (Bloch, 1782) from the reservoir. The appearance of the nematode *Philometra ovata* in the Kayrakkum reservoir is probably connected with this find. The females of which complete the cycle only with simultaneous infection of fish with plerocercoids *L. intestinalis* or *Digramma interrupta*.

In November 2023, the narrow-toed crayfish *Pontastacus leptodactylus* was recorded in the reservoir. In the upper reaches of the reservoir, its density reached 15-18 copies /m².

Regional differences in the parasitofauna of the reservoir roach are noted.

In general, it can be concluded that the transformation of the ecosystem of the Kayrakkum reservoir continues. The ecological situation is apparently stabilizing, perhaps even improving, and the species diversity of the reservoir's hydrofauna is increasing.

Keywords: roach, *Rutilus rutilus aralensis*, fish parasites, Bahri tochik reservoir, Kayrakkum reservoir, Tajikistan.

For citation: Karimov S. B., Dorovskikh G. N., Barotova F. M., Makhmudov A. M. The current state of the parasitofauna *Rutilus rutilus aralensis* Berg 1932 from the Bahri Tochik reservoir. *Vestnik Syktyvkar'skogo universiteta. Seriya 2: Estestvoznaniye. Medicina = Syktyvkar University Bulletin. Series 2: Natural science. Medicine.* 2024. 4 (32): 6–25. (In Russ.) <https://doi.org/10.34130/2306-6229-2024-4-6>

Введение. Водохранилище Бахри Точик, или Таджикское море (тадж. Бахри Точик; до 2016 г. Кайраккумское водохранилище), находится в Согдийской области Таджикистана и Ферганской области Узбекистана (небольшой участок на востоке). Кайраккумское водохранилище образовано плотиной и ГЭС, возведёнными для регулирования стока р. Сырдарья. Заполнение водохранилища водой началось еще в 1950-х гг. [1; 2]. Плотина Кайраккум построена перед выходом реки на равнинную территорию. Кайраккумское водохранилище относится к равнинноречным озеровидным рекообразным [3].

Подробная характеристика водохранилища и современное состояние его ихтиопаразитофауны даны ранее [4].

Эта работа посвящена изучению становления паразитофауны наиболее массового вида рыб, а именно аральской плотвы *Rutilus rutilus aralensis* Berg 1932, за период от момента начала формирования Кайраккумского водохранилища в 1950-х и по 2021–2022 гг.

Аральская плотва — одна из 36 видов рыб, обитающих в Кайраккумском водохранилище. Благодаря своей пластичности плотва широко распространена в водоёмах Средней Азии, в частности в водохранилищах Фархадском и Бахри Точик, относящихся к бассейну р. Сырдарья, а также в озёрах, каналах и родниках, являясь основной промысловой частью рыбной и кормовым объектом ценных хищных рыб водоемов Таджикистана [5; 6].

Становление паразитофауны этого вида рыб исследована довольно хорошо, вплоть до 1980-х гг. включительно [7–10].

Материал и методы. Сбор материала осуществлен в 2021–2022 гг. методом полного паразитологического вскрытия рыб [11]. Плотва отловлена из водохранилища Бахри Точик (рис. 1) у кишлаков Махрам (верхняя часть водохранилища), Чахонзеб (средняя часть) и Санчидзор (приплотинная зона водохранилища). Объем материала и время вылова рыбы указаны в таблице.

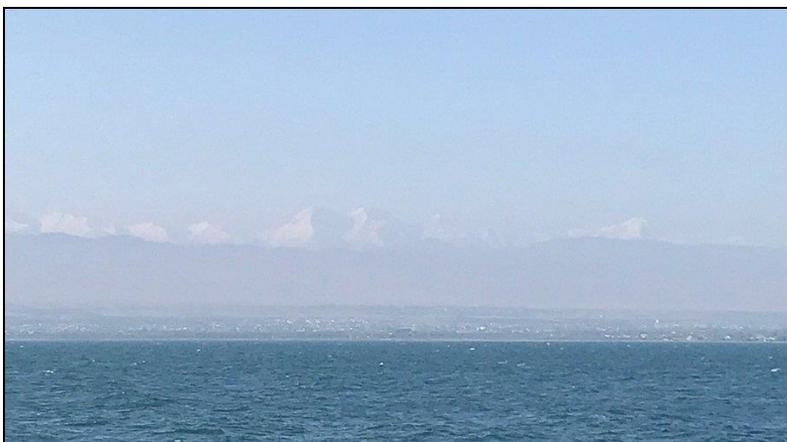
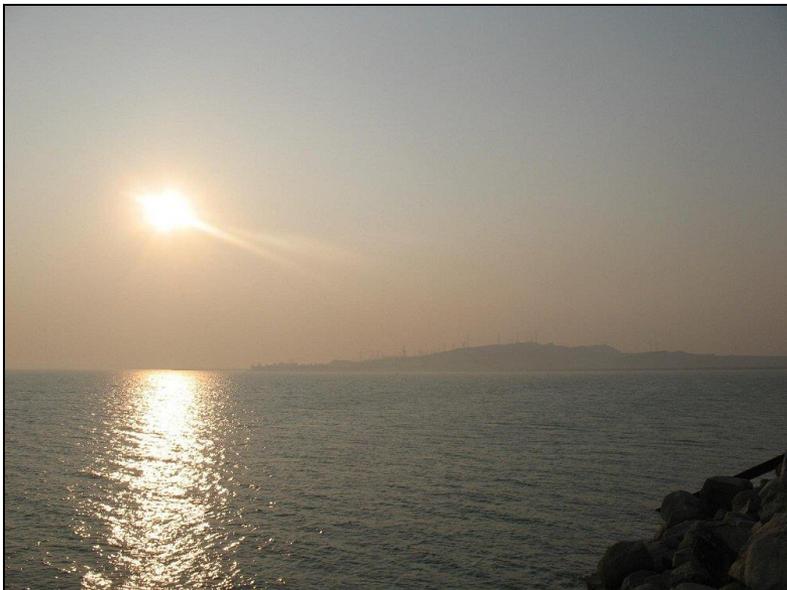


Рис. 1. Общий вид водохранилища Бахри Точик (по: [12])

Результаты. К настоящему моменту у плотвы Кайраккумского водохранилища зарегистрировано 39 видов паразитов (см. табл.). Часть из них (8 видов) в 2020-х гг., несмотря на значительное число вскрытых особей плотвы (180 экз.), не обнаружена. Зато в эти годы у плотвы появились 8 видов микроспоридий, гвоздичник *Caryophyllaeus laticeps* (Pallas, 1781), 7 видов трематод, в том числе виды, использующие в качестве окончательного хозяина рыбадных птиц, 2 вида нематод, и рачок *Ergasilus briani* Markewitsch, 1932. В 2021–2022 гг. у плотвы этого водохранилища отметили 28 видов инвадентов. В июне 2022 г. у плотвы в районе кишлака Чехонзёб нашли пиявку *Limnotrachelobdella turkestanica* (Stschegolew, 1912) (syn. *Trachelobdella turkestanica* Stschegolew, 1912).

Обсуждение. Вплоть до 2000-х гг. у плотвы Кайраккумского водохранилища видовое разнообразие паразитов оставалось небольшим. Некоторые виды инвадентов выпадали, другие появлялись. Это вполне объяснимо. Действительно, зарегулирование стока р. Сырдарья и возникновение водохранилища вследствие сооружения плотины явилось причиной существенных изменений в ее экосистеме. Изменение гидрологического и гидробиологического режима привело к нарушению исходных биоценозов, формированию новых сообществ с новой видовой структурой и численностью гидробионтов.

В начале формирования водохранилища в составе паразитофауны плотвы присутствовали такие виды, как *Gryporhynchus pusillus* Nordman, 1832, *Contraecum microcephalum* (Rudolphi, 1819), *Piscicola geometra* (Linnaeus, 1761), исчезнувшие к 1970-м гг.

Окончательными хозяевами первых двух видов являются рыбадные птицы. У *G. pusillus* — серая цапля *Ardea cinerea* Linnaeus, 1758 [13] и большая белая цапля *Ardea alba* Linnaeus, 1758 [14]. У *C. microcephalum* дефинитивные хозяева — цапли, кваква *Nycticorax nycticorax* (Linnaeus, 1758), бакланы *Phalacrocorax* Brisson, 1760, первые промежуточные — веслоногие рачки *Soropoda* Milne-Edwards, 1840 [15].

Одной из причин исчезновения вышеуказанных видов паразитов является затопление в период формирования водохранилища привычных мест гнездования птиц — хозяев *G. pusillus* и *C. microcephalum*. Кроме того, выпадение видов цестод в Кайраккумском водохранилище, промежуточными хозяевами которых большей частью служат веслоногие раки *Soropoda* Milne-Edwards, 1840, объясняется незначительной численностью последних в этом водоеме в отличие от Красноярского водохранилища, где они составили основу (78 % общей численности) рачкового зоопланктона [16]. Рачковый планктон водохранилища Бахри Точик представлен преимущественно ветвистоусыми рачками *Cladocera* Latreille, 1829 [17], которые, как правило, не являются промежуточными хозяевами паразитов рыб.

Загадкой является исчезновение пиявки *P. geometra*. Не нашли ее в 2017 г. и у сазана *Cyprinus carpio* Linnaeus, 1758 из этого водохранилища [18], а также в 2020 г. у маринки обыкновенной *Schizothorax intermedius* McClelland, 1842 из р. Исфара [19]. Учитывая особенности биологии *P. geometra*, а именно то, что она откладывает коконы на дно водоема, водоросли и другие подводные предметы, иногда на берег, в сырую почву [20], дать объяснение ее исчезновению пока затруднительно. Вполне возможно ее сохранение в водохранилище на крайне низком уровне численности. Такая возможность отмечена для этого вида в бассейне р. Вычегды (приток р. С. Двины), где он отмечен дважды с перерывом в 34 года [21], хотя сбор ихтиопаразитологического материала осуществляли все эти годы.

Позже из состава паразитофауны плотвы выпали такие виды, как *Muxobolus dogieli* I. et B. Vychowsky, 1940, *M. carassii* Klokačeva, 1914, *Dactylogyrus sphyrna* Linstow, 1878, *D. Turalensis* Aligadzhiev, Gussev et Kazieva, 1984, рачок *Lamproglana pulchella* Nordmann, 1832.

За последние годы появились многочисленные свидетельства строгой хозяйной и тканевой специфичности у микроспоридий, особенно р. *Muxobolus* Bütschli, 1882, подтвержденные на молекулярно-генетическом уровне, что послужило основанием для переопределения видов микроспоридий, особенно с широким кругом хозяев, на основании современного, комплексного диагностического подхода [22]. Уточнили их систематическую при-

надлежность: тип Мухозоа Grasse, 1970; класс Мухоспора Bütschli, 1881; отряд Bivalvulida Schulman, 1959; подотряд Platysporina Kudo, 1919, emend. Schulman, 1959; сем. Мухоболидае Thélohan, 1892 [23]. Мухозоа принадлежат к Cnidaria Hatschek, 1888 [24].

По сообщению О. Н. Бауера с соавторами [25], *M. dogieli* является специфичным паразитом *C. carpio*, образующим большие цисты, похожие на колбаски внутри и вне сердца рыбы.

Таблица

Паразитофауна плотвы *Rutilus rutilus aralensis* Berg 1932 водохранилища Бахри Точик

Вид паразита	1957–1966 n=58 (no: [7; 8])	1972 n=15 июль– август (no: [9])	1991–2003 n=43 (no: [10])	2021–2022		
				Чахонзёб n=143 май– ноябрь	Санчидзор n=15 июнь	Махрам n=22 сентябрь
1	2	3	4	5	6	7
<i>Myxidium pfeifferi</i> Auerbach, 1908	-	-	-	94.3(?)	93.3(?)	91.0(?)
<i>M. macrocapsulare</i> Auerbach, 1910	-	-	-	12.6(?)	-	18.0(?)
<i>Zschokkella nova</i> Klokačeva, 1914	-	-	-	6.3(?)	13.3(?)	-
<i>Chloromyxum fluviatile</i> Thélohan, 1892	-	-	-	17.3(?)	13.3(?)	-
<i>Myxobolus dogieli</i> l. et B. Bychowsky, 1940	3.4(1.5)	20(?)	-	-	-	-
<i>M. muelleri</i> Bütschli, 1882	-	-	-	45.5(?)	53.3(?)	18.0(?)
<i>M. bramae</i> Reuss, 1906	-	-	-	14.0(?)	-	-
<i>M. dispar</i> Thélohan, 1895	-	-	-	18.2(?)	80.0(?)	-
<i>M. carassii</i> Klokačeva, 1914	8.6(4.6)	13.3(?)	10.6(?)	-	-	-
<i>M. pseudodispar</i> Gorbunova, 1936	-	-	-	68.6(?)	80.0(?)	72.0(?)
<i>Dactylogyrus yinwenyingae</i> Gussev, 1962	-	6.6(1)*	9.3(0.1)	4.2(1.3)	13.3(1.0)	-
<i>D. sphyrna</i> Linstow, 1878	-	6.6(1)	-	-	-	-
<i>D. similis</i> Wegener, 1910	-	-	-	2.1(10.5)	-	-
<i>D. fallax</i> Wagener, 1857	-	-	-	10.5(5.1)	-	-
<i>D. nanus</i> Dogiel et Bychowsky, 1934	22.4(1.4)	26.6(?)	72.1(28.5)	27.3(5.9)	13.3(5.5)	-
<i>D. crucifer</i> Wagener, 1857	-	66.6(?)	-	51.8(28.2)	73.3(11.6)	4.5(2.0)
<i>D. turaliensis</i> Aligadzhev, Gussev et Kazieva, 1984	81.4(35.5)	-	90.7(44.6)	-	-	-
<i>Gyrodactylus prostate</i> Ergens, 1963	-	-	-	3.5(1.3)	-	-
<i>Paradiplozoon homioion homioion</i> (Bychowsky et Nagibina, 1959)	-	-	30.2(0.6)	32.2(1.8)	73.3(2.0)	31.5(1.4)

1	2	3	4	5	6	7
<i>Diplozoon sp.</i>	-	13.3(?)	-	-	-	-
<i>Caryophyllaeus laticeps</i> (Pallas, 1781)	-	-	-	7.0(1.1)	-	13.5(3.3)
<i>Gryporhynchus pusillus</i> Nordman, 1832	1.7(0.02)	-	-	-	-	-
<i>Phyllodistomum elongatum</i> Nybelin, 1926	-	-	-	11.2(4.1)	6.6(2.0)	-
<i>Allocreadium montanum</i> Sidorov et Butenko, 1960	-	-	-	7.0(6.5)	6.6(13.0)	9.0(2.0)
<i>Rhipidocotyle campanula</i> (Dujardin, 1845)	-	-	-	4.9(12.0)	6.6(2.0)	95.5(28.0)
<i>Diplostomum spathaceum</i> (Rudolphi, 1819)	-	-	-	36.4(1.9)	-	27.0(1.4)
<i>Diplostomum sp.</i>	-	-	4.6(0.7)	-	-	-
<i>Tylocephalus clavata</i> (Nordmann, 1832)	-	-	-	2.1(2.3)	-	-
<i>Ichthyocotylurus erraticus</i> (Rudolphi, 1809)	-	-	-	1.4(1.0)	-	-
<i>Capillaria tomentosa</i> Dujardin, 1843	-	-	-	3.5(1.5)	-	-
<i>Rhabdochona longicauda</i> Dzhaliyov, 1964	-	-	-	-	-	13.5(1.0)
<i>Philometra ovata</i> (Zeder, 1803)	-	-	-	2.1(1.3)	6.6(3.0)	-
<i>Contraecum microcephalum</i> (Rudolphi, 1819)	1.7(0.02)	-	-	-	-	-
<i>Pomphorhynchus perforator</i> (Linstow, 1908)	-	-	-	2.8(1.0)	-	-
<i>Limnotrachelobdella turkestanica</i> (Stschegolew, 1912)	-	-	-	1.4(1.0)	-	4.5(1.0)
<i>Piscicola geometra</i> (Linnaeus, 1761)	6.8(1.2)	-	-	-	-	-
<i>Ergasilus briani</i> Markewitsch, 1932	-	-	-	40.0(5.9)	40.0(4.5)	45.0(2.9)
<i>Lamproglena pulchella</i> Nordmann, 1832	5.2(2.6)	26.6(?)	-	-	-	-
<i>Argulus foliaceus</i> (Linnaeus, 1758)	1.7(0.05)	-	-	1.4(1.0)	-	-
Всего видов	9	8	6	28	15	13
					19	
					28	
Итого	38					

Примечание. Перед скобками экстенсивность инвазии (%); в скобках — индекс обилия (экз.).
* — отмечен как *Dactylogyrus nasalis* Strelkow et Ha Ky, 1964.

Первоописание *M. dogieli* сделано по спорам, округлым и колбасообразным цистам, найденным у сазана в сердце и на его поверхности [26].

В 2006 г. у леща *Abramis brama* Linnaeus, 1758 из оз. Балатон (Венгрия) обнаружили микоспоридии, форма и размер спор которых соответствовали таковым в оригинальном описании *M. dogieli*. Поскольку молекулярные данные по спорам от типового хозяина, сазана, пока недоступны, найденные у леща представители р. *Muxobolus* временно обозначены как *Muxobolus s.l. dogieli*. Плазмодии *M. s.l. dogieli* развиваются строго в соединительной ткани субэпикардального и субэндокардального слоев и никогда не затрагивают пучки миокарда в желудочке или коллагеновые трабекулы в стенке артериальной луковичи. Плазмодии, развивающиеся в субэндокарде, выступают в просвет сердца, плазмодии, развивающиеся в субэпикарде, — над эпикардом, образуя крупные колбасовидные выросты [27; 28].

Для *M. carassii* в качестве специфичного хозяина называют представителей р. *Carassius* Nilsson, 1832 [29–32]. Имеются указания на обнаружение этого паразита у *Leuciscus idus* (Linnaeus, 1758) [33] и других хозяев [34]. Однако, учитывая, что большинство видов р. *Muxobolus* специфичны к хозяину, т. е. они инвазируют только один или несколько близкородственных видов рыб, то маловероятно, что *M. carassii* заражает таковых сем. Leuciscidae Bonaparte, 1835 [35].

Учитывая достаточно строгую гостальную специфичность и характерную локализацию представителей р. *Muxobolus*, можно заключить, что указание на находки *M. dogieli* и *M. carassii* у плотвы Кайракумского водохранилища ошибочно. Требуется ревизия и наличие у этого хозяина из вышеназванного водоема и других восьми видов микоспоридий. Однако следует обратить внимание на значительное увеличение показателей зараженности микоспоридиями плотвы из водохранилища в 2020-х гг.

По современным данным, представители кл. Muxosporea — в основном паразиты рыб, кл. Actinosporea Noble, in Levine et al., 1980 — обычно паразиты пресноводных олигохет, являются не самостоятельными организмами, а лишь разными стадиями единого жизненного цикла. Авторами этого открытия стали американские ученые К. Вольф и М. Маркив [36], заразившие пресноводных олигохет р. *Tubifex* Lamarck, 1816 спорами *Muxosoma (Muxobolus) cerebralis* Hofer, 1903 возбудителя вертежа форели. В организме олигохет сформировались споры актиноспоридий, которые, в свою очередь, выйдя в воду, заразили мальков форели с образованием спор *M. cerebralis*.

К настоящему времени участие олигохет *Oligocheta* Grube, 1850, а также полихет *Polychaeta* Grube, 1850 и мшанок *Bryozoa* Ehrenberg, 1831 в жизненном цикле микоспоридий подтверждено экспериментально для нескольких десятков их видов [37; 38]. Большинство из известных актиноспоридий развиваются в пресноводных олигохетах сем. Tubificidae Vejdovsky, 1876 [39] (syn. Naididae Ehrenberg, 1828 и Branchinaididae Czerniavsky, 1881). Молекулярные данные поддерживают положение Naididae в пределах Tubificidae [40]. Однако, учитывая эколого-морфологические особенности этих червей, Барри Дж. М. Джеймсон [41] и И. А. Кайгородова [42] предлагают оставить их в ранге самостоятельных семейств отряда Tubificida Barrie G. M. Jamieson, 1988.

Трубочники (Tubificidae) — типичные грунтоеды, питаются разлагающимися частями, заглатывая и пропуская через кишечник ил. На дне рек, озер и водохранилищ количество трубочников может достигать более ста тысяч на 1 м² дна [43]. В Таджикском море они являются ведущей группой, играя большую роль в питании бентосоядных рыб, в частности плотвы [44].

Для р. Сырдарья характерно наличие значительного количества твердого стока, что приводит к потере функции Кайракумского водохранилища как регулятора сезонного стока реки из-за его быстрого заиления и уменьшения объема водохранилища. В настоящее время из-за сильного заиления водохранилище уже лишилось способности хранить воду и служить сезонным регулятором, являясь просто транспортным и энергетическим



Рис. 2. В верховьях водохранилища гнездятся рыбацкие птицы, здесь же в изобилии встречаются моллюски — первые промежуточные хозяева трематод

узлом. За 65 лет работы водохранилище накопило более 750 миллионов тонн ила, который занимает объем более 500 миллионов кубометров, что эквивалентно 1/3 мертвого объема. В межень глубина в нижнем его течении не превышает 10 м, а минимальная – менее 1 м [45]. Заиленные участки характеризуются множеством небольших озер и отелей с тугайной растительностью, где обитают многие тысячи зимующих водоплавающих птиц, куликов и хищных птиц [46]. В верховьях водохранилища гнездятся рыбацкие птицы, здесь же в изобилии встречаются моллюски — первые промежуточные хозяева трематод (рис. 2).

Как следствие сказанного наблюдаем увеличение видового разнообразия и показателей зараженности миксоспоридиями и трематодами плотвы. Из ленточных червей сохранился только гвоздичник *C. laticeps*, использующий в качестве промежуточного хозяина олигохет сем. Tubificidae [47]. При поедании червей сем. Naididae и сем. Tubificidae происходит заражение *Capillaria tomentosa* Dujardin, 1843 карповых рыб, в том числе плотвы. Заражение последним видом рыбы может происходить и прямым путем [47].

Причина исчезновения *Dactylogyrus sphyrna* Linstow, 1878 у плотвы более-менее понятна. Для *D. sphyrna* основным хозяином является густера *Blicca bjoerkna* (Linnaeus, 1758) [48], отсутствующая в водохранилище и бассейне р. Сырдарья [6; 49; 50]. Густера распространена в Европе и на Кавказе [51]. Таким образом, это, вероятно, ошибка определения видовой принадлежности червя, найденного в единственном экземпляре.

Гораздо больше вопросов вызывает исчезновение *D. turaliensis*. Последнего в большом количестве находили с 1957 по 2003 г. [7; 8; 10] при паразитологическом исследовании плотвы. С 2021 г. вид перестает упоминаться в итоговых списках ее паразитов из водохранилища, зато появляется указание на обнаружение в большом числе *D. crucifer* Wagener, 1857.

В наиболее ранних работах исследователи относили *D. turaliensis* к *D. crucifer*. Виды различаются по нескольким признакам. Часть из последних с уверенностью выявляется лишь у сильно придавленных покровным стеклом червей [52]. Учитывая сходство видов и отсутствие различий в их микролокализации, допускаем, что *D. turaliensis* приняли за *D. crucifer*. Другие исследователи эти виды различают [53; 54].

Исчезновение рачка *L. pulchella*, вероятно, связано с изменением гидрологического режима водохранилища и его загрязнением различными стоками (рис. 3). Оказалось, что рачок весьма чувствителен к температуре воды и ее качеству [55; 56], что послужило основанием предложить *L. pulchella* в качестве вида-индикатора для оценки загрязнения и биологического качества водной среды [57; 58].

Показано [4], что процесс формирования фауны и, в частности, ихтиопаразитофауны Таджикского моря продолжается до сих пор, хотя и не столь интенсивно, как в начальный период.

В октябре 2023 г. у карася *Carassius gibelio* (Bloch, 1782) из водохранилища Бахри Точик обнаружены плероцеркоиды *Ligula intestinalis* (Linnaeus, 1758) (рис. 4а) — доминантная фаза жизненного цикла этого червя как по продолжительности (до 3-х лет и более), так и по глубине воздействия на хозяина [59]. Ранее здесь их отмечали у чехони *Pelecus cultratus* (Linnaeus, 1758) [60] и леща *A. brama orientalis* (Berg, 1949) [60; 61]. Позже лещ из состава ихтиофауны водохранилища исчез, пропал и *L. intestinalis*. Интересно, что чехонь в качестве промежуточного хозяина *L. intestinalis* регистрируют крайне редко [62].

С упомянутой находкой, наверняка, связано и появление в Кайраккумском водохранилище нематоды *Philometra ovata* (Zeder, 1803). Самки этого вида завершают цикл только при одновременном заражении рыбы плероцеркоидами *L. intestinalis* или *Digramma interrupta* (Rudolphi, 1810) [47].

В ноябре 2023 г. в водохранилище Бахри Точик отмечен узкопалый речной рак *Pontastacus leptodactylus* Eschscholtz, 1823 (syn.: *Astacus leptodactylus*; *Potamobius leptodactylus*) (рис. 4б). В верховьях водоема его плотность достигала 15–18 экз./м².



Коллектор около рыбстана Тохирджона, левый берег, водохр. Бахри Точик, 3.03.2021-г.

Рис. 3. Исчезновение рачка *Lamproglena pulchella*, вероятно, связано с изменением гидрологического режима водохранилища и его загрязнением различными стоками

Рак *P. leptodactylus* предпочитает тёплые, прогреваемые летом, богатые питательными веществами водоёмы или медленно текущие реки. Длиннопалый речной рак более устойчив к загрязнению, чем широкопалый *Astacus astacus* (Linnaeus, 1758) (syn.: *Cancer astacus* Linnaeus, 1758; *Astacus fluviatilis* Fabricius, 1775; *Cancer nobilis* Schrank, 1803), порой заселяет загрязнённые водоёмы. Наиболее предпочитаемым субстратом для него является песчаный ил или илистый песок [63], селится на глубинах 1.5–3 м [64], в оз. Севан концентрируется на 5–15 м отметке [63].

Отмечены региональные различия в паразитофауне плотвы водохранилища Бахри Точик.

Только в районе кишлака Махрам у плотвы встречена нематода *Rhabdochona longicauda* Dzhaliyov, 1964. Это, видимо, случайная находка, так как *R. longicauda* — специфичный паразит сомов Siluriformes Cuvier, 1816 [65–67], в частности туркестанского сомика *Glyptosternum reticulatum* McClelland, 1842 [67; 68]. Близкий вид круглых червей *R. longispicula* отмечен у курдестанского сома (месопотамский сом-присоска) *Glyptothorax*



а



б



в



г

Рис. 4. У карася *Carassius gibelio* из водохранилища Бахри Точик найдены плероцеркоиды *Ligula intestinalis* (а); в водоеме поселился узкопалый речной рак *Pontastacus leptodactylus* (б); обнаружено большое количество двустворчатых моллюсков сем. Unionidae (в). В тугайных зарослях по берегам и островам водохранилища гнездятся рыбацкие птицы (г)

kurdistanicus (Berg, 1931) [69]. Оба вида сомов обычно держатся под камнями в русле рек на очень быстром течении [69–71]. Именно район водохранилища вблизи кишлака Махрам характеризуется высокой проточностью воды, поступающей из Верхнего Кок-Курак через порожистый проток Батлаук, благодаря чему здесь сформировались речные условия. В этом участке сосредоточено большое количество двустворчатых моллюсков сем. Unionidae Rafinesque, 1820 (рис. 4в), держится щука *Esox Lucius* Linnaeus, 1758. Последние два факта обусловили высокую пораженность метацеркариями *Rhipidocotyle campanula* (Dujardin, 1845) плотвы в этой части водоема. В то же время здесь сформировались неблагоприятные условия для обитания лёгочных моллюсков отр. Pulmonata Cuvier, 1817, подотряда сидячеглазых Basommatophora Keferstein, 1864, семейств прудовиков Lymnaeidae Rafinesque-Schmaltz, 1815 и катушек Planorbidae Rafinesque-Schmaltz, 1815 — промежуточных хозяев для трематод Trematoda Rudolphi, 1808 родов *Diplostomum* Nordmann, 1832, *Ichthyocotylurus* Odening, 1969, *Tylodelphys* Diesing, 1850 [72; 73]. Итог — отсутствие или незначительная зараженность метацеркариями указанных двуусток плотвы на этом участке водохранилища. Зато все они представлены у этого вида рыб в средней части водоема в районе кишлака Чахонзеб.

Последний участок характеризуется обширными мелководьями, на которых кормится большое количество рыбоядных птиц (рис. 4г), гнездящихся в тугайных зарослях по берегам и островам Кайраккумского водохранилища [74; 75]. Как следствие, здесь наблюдается значительно более высокая зараженность метацеркариями трематод плотвы. Выше на этом участке водоема поражение дактилогирозами и микроспоридиями рыбы.

В нижней части водохранилища, а именно в районе кишлака Санчидзор, разнообразие паразитофауны плотвы снижается, сближаясь с таковой из участка водоема у кишлака Махрам.

Заключение. В целом можно заключить, что трансформация экосистемы Кайраккумского водохранилища продолжается. Экологическая ситуация, похоже, стабилизируется, возможно, даже улучшается, видовое разнообразие гидрофауны водоема увеличивается.

Список источников

1. Таджикиское море. URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Таджикиское_Море#:~:text=Таджикиское%20Море%20\(тадж.%20Бахри%20Точик%3В,водой%20началось%20в%201950%20году\(дата%20обращения:08.09.2024\)](https://ru.wikipedia.org/wiki/Таджикиское_Море#:~:text=Таджикиское%20Море%20(тадж.%20Бахри%20Точик%3В,водой%20началось%20в%201950%20году(дата%20обращения:08.09.2024)).
2. Абдушукуров Д. А., Азимов Ш. Ш., Джураев А. А., Петухов В. Н. Состояние Кайраккумского водохранилища // Вестник Таджикского национального университета. Серия естественных наук. Душанбе: Сино, 2016. Т. 1. № 192. С. 218–223.
3. Исаев А. И., Карпова Е. И. Рыбное хозяйство водохранилищ : справочник. 2-е изд., перераб. и доп. М.: ВО «Агропромиздат», 1989. 255 с.
4. Каримов С. Б., Доровских Г. Н., Мамаджонов А. М. Современное состояние паразитофауны промысловых рыб водохранилища Бахри Точик // Вестник Сыктывкарского университета. Серия 2. Биология, геология, химия, экология. 2023. Вып. 1 (25). С. 13–25. <https://doi.org/10.34130/2306-6229-2023-1-13>.
5. Мирзобаходурова Ш. Р., Мухамеджанова А. М., Хакимов М. И. Современное состояние аральской плотвы Кайраккумского водохранилища // Вестник Педагогического университета. Биологические науки. 2015. С. 24–27.
6. Расулов А. Х., Каримов Г. Н. Промысловые рыбы Кайраккумского водохранилища и устойчивое использование их ресурсов // Изв. Академии наук ТаджССР. Отделение биологических и медицинских наук. 2014. № 1 (185). С. 38–43.
7. Гаврилова Н. Г. О моногенетических сосальщиках и паразитических ракообразных некоторых видов рыб Кайраккумского водохранилища // Изв. биол. наук АН ТаджССР. 1964. С. 75–84.
8. Гаврилова Е. Г. О паразитофауне рыб Кайраккумского водохранилища // Биологические основы рыбного хозяйства на водоемах Средней Азии и Казахстана. Алма-Ата: Изд-во «Наука» Казахской ССР, 1966. С. 320–343.
9. Джалилов У. Д. Паразиты некоторых промысловых рыб Кайраккумского водохранилища // Биологические основы рыбного хозяйства водоемов Средней Азии и Казахстана. 1976. С. 279–283.

10. Каримов С. Б. Паразиты рыб Ферганской долины : дис. ... д-ра биол. наук. Худжанд, 2007. 218 с.
11. Быховская-Павловская И. Е. Паразиты рыб : руководство по изучению. Л.: Наука, 1985. 121 с.
12. https://www.tripadvisor.ru/Attraction_Review-g811256-d7273008-Reviews-Kayrakkum_Reservoir-Khujand_Sughd_Province.html#/media/7273008/?albumid=-160&type=ALL_INCLUDING_RESTRICTED&category=-160 (дата обращения: 08.09.2024).
13. Доржиев Ц. З., Бадмаева Е. Н., Дугаров Ж. Н. Эколого-фаунистический анализ гельминтов водно-болотных птиц Байкальской Сибири: 4. Гагаровые, баклановые, цаплевые, поганковые, пастушковые // Природа Внутренней Азии. Nature of Inner Asia. 2020. № ¾ (16). С. 34–43. DOI: 10.18101/2542-0623-2020-3/4-34-43.
14. Белая цапля. Большая белая цапля (*Ardea alba*)Engl (svetvam.ru). URL: <https://svetvam.ru/led-automobile-bulbs---/belaya-caplya-bolshaya-belaya-caplya-ardea-alba-engl-great-white-egret-white-heron-common.html> (дата обращения: 08.08.2024).
15. Семенова М. К. Развитие нематоды *Contraecaecum microcephalum* (Anisakidae) в дефинитивном хозяине // Труды ГЕЛАН. 1974. Т. 24. С. 153–160.
16. Чугунова Ю. К., Вышегородцев А. А. Зараженность цестодами отряда Pseudophyllidea Carus, 1863 рыбы Красноярского водохранилища // Вестник Сыктывкарского университета. Серия 2. Биология, геология, химия, экология. 2015. Вып. 5. С. 47–54.
17. Кондур Л. В. Динамика питания и суточный рацион леща Кайраккумского водохранилища // Изв. Академии наук ТаджССР. Отд. биол. наук. 1982. № 3 (88). С. 44–48.
18. Каримов С. Б., Доровских Г. Н., Холбутаева М. Б. и др. Паразитофауна сазана из Даханасойского водохранилища и нерестово-выростного хозяйства на Таджикском море // Вестник Сыктывкарского университета. Серия 2. Биология, геология, химия, экология. 2021. Вып. 4 (20). С. 66–77.
19. Мирзобаходурова Ш. П., Доровских Г. Н., Олимова М. С., Мамаджонов А. М. Паразитофауна маринки обыкновенной *Schizothorax intermedius* McClelland, 1842 из реки Исфара // Вестник Сыктывкарского университета. Серия 2. Биология, геология, химия, экология. 2023. № 2 (26). С. 20–53. <https://doi.org/10.34130/2306-6229-2023-2-20>.
20. Бауер О. Н., Мусселиус В. А., Николаева В. М., Стрелков Ю. А. Ихтиопатология. М., 1977. 429 с.
21. Доровских Г. Н. Паразиты пресноводных рыб северо-востока европейской части России (фауна, экология паразитарных сообществ, зоогеография) : дис. ... д-ра биол. наук. Сыктывкар, 2002. 761 с.
22. Воронин В. Н., Дудин А. С., Батуева М. Д.-Д., Zhang J. Y. Специфичность миксоспоридий пресноводных рыб Евразии // Проблемы патологии, иммунологии и охраны здоровья рыб и других гидробионтов : расширенные материалы IV Международной конференции. Борок — Москва, 2015. Ярославль: Филигрань, 2015. С. 6–10. URL: Документ 2275648 (studylib.ru) (дата обращения: 23.08.2024).
23. Протисты : руководство по зоологии. СПб.: Наука, 2007. Ч. 2. 1144 с.
24. Takeuchi F., Sekizuka T., Ogasawara Y. et al. The Mitochondrial Genomes of a Myxozoan Genus *Kudoa* Are Extremely Divergent in Metazoa // PLoS ONE 2015. Vol. 10. Iss. 7. Pp. 1–18: e0132030. doi:10.1371/journal.pone.0132030.
25. Bauer O. N., Voronin V. N., Yunchis O. N. Infection of the heart in carp caused by *Myxobolus dogieli* (Myxosporea, Myxobolidae) // Angewandte Parasitologie. 1991. No 32. Pp. 42–44.
26. Быховская-Павловская И. Е., Быховский Б. Е. Паразитофауна рыб Ахтаринских лиманов (Азовское море, дельта р. Кубани) // Паразитол. сб. Зоол. ин-та АН СССР. 1940. Т. 8. С. 131–161.
27. Molnár Kálmán, Cech G., Székely Csaba. Infection of the heart of the common bream, *Abramis brama* (L.), with *Myxobolus s.l. dogieli* (Myxozoa, Myxobolidae) // Journal of Fish Diseases 2008. Vol. 29. Pp. 1–8.
28. Molnár Kálmán, Székely Csaba. Tissue preference of some myxobolids (Myxozoa: Myxosporea) from the musculature of European freshwater fishes // Diseases of aquatic organisms. 2014. Vol. 107. Pp. 191–198. doi: 10.3354/dao02688.
29. Karandashova Sophia. The introduction of myxozoan parasites through the release of feeder goldfish (*Carassius auratus*). A PROJECT submitted to Oregon State University University Honors College in partial fulfillment of the requirements for the degree of Honors Baccalaureate of Science in Microbiology (Honors Scholar). Presented August 13, 2008. 43 p.
30. Alvin C. Camus, Matt J. Griffin. Molecular characterization and histopathology of *Myxobolus koi* infecting the gills of a koi, *Cyprinus carpio*, with an amended morphological description of the agent // The Journal of Parasitology. 2010. Vol. 96(1). Pp. 116–124.

31. Abdel-Baki A. A. S., T. Sakran, E. Zayed. Re-description of *Myxobolus fahmii* from the gills of *Barbus bryni* with new data on the precise infection site, histological impacts, and seasonality // *Parasitology Research*. 2015. Vol. 114. Pp. 2047–2051.
32. Molnár K., Nyeste K., Székely Cs. Parasitology is a tool for identifying the original biotope of the gibel carp (*Carassius auratus gibelio* Berg, 1932) // *Pisces Hungarici*. 2018. Vol. 12. Pp. 87–94.
33. El-Matbouli M., Hoffmann R. W. *Myxobolus carassii* Klokaceva, 1914 also requires an oligochaete, *Tubifex tubifex*, as an intermediate host in its life cycle // *Bulletin of the European association of fish pathologists*. 1993. Vol. 13. Pp. 189–192.
34. Шульман С. С., Донец З. С., Ковалева А. А. Класс миксоспоридий (Myxosporaea) мировой фауны. Т. 1. Общая часть. СПб.: Наука, 1997. 567 с.
35. Sónia Rocha, Carlos Azevedo, Ângela Alves, Carlos Antunes, and Graça Casal. Morphological and molecular characterization of Myxobolids (Cnidaria, Myxozoa) infecting Cypriniforms (Actinopterygii, Teleostei) endemic to the Iberian Peninsula // *Parasite*. 2019. Vol. 26. No 48. Pp. 1–16. <https://doi.org/10.1051/parasite/2019049>.
36. Wolf K., Markiw M. E. Biology contravenes taxonomy in the Myxozoa: new discoveries show alteration of invertebrate and vertebrate hosts // *Science*. 1984. Vol. 225. Pp. 1449–1452.
37. Ahmet Özer, Rodney Wootten, Andrew P. Shinn. Infection prevalence, seasonality and host specificity of actinosporean types (Myxozoa) in an Atlantic salmon fish farm located in Northern Scotland // *Folia Parasitologica*. 2002. Vol. 49. Pp. 263–268.
38. Lom J., Dykov a Y. Myxozoan genera: definition and notes on taxonomy, life-cycle terminology and pathogenic species // *Folia Parasitologica*. 2006. Vol. 53. Pp. 1–36.
39. Воронин В. Н., Дудин А. С. О методиках изучения актиноспорейной фазы развития миксоспоридий // *Паразитология*. 2011. Т. 45. Вып. 1. С. 60–66.
40. Erséus C., Källersjö M., Ekman M., Hövmöller R. 18S rDNA phylogeny of the Tubificidae (Clitellata) and its constituent taxa: dismissal of the Naididae // *Molecular Phylogenetics and Evolution*. 2002. Vol. 22. Pp. 414–422.
41. Jamieson B. G. M. On the phylogeny and higher classification of the Oligochaeta // *Cladistics*. 1988. Vol. 4. Pp. 367–401. DOI: 10.1111/j.1096-0031.1988.tb00520.x.
42. Кайгородова И. А. Молекулярная филогения и систематика олигохет: pro et contra // *Вестн. Моск. ун-та. Серия 16. Биология*. 2010. № 4. С. 39–41.
43. Жизнь животных : в 7 т. Т. 1. Простейшие. Пластинчатые. Губки. Кишечнополостные. Гребневки. Плоские черви. Немертины. Круглые черви. Кольчатые черви. Щупальцевые / гл. ред. В. Е. Соколов; под ред. Ю. И. Полянского. 2-е изд., перераб. М.: Просвещение, 1987. 448 с.
44. Алибаева М. М. Материалы по малоцетинковым червям (Oligochaeta) Кайраккумского водохранилища // *Вестник Таджикского национального университета (научный журнал). Серия естественных наук*. Душанбе: СИНО, 2012. С. 243–248.
45. Абдушукуров Д. А., Азимов Ш. Ш., Джураев А. А., Петухов В. Н. Состояние Кайраккумского водохранилища // *Вестник Таджикского национального университета. Серия естественных наук*. 2016. № 1/1 (192). С. 218–223.
46. Тугай. URL: <https://translated.turbopages.org/> (дата обращения: 21.07.2024).
47. Определитель паразитов пресноводных рыб фауны СССР. Т. 3. Паразитические многоклеточные (Вторая часть). Л.: Наука, 1987. 583 с. (Определители по фауне СССР, изд. Зоол. ин-том АН СССР; вып. 149).
48. Определитель паразитов пресноводных рыб фауны СССР. Т. 2. Паразитические многоклеточные (Первая часть). Л.: Наука, 1985. 425 с. (Определители по фауне СССР, изд. Зоол. ин-том АН СССР; вып. 143).
49. Адаев Т., Баракбаев Т., Шарахметов С. Современное состояние ихтиофауны и перспективы рыбохозяйственного использования дельтовых озер реки Сырдарья // *Центральноазиатский журнал исследований водных ресурсов*. 2021. № 7(2). С. 20–46.
50. Ихтиофауна бассейна реки Сырдарья // Санитарная оценка рыбы р. Сырдарья (vuzlit.com). URL: https://vuzlit.com/707198/ichtiofauna_basseyna_reki_syardarya#812 (дата обращения: 15.08.2024).
51. Берг Л. С. Рыбы пресных вод СССР и сопредельных стран. 4-е изд., испр. и доп. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1949. Ч. 2. 458 с.
52. Алигаджиев А. Д., Гусев А. В., Казиева Н. Ш. Новый вид моногеней с жабр каспийской и куринской воблы // *Паразитология*. 1984. Т. 5. Вып. 14. С. 412–415.
53. Shamsi SH., Jalali B. Monogenean parasites of Caspian Frisian roach (*Rutilus frisii Kutum*) in Sefid-Rood river and Caspian Sea // *Iranian Journal of Fisheries Sciences*. 2001. Vol. 3. Iss. 2. Pp. 19–24.

54. Rahanandeh Mohammad. Survey on parasites of *Rutilus frisii* Kutum in South west of Caspian Sea with the emphasis of pathology of *Dactylogyrus frisii* and morphological identification of *Paradiplozoon* sp and *Anisakis* sp. / PhD. Islamic Azad University, Science and Research Branch, Tehran, Aquatic Animal Health. 2010. 149 p. URL: <http://hdl.handle.net/1834/35769> (дата обращения: 15.08.2024).
55. Galli Crosa, Bertoglio Mariniello, Ortis D'Amelio. Populations of *Lamproglena pulchella* von Nordmann 1832 (Copepoda: Eudactylinidae) in cyprinid fish in rivers with different pollution levels // Journal of Applied Ichthyology. 2001. Vol. 17. No 2. Pp. 93–96. <https://doi.org/10.1046/j.1439-0426.2001.00282.x>.
56. Jirsa F., Zitek A., Schachner O. First record of *Lamproglena pulchella* Nordmann 1832 in the Pielach and Melk rivers, Austria // Journal of Applied Ichthyology. 2006. Vol. 22. No 5. Pp. 404–406. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0426.2006.00760.x>.
57. Öktener A., Eğribaş E., Başusta N. A preliminary investigation on serious mortalities of fish in Balıklıgöl (Halil-ür Rahman Gölü, Şanlıurfa) // Gazi University Journal of Science. 2008. Vol. 21. No 1. Pp. 9–13.
58. Öktener A., Eğribaş E., Başusta N. A review of *Lamproglena pulchella* Von Nordmann, 1832 (Copepoda, Cyclopoida: Lernaecidae) distribution across Europe // Buletin USAMV Veterinary Medicine. 2008. Vol. 65. Pp. 370–371.
59. Дубинина М. Н. Ремнецы фауны СССР. Л.: Наука. Ленингр. отд-ние, 1966. 262 с.
60. Гаврилова Н. Г. Лигулез леща и чехони в Кайраккумском водохранилище // Тез. докл. 5-го Всес. совещ. по болезням и паразитам рыб и водн. беспозв. М.; Л., 1968. С. 26–27.
61. Гаврилова Н. Г., Каримов С. Б. Об изменении паразитофауны рыб Кайраккумского водохранилища за длительный период // Паразитология. 1989. Т. 23. Вып. 3. С. 250–256.
62. Извекова Г. И., Тютин А. В. Заражённость и особенности отношений паразит — хозяин в системе *Ligula intestinalis* — чехонь (*Pelecus cultratus*) в Рыбинском водохранилище // Поволжский экологический журнал. 2011. № 2. С. 137–145.
63. Гукасян Э. Х., Мелконян Г. Ф., Степанян Л. Г., Бадалян Н. С. Особенности развития популяции длиннопалого рака (*Pontastacus leptodactylus* Eschscholtz, 1823) в озере Севан в период 1996–2018 гг. // Трансформация экосистем. 2019. № 2 (3). С. 85–93. DOI: 10.23859/estr190513. URL: http://www.ecosysttrans.com/publikatsii/detail_page.php?ID=128 (дата обращения: 15.08.2024).
64. Всё о речном раке: его образ жизни, ловля и разведение. URL: <https://ferma.expert/ryba/raki/rechnoy-rak/> (дата обращения: 15.08.2024).
65. Moravec F., Amin A. Some helminth parasites, excluding Monogenea, from fishes of Afghanistan // Acta Scientiarum Naturalium — Academiae Scientiarum Bohemoslovacaе Brno. 1978. Vol. 12. Pp. 1–45.
66. Moravec F., Huffman D. G. *Rhabdochona longleyi* sp. n. (Nematoda: Rhabdochonidae) from Blind Catfishes, *Trogloglanis Pattersoni* and *Satan Eurystomus* (Ictaluridae) from ~ The Subterranean Waters of Texas // Folia Parasitologica. 1988. Vol. 35. Pp. 235–243.
67. Moravec František, Yoooyen Thanapon. Two new species of *Rhabdochona* (Nematoda: Rhabdochonidae) from freshwater fishes in Thailand // Folia Parasitologica. 2011. Vol. 58 (3). Pp. 224–232.
68. Джалилов У. Д. Материалы по рабдохонам (*Rhabdochona* Railliet. 1916) рыб реки Вахш и пойменных озёр // Изв. Акад. наук ТаджССР. Отделение биол. наук. 1964. Т. 1. № 15. С. 109–117.
69. Bilal Samir J., Rahman Shwan K., Abdullah Younis S., Abdullah Shamall M.A. First record of *Rhabdochona* (*Rhabdochona*) *longispicula* (Nematoda) in *Glyptothorax kurdistanicus* from Greater Zab River, Kurdistan Region/ Iraq // ZANCO Journal of Pure and Applied Sciences. 2017. Vol. 29 (1). Pp. 48–53.
70. Берг Л. С. Описание новой силуroidной рыбы, *Glyptosternum kurdistanicum* из бассейна реки Тигр // Известия Академии наук СССР. 1931. Т. 7. С. 1267–1270.
71. Жизнь животных : в 7 т. Т. 4. Рыбы / гл. ред. В. Е. Соколов; под ред. Т. С. Пасса. 2-е изд., перераб. М.: Просвещение, 1983. 575 с.
72. Шигин А. А. Трематоды фауны СССР. Род *Diplostomum*. Метацеркарии. М.: Наука, 1986. 253 с.
73. Судариков В. Е., Шигин А. А., Курочкин Ю. В. и др. Метацеркарии трематод — паразиты пресноводных гидробионтов Центральной России. М.: Наука, 2002. 298 с.
74. Мирзобаходурова Ш. Р., Саттаров Т. Особенности биологии и распространения околородных птиц Северного Таджикистана // Вестник Таджикского национального университета. Серия естественных наук. Душанбе: СИНО, 2015. № 1–4 (168). С. 181–183.
75. Умаров С. С. Новые данные о гнездовании большого баклана *Phalacrocorax carbo* в Ферганской долине // Русский орнитологический журнал. 2024. Т. 33. Экспресс-выпуск 2433. С. 2918–2920.

References

1. *Tadzhikskoe More* [Tajik Sea]. Available at: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Tadzhikskoe_More#:~:text=Tadzhikskoe%20More%20\(tadzh.%20Baxri%20Toqik%3B,vodoj%20nachalos%20v%201950%20godu](https://ru.wikipedia.org/wiki/Tadzhikskoe_More#:~:text=Tadzhikskoe%20More%20(tadzh.%20Baxri%20Toqik%3B,vodoj%20nachalos%20v%201950%20godu) (accessed: 08.09.2024). (In Russ.)
2. Abdushukurov D. A., Azimov SH. SH., Dzhuraev A. A., Petuhov V. N. The condition of the Kayrakkum reservoir. *Vestnik Tadzhikskogo nacional'nogo universiteta. Seriya estestvennyh nauk* [Bulletin of the Tajik National University. A series of natural sciences]. Dushanbe: Sino, 2016. Vol. 1. No 192. Pp. 218–223. (In Russ.)
3. Isaev A. I., Karpova E. I. *Rybnoe hozyajstvo vodohranilishch : spravochnik. 2-e izd., pererab. i dop.* [Fisheries of reservoirs : a reference book]. Moscow: Agropromizdat, 1989. 255 p. (In Russ.)
4. Karimov S. B., Dorovskikh G. N., Mamadzhonov A. M. The current state of the parasite fauna of commercial fish in the Bahri Tojik reservoir. *Vestnik Syktyvskarskogo universiteta. Seriya 2. Biologiya, geologiya, himiya, ekologiya* [Syktyvkar University Bulletin. Series 2. Biology, geology, chemistry, ecology]. 2023. Issue 1 (25). Pp. 13–25. <https://doi.org/10.34130/2306-6229-2023-1-13>. (In Russ.)
5. Mirzobahodurova SH. R., Muhamedzhanova A. M., Hakimov M. I. The current state of the Aral roach of the Kayrakkum reservoir. *Vestnik Pedagogicheskogo universiteta. Biologicheskie nauki* [Bulletin of the Pedagogical University. Biological sciences]. 2015. Pp. 24–27. (In Russ.)
6. Rasulov A. H., Karimov G. N. Commercial fish of the Kayrakkum reservoir and sustainable use of their resource]. *Izvestiya Akademii Nauk Respubliki Tadzhikistan. Otdelenie biologicheskikh i medicinskih nauk* [Proceedings of the Academy of Sciences of the Republic of Tajikistan. Department of Biological and Medical Sciences]. 2014. No 1 (185). Pp. 38–43. (In Russ.)
7. Gavrilova N. G. On monogenetic flukes and parasitic crustaceans of some fish species of the Kayrakkum reservoir. *Izv. biol. nauk AN TadzhSSR* [Izv. of Biological Sciences of the Academy of Sciences of the Tajik SSR]. 1964. Pp. 75–84. (In Russ.)
8. Gavrilova E. G. About the parasitofauna of the fish of the Kayrakkum reservoir. *Biologicheskie osnovy rybnogo hozyajstva na vodoemah Srednej Azii i Kazahstana* [Biological foundations of fisheries in the reservoirs of Central Asia and Kazakhstan]. Alma-Ata: Publishing house "Science" of the Kazakh SSR, 1966. Pp. 320–343. (In Russ.)
9. Dzhailov U. D. Parasites of some commercial fish of the Kayrakkum reservoir (based on materials from 1972). *Biologicheskie osnovy rybnogo hozyajstva respublik Srednej Azii i Kazahstana* [Biological foundations of the fish industry of the republics of Central Asia and Kazakhstan]. Dushanbe, 1976. Pp. 279–283. (In Russ.)
10. Karimov S. B. *Parazity ryb Ferganskoj doliny* [Fish parasites of the Ferghana Valley] : Dissertation ... doctor of biol. sciences. Hudzhant, 2007. 218 p. (In Russ.)
11. Byhovskaya-Pavlovskaya I. E. *Parazity ryb : rukovodstvo po izucheniyu* [Parasites of fish. Study Guide]. Leningrad: Nauka, 1985. 121 p. (In Russ.)
12. https://www.tripadvisor.ru/Attraction_Review-g811256-d7273008-Reviews-Kayrakkum_Reservoir-Khujand_Sughd_Province.html#/media/7273008/?albumid=-160&type=ALL_INCLUDING_RESTRICTED&category=-160 (accessed: 08.09.2024). (In Russ.)
13. Dorzhiev C. Z., Badmaeva E. N., Dugarov ZH. N. Ecological and faunal analysis of helminths of wetland birds of Baikal Siberia: 4. Gagarovy, cormorants, herons, grebes, shepherds. *Priroda Vnutrennej Azii. Nature of Inner Asia* [Nature of Inner Asia. Nature of Inner Asia]. 2020. No ¾ (16). Pp. 34–43. DOI: 10.18101/2542-0623-2020-3/4-34-43. (In Russ.)
14. *Belaya caplya. Bol'shaya belaya caplya* [The white heron. Great White Heron] (Ardea alba)Engl (svetvam.ru). Available at: <https://svetvam.ru/led-automobile-bulbs---/belaya-caplya-bolshaya-belaya-caplya-ardea-alba-engl-great-white-egret-white-heron-common.html> (accessed: 08.08.2024). (In Russ.)
15. Semenova M. K. The development of the nematode *Contracaecum microcephalum* (Anisakidae) in a definitive host. *Trudy GELAN* [Proceedings of GELAN]. 1974. Vol. 24. Pp. 153–160. (In Russ.)
16. Chugunova YU. K., Vyshegorodcev A. A. Infection with cestodes of the order Pseudophyllidea Carus, 1863 in fish of the Krasnoyarsk reservoir. *Vestnik Syktyvskarskogo universiteta. Seriya 2. Biologiya, geologiya, himiya, ekologiya* [Syktyvkar University Bulletin. Series 2. Biology, geology, chemistry, ecology]. 2015. Issue 5. Pp. 47–54. (In Russ.)
17. Kondur L. V. Feeding dynamics and daily diet of bream of the Kayrakkum reservoir. *Izvestiya Akademii nauk TadzhSSR. Otdeleniye biologicheskikh nauk* [Proceedings of the Academy of Sciences of the TadzhSSR. Department of Biological Sciences]. 1982. No 3 (88). Pp. 44–48. (In Russ.)
18. Karimov S. B., Dorovskikh G. N., Holbutaeva M. B. et al Parasitofauna of carp from the Dahanasoy reservoir and spawning-growing farm on the Tajik Sea. *Vestnik Syktyvskarskogo universiteta. Seriya 2. Bi-*

- ologiya, geologiya, himiya, ekologiya* [Syktyvkar University Bulletin. Series 2. Biology, geology, chemistry, ecology]. 2021. Issue 4 (20). Pp. 66–77. DOI: 10.34130/2306-6229-2021-4-63. (In Russ.)
19. Mirzobahodurova S. R., Dorovskikh G. N., Olimova M. S., Mamadzhonov A. M. Parasitofauna of the common marinka *Schizothorax intermedius* McClelland, 1842 from the Isfara River. *Vestnik Syktyvkar'skogo universiteta. Seriya 2. Biologiya, geologiya, himiya, ekologiya* [Syktyvkar University Bulletin. Series 2. Biology, geology, chemistry, ecology]. 2023. Issue 2 (26). Pp. 20–53. <https://doi.org/10.34130/2306-6229-2023-2-20>. (In Russ.)
 20. Bauer O. N., Musselius V. A., Nikolaeva V. M., Strelkov YU. A. *Ihtiopatologiya* [Ichthyopathology]. Moscow, 1977. 429 p. (In Russ.)
 21. Dorovskikh G. N. *Parazity presnovodnyh ryb severo-vostoka evropejskoj chasti Rossii (fauna, ekologiya parazitarnyh soobshchestv, zoogeografiya)* [Parasites of freshwater fish of the north-east of the European part of Russia (fauna, ecology of parasitic communities, zoogeography)] : Dissertation ... doctor of biol. sciences. Syktyvkar, 2002. 761 p. (In Russ.)
 22. Voronin V. N., Dudin A. S., Batueva M. D.-D., Zhang J. Y. Specificity of mixosporidia of freshwater fishes of Eurasia. *Problemy patologii, immunologii i ohrany zdorov'ya ryb i drugih gidrobiontov. Rasshirennye materialy IV Mezhdunarodnoj konferencii* [Problems of pathology, immunology and health protection of fish and other aquatic organisms. Expanded materials of the IV International Conference. Borok–Moscow, 2015]. Yaroslavl': Filigran', 2015. Pp. 6–10. Available at: Dokument 2275648 (studylib.ru) (accessed: 23.08.2024). (In Russ.)
 23. *Protisty : rukovodstvo po zoologii* [Protists : A Guide to Zoology]. Saint-Petersburg: Nauka, 2007. Pt. 2. 1144 p. (In Russ.)
 24. Takeuchi F., Sekizuka T., Ogasawara Y. et al. The Mitochondrial Genomes of a Myxozoan Genus *Kudoa* Are Extremely Divergent in Metazoa. *PLoS ONE*. 2015. Vol. 10. Issue. 7. Pp. 1–18: e0132030. doi:10.1371/journal.pone.0132030.
 25. Bauer O. N., Voronin V. N., Yunchis O. N. Infection of the heart in carp caused by *Myxobolus dogieli* (Myxosporea, Myxobolidae). *Angewandte Parasitologie*. 1991. No 32. Pp. 42–44.
 26. Byhovskaya-Pavlovskaya I. E., Byhovskij B. E. Parasitofauna of fish of Akhtar estuaries (Sea of Azov, delta of the Kuban River). *Parazitol. sb. Zool. in-ta AN SSSR* [Parasitological collection of Zoological Institute of the USSR Academy of Sciences]. 1940. Vol. 8. Pp. 131–161. (In Russ.)
 27. Molnár Kálmán, Cech G., Székely Csaba. Infection of the heart of the common bream, *Abramis brama* (L.), with *Myxobolus s.l. dogieli* (Myxozoa, Myxobolidae). *Journal of Fish Diseases*. 2008. Vol. 29. Pp. 1–8.
 28. Molnár Kálmán, Székely Csaba. Tissue preference of some myxobolids (Myxozoa: Myxosporea) from the musculature of European freshwater fishes. *Diseases of aquatic organisms*. 2014. Vol. 107. Pp. 191–198. doi: 10.3354/dao02688.
 29. Karandashova Sophia. The introduction of myxozoan parasites through the release of feeder goldfish (*Carassius auratus*). A PROJECT submitted to Oregon State University University Honors College in partial fulfillment of the requirements for the degree of Honors Baccalaureate of Science in Microbiology (Honors Scholar). Presented August 13, 2008. 43 p.
 30. Alvin C. Camus, Matt J. Griffin. Molecular characterization and histopathology of *Myxobolus koi* infecting the gills of a koi, *Cyprinus carpio*, with an amended morphological description of the agent. *The Journal of Parasitology*. 2010. Vol. 96(1). Pp. 116–124.
 31. Abdel-Baki A. A. S., T. Sakran, E. Zayed. Re-description of *Myxobolus fahmii* from the gills of *Barbus bynnii* with new data on the precise infection site, histological impacts, and seasonality. *Parasitology Research*. 2015. Vol. 114. Pp. 2047–2051.
 32. Molnár K., Nyeste K., Székely Cs. Parasitology is a tool for identifying the original biotope of the gibel carp (*Carassius auratus gibelio* Berg, 1932). *Pisces Hungarici*. 2018. Vol. 12. Pp. 87–94.
 33. El-Matbouli M., Hoffmann R.W. *Myxobolus carassii* Klokaceva, 1914 also requires an oligochaete, *Tubifex tubifex*, as an intermediate host in its life cycle. *Bulletin of the European association of fish pathologists*. 1993. Vol. 13. Pp. 189–192.
 34. SHul'man S. S., Donec Z. S., Kovaleva A. A. *Klass miksosporidij (Myxosporea) mirovoj fauny. Vol. 1. Obshchaya chast'* [The class of myxosporidia (Myxosporea) of the world fauna. Vol. 1. General part]. Saint-Petersburg: Nauka, 1997. 567 p. (In Russ.)
 35. Sónia Rocha, Carlos Azevedo, Ângela Alves, Carlos Antunes, and Graça Casal. Morphological and molecular characterization of Myxobolids (Cnidaria, Myxozoa) infecting Cypriniforms (Actinopterygii, Teleostei) endemic to the Iberian Peninsula. *Parasite*. 2019. Vol. 26. No 48. Pp. 1–16. <https://doi.org/10.1051/parasite/2019049>.

36. Wolf K., Markiw M. E. Biology contravenes taxonomy in the Myxozoa: new discoveries show alternation of invertebrate and vertebrate hosts. *Science*. 1984. Vol. 225. Pp. 1449–1452.
37. Ahmet Özer, Rodney Wootten, Andrew P. Shinn. Infection prevalence, seasonality and host specificity of actinosporean types (Myxozoa) in an Atlantic salmon fish farm located in Northern Scotland. *Folia Parasitologica*. 2002. Vol. 49. Pp. 263–268.
38. Lom J., Dykov A. Y. Myxozoan genera: definition and notes on taxonomy, life-cycle terminology and pathogenic species. *Folia Parasitologica*. 2006. Vol. 53. Pp. 1–36.
39. Voronin V. N., Dudin A. S. On the methods of studying the actinosporeal phase of the development of myxosporidia. *Parazitologiya* [Parasitology]. 2011. Vol. 45. Issue 1. Pp. 60–66. (In Russ.)
40. Erséus C., Källersjö M., Ekman M., Hövmöller R. 18S rDNA phylogeny of the Tubificidae (Clitellata) and its constituent taxa: dismissal of the Naididae. *Molecular Phylogenetics and Evolution*. 2002. Vol. 22. Pp. 414–422.
41. Jamieson B. G. M. On the phylogeny and higher classification of the Oligochaeta. *Cladistics*. 1988. Vol. 4. Pp. 367–401. DOI: 10.1111/j.1096-0031.1988.tb00520.x.
42. Kajgorodova I. A. Molecular phylogeny and systematics of oligochaetes: pro et contra. *Vestn. Mosk. un-ta. Seriya 16. Biologiya* [Bulletin of the Moscow University. Series 16. Biology]. 2010. No 4. Pp. 39–41. (In Russ.)
43. Zhizn' zhivotnyh : v 7 t. T. 1. Prosteyshie. Plastinchatye. Gubki. Kishechnopolostnye. Grebneviki. Ploskie chervi. Nemertiny. Kruglye chervi. Kol'chatye chervi. Shchupal'cevye [Animal life. In 7 volumes. Vol. 1. The simplest. Lamellar. Sponges. Coelenterates. Ctenophora. Flatworms. Nemertines. Roundworms. Annelid worms. Tentacles]. Ed.-in-chief V. E. Sokolov; edited by Yu. I. Polyansky. 2nd ed., reprint. Moscow: Prosveshchenie, 1987. 448 p. (In Russ.)
44. Alibaeva M. M. Materials on small-scale worms (Oligochaeta) Kayrakkum reservoir. *Vestnik Tadzhikskogo nacional'nogo universiteta (nauchnyj zhurnal). Seriya estestvennyh nauk* [Bulletin of the Tajik National University (scientific journal). Natural Sciences Series Bulletin of the Tajik National University (scientific journal). Natural Sciences Series]. Dushanbe: SINO, 2012. Pp. 243–248. (In Russ.)
45. Abdushukurov D. A., Azimov SH. SH., Dzhuvaev A. A., Petuhov V. N. The condition of the Kayrakkum reservoir. *Vestnik Tadzhikskogo nacional'nogo universiteta. Seriya estestvennyh nauk* [Bulletin of the Tajik National University. Natural Sciences Series]. 2016. No 1/1 (192). Pp. 218–223. (In Russ.)
46. Tugai [Tugai]. Available at: <https://translated.turbopages.org/> (accessed: 21.07.2024). (In Russ.)
47. *Opredelitel' parazitov presnovodnyh ryb fauny SSSR. Vol. 3. Paraziticheskie mnogokletochnye. (Vtoraya chast')* [Determinant of parasites of freshwater fish fauna of the USSR. Vol. 3. Parasitic multicellular. (The second part)]. Leningrad: Nauka, 1987. 583 p. (Determinants of the fauna of the USSR, published by the Zoological Institute of the USSR Academy of Sciences; issue 149). (In Russ.)
48. *Opredelitel' parazitov presnovodnyh ryb fauny SSSR. V. 2. Paraziticheskie mnogokletochnye. (Pervaya chast')* [Determinant of parasites of freshwater fish of the fauna of the USSR. Vol. 2. Parasitic multicellular. (The first part)]. Leningrad: Nauka, 1985. 425 p. (Determinants of the fauna of the USSR, published by the Zoological Institute of the USSR Academy of Sciences; issue 143). (In Russ.)
49. Adaev T., Barakbaev T., SHarahmetov S. The current state of ichthyofauna and prospects for fisheries use of delta lakes of the Syrdarya River. *Central'noaziatskiy zhurnal issledovaniy vodnyh resursov* [Central Asian Journal of Water Resources Research]. 2021. No 7 (2). Pp. 20–46. (In Russ.)
50. *Ihtiofauna bassejna reki Syrdar'ya — Sanitarnaya ocenka ryby r. Syrdar'ya* [Ichthyofauna of the Syrdarya River basin — Sanitary assessment of the fish of the Syrdarya River] (vuzlit.com). Available at: https://vuzlit.com/707198/ihthiofauna_bassejna_reki_syrdarya#812 (accessed: 15.08.2024). (In Russ.)
51. Berg L. S. *Ryby presnyh vod SSSR i sopredel'nyh stran. CHast' 2* [Freshwater fish of the USSR and neighboring countries. Part 2]. Ed. 4th, revised and supplemented. Moscow, Leningrad: Publishing House of the USSR Academy of Sciences, 1949. 458 p. (In Russ.)
52. Aligadzhiyev A. D., Gusev A. V., Kazieva N. SH. A new species of monogenes from the gills of the Caspian and Kura roach. *Parazitologiya* [Parasitology]. 1984. Vol. 5. Issue 14. Pp. 412–415. (In Russ.)
53. Shamsi SH., Jalali B. Monogenean parasites of Caspian Frisian roach (*Rutilus frisii* Kutum) in Sefid-Rood river and Caspian Sea. *Iranian Journal of Fisheries Sciences*. 2001. Vol. 3. Issue 2. Pp. 19–24.
54. Rahanandeh Mohammad. *Survey on parasites of *Rutilus frisii* Kutum in South west of Caspian Sea with the emphasis of pathology of *Dactylogyrus frisii* and morphological identification of *Paradiplozoon* sp and *Anisakis* sp*. PhD. Islamic Azad University, Science and Research Branch, Tehran, Aquatic Animal Health. 2010. 149 p. Available at: <http://hdl.handle.net/1834/35769> (accessed: 15.08.2024).

55. Galli Crosa, Bertoglio Mariniello, Ortis D'Amelio. Populations of *Lamproglena pulchella* von Nordmann 1832 (Copepoda: Eudactylinidae) in cyprinid fish in rivers with different pollution levels. *Journal of Applied Ichthyology*. 2001. Vol. 17. No 2. Pp. 93–96. <https://doi.org/10.1046/j.1439-0426.2001.00282.x>.
56. Jirsa F., Zitek A., Schachner O. First record of *Lamproglena pulchella* Nordmann 1832 in the Pielach and Melk rivers, Austria. *Journal of Applied Ichthyology*. 2006. Vol. 22. No 5. Pp. 404–406. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0426.2006.00760.x>.
57. Öktener A., Eğribaş E., Başusta N. A preliminary investigation on serious mortalities of fish in Balıklıgöl (Halil-ür Rahman Gölü, Şanlıurfa). *Gazi University Journal of Science*. 2008. Vol. 21. No. 1. Pp. 9–13.
58. Öktener A., Eğribaş E., Başusta N. A review of *Lamproglena pulchella* Von Nordmann, 1832 (Copepoda, Cyclopoida: Lernaecidae) distribution across Europe. *Buletin USAMV Veterinary Medicine*. 2008. Vol. 65. Pp. 370–371.
59. Dubinina M. N. *Remnecy fauny SSSR* [Belts of fauna of the USSR]. Leningrad: Science. Leningrad Branch, 1966. 262 p. (In Russ.)
60. Gavrilova N. G. Ligulosis of bream and chehony in the Kayrakkum reservoir. *Tez. dokl. 5-e Vses. soveshch. po boleznyam i parazitam ryb i vodn. Bespozv* [Abstracts of the reports. 5th All-Union Meeting on Diseases and Parasites of Fish and Aquatic Invertebrates]. Moscow; Leningrad, 1968. Pp. 26–27. (In Russ.)
61. Gavrilova N. G., Karimov S. B. On changes in the parasite fauna of fish in the Kairakkum reservoir over a long period. *Parazitologiya*. [Parasitology]. 1989. Vol. 23. Issue 3. Pp. 250–256. (In Russ.)
62. Izvekova G. I., Tyutin A. V. Infestation and features of the parasite–host relationship in the *Ligula intestinalis* — chehon (*Pelecus cultratus*) system in the Rybinsk reservoir. *Povolzhskij ekologicheskij zhurnal* [Volga Ecological Journal]. 2011. No 2. Pp. 137–145. (In Russ.)
63. Gukasyan E. H., Melkonyan G. F., Stepanyan L. G., Badalyan N. S. Features of the development of the population of long-toed crayfish (*Pontastacus leptodactylus* Eschscholtz, 1823) in Lake Sevan in the period 1996–2018. *Transformaciya ekosistem* [Transformation of ecosystems]. 2019. No 2 (3). Pp. 85–93. DOI: 10.23859/estr-190513. Available at: http://www.ecosysttrans.com/publikatsii/detail_page.php?ID=128 (accessed: 15.08.2024). (In Russ.)
64. *Vsyo o rechnom rake: ego obraz zhizni, lovlya i razvedenie* [All about the crayfish: its lifestyle, fishing and breeding]. Available at: <https://ferma.expert/ryba/raki/rechnoy-rak/> (accessed: 15.08.2024). (In Russ.)
65. Moravec F., Amin A. Some helminth parasites, excluding Monogenea, from fishes of Afghanistan. *Acta Scientiarum Naturalium — Academiae Scientiarum Bohemoslovacae Brno*. 1978. Vol. 12. Pp. 1–45.
66. Moravec F., Huffman D. G. *Rhabdochona longleyi* sp. n. (Nematoda: Rhabdochonidae) from Blind Catfishes, *Trogloglanis Pattersoni* and *Satan Eurystomus* (Ictaluridae) from ~ The Subterranean Waters of Texas. *Folia Parasitologica*. 1988. Vol. 35. Pp. 235–243.
67. Moravec František, Yooyen Thanapon. Two new species of *Rhabdochona* (Nematoda: Rhabdochonidae) from freshwater fishes in Thailand. *Folia Parasitologica*. 2011. Vol. 58 (3). Pp. 224–232.
68. Dzhalilov U. D. Materials on *Rhabdochona* (*Rhabdochona* Railliet, 1916) of fish of the Vakhsh River and floodplain lakes. *Izv. Akad. Nauk Tadjikskoj SSR. Otdelenie biolog. Nauk* [Proceedings of the Academy of Sciences of the Tajik SSR. Department of Biological Sciences]. 1964. Vol. 1. No 15. Pp. 109–117. (In Russ.)
69. Bilal Samir J., Rahman Shwan K., Abdullah Younis S., Abdullah Shamall M.A. First record of *Rhabdochona* (*Rhabdochona*) *longispicula* (Nematoda) in *Glyptothorax kurdistanicus* from Greater Zab River, Kurdistan Region/ Iraq. *ZANCO Journal of Pure and Applied Sciences*. 2017. Vol. 29 (1). Pp. 48–53.
70. Berg L. S. Description of a new siluroid fish, *Glyptosternum kurdistanicum* from the Tigris River basin. *Izvestiya Akademii nauk SSSR* [Proceedings of the Academy of Sciences of the USSR]. 1931. Vol. 7. Pp. 1267–1270. (In Russ.)
71. *Zhizn' zhivotnyh : v 7 t. T. 4. Ryby* [Animal life : In 7 vols. Vol. 4. Pisces]. Gl. ed. V. E. Sokolov; edited by T. S. Russ. 2nd ed., reprint. Moscow: Prosveshchenie, 1983. 575 p. (In Russ.)
72. SHigin A. A. *Trematody fauny SSSR. Rod Diplostomum. Metacerkarii* [Trematodes of the fauna of the USSR. The genus *Diplostomum*. Metacercariae]. Moscow: Nauka, 1986. 253 p. (In Russ.)
73. Sudarikov V. E., SHigin A. A., Kurochkin YU. V. and al. *Metacerkarii trematod — parazity presnovodnyh gidrobiontov Central'noj Rossii* [Metacercariae of trematodes — parasites of freshwater aquatic organisms of Central Russia]. Moscow: Nauka, 2002. 298 p. (In Russ.)
74. Mirzobahodurova SH. R., Sattarov T. Features of biology and distribution of near-water birds of Northern Tajikistan. *Vestnik Tadjikskogo nacional'nogo universiteta. Seriya estestvennyh nauk* [Bulletin of the Tajik National University. Natural Sciences Series]. Dushanbe: SINO, 2015. No 1–4 (168). Pp. 181–183. (In Russ.)

75. Umarov S. S. New data on the nesting of the great cormorant *Phalacrocorax carbo* in the Fergana Valley. *Russkij ornitologicheskij zhurnal* [*Russian Ornithological Journal*]. 2024. Vol. 33. Express edition 2433. Pp. 2918–2920. (In Russ.)

Информация об авторах

Каримов Саид Бабаевич, доктор биологических наук, профессор, заведующий кафедрой биологии и методики преподавания ГОУ «Худжандский государственный университет имени академика Б. Гафурова» (735700, Таджикистан, г. Худжанд, пр. Мавлонбекова, 1)

Доровских Геннадий Николаевич, доктор биологических наук, профессор кафедры безопасности жизнедеятельности и физической культуры, Сыктывкарский государственный университет им. Питирима Сорокина (167001, Россия, Сыктывкар, Октябрьский пр., 55). Researcher ID: B-3209-2014

Баротова Фируза Мавлоновна, соискатель кафедры зоологии и физиологии человека и животных ГОУ «Худжандский государственный университет имени академика Б. Гафурова» (735700, Таджикистан, г. Худжанд, пр. Мавлонбекова, 1)

Махмудов Ахмадjon Максудович, соискатель кафедры зоологии и физиологии человека и животных ГОУ «Худжандский государственный университет имени академика Б. Гафурова» (735700, Таджикистан, г. Худжанд, пр. Мавлонбекова, 1)

Information about the authors

Said B. Karimov, Doctor of Biological Sciences, Professor, the Head of the Department of Biology and its Methods of Teaching Khujand State University named after acad. B. Gafurov (1, pr. Mavlonbekova, Hudzhand, 735700, Tajikistan)

Gennady N. Dorovskikh, Doctor of Biological Sciences, Professor of the Department of Life Safety and Physical Education, Pitirim Sorokin Syktyvkar State University (55, Oktyabrsky prosp., Syktyvkar, 167000, Russia). Researcher ID: B-3209-2014.

Firuz M. Barotova, the applicant of the Department of Zoology and Physiology of Humans and Animals Khujand State University named after acad. B. Gafurov (1, pr. Mavlonbekova, Hudzhand, 735700, Tajikistan)

Akhmadjon M. Makhmudov, the applicant of the Department of Zoology and Physiology of Humans and Animals Khujand State University named after acad. B. Gafurov (1, pr. Mavlonbekova, Hudzhand, 735700, Tajikistan)

Статья поступила в редакцию / The article was submitted	01.09.2024
Одобрена после рецензирования / Approved after reviewing	25.10.2024
Принята к публикации / Accepted for publication	25.10.2024

Научная статья / Article

УДК: 616

<https://doi.org/10.34130/2306-6229-2024-4-26>

Диагностические проблемы и неправильные первоначальные диагнозы у пациентов с тромбоэмболией легочной артерии

**Елена Игоревна Ильиных¹, Екатерина Александровна Мишенева²,
Елена Антониевна Епифанова², Анна Игоревна Корелина¹,
Кирилл Сергеевич Болтунов¹, Николай Романович Дорохин¹,
Алина Дмитриевна Северина¹, Мария Андреевна Целоусова¹**

¹ Сыктывкарский государственный университет имени Питирима Сорокина,
Сыктывкар, Россия, anel73@inbox.ru

² Государственное учреждение Республики Коми «Клинический кардиологический диспансер»,
Сыктывкар, Россия

Аннотация. В статье представлены результаты анализа диагностических ошибок в первоначальных диагнозах у пациентов с тромбоэмболией легочной артерии. Частота неправильных диагнозов составила 38 %, что совпадает с результатами других аналогичных исследований и в целом отражает сложности клинической диагностики тромбоэмболии легочной артерии. Наиболее частыми неправильными диагнозами были острый коронарный синдром, пневмония, острое респираторное заболевание.

Ключевые слова: тромбоэмболия легочной артерии, диагностические ошибки, диагностический алгоритм

Для цитирования: Ильиных Е. И., Мишенева Е. А., Епифанова Е. А., Корелина А. И., Болтунов К. С., Дорохин Н. Р., Северина А. Д., Целоусова М. А. Диагностические проблемы и неправильные первоначальные диагнозы у пациентов с тромбоэмболией легочной артерии // Вестник Сыктывкарского университета. Серия 2: Естественные науки. Медицина. 2024. № 4 (32). С. 26–34. <https://doi.org/10.34130/2306-6229-2024-4-26>

Diagnostic problems and initial misdiagnoses in patients with pulmonary embolism

**Elena I. Ilinykh¹, Ekaterina A. Misheneva², Elena A. Epifanova², Anna I. Korelina¹,
Kirill S. Boltunov¹, Nikolai R. Dorokhin¹, Alina D. Severina¹, Maria A. Tselousova¹**

¹ Pitirim Sorokin Syktyvkar State University, Syktyvkar, Russia, anel73@inbox.ru

² State Institution of the Komi Republic “Clinical Cardiology Hospital”, Syktyvkar, Russia

Abstract. The article presents the results of the analysis of diagnostic errors in the initial diagnoses of patients with pulmonary embolism. The frequency of incorrect diagnoses was 38%, which coincides with the results of other similar studies and generally reflects the difficulties of clinical diagnosis of pulmonary embolism. The most common incorrect diagnoses were acute coronary syndrome, pneumonia, acute respiratory disease.

Keywords: pulmonary embolism, misdiagnosis, diagnostic algorithm

For citation: Ilinykh E. I., Misheneva E. A., Epifanova E. A., Korelina A. I., Boltunov K. S., Dorokhin N. R., Severina A. D., Tselousova M. A. Diagnostic problems and initial misdiagnoses in patients with pulmonary embolism. *Vestnik Syktyvkarского университета. Seriya 2: Estestvoznaniye. Medicina = Syktyvkar University*

Введение. Тромбоэмболия легочной артерии (ТЭЛА) — один из жизнеугрожающих состояний, при котором ранняя диагностика позволяет быстро начать антикоагулянтную терапию и тем самым предотвратить вероятный летальный исход. Диагноз ТЭЛА является одним из наиболее сложных на этапе догоспитальной и стационарной неотложной помощи, поскольку не имеет специфических симптомов, простых и доступных методов подтверждения / исключения этого диагноза [1; 2]. Одним из важных аспектов минимизации диагностических ошибок является включение возможного диагноза ТЭЛА в перечень рабочих диагнозов как на догоспитальном, так и стационарном этапах у пациентов с недавно возникшей одышкой, болью в груди, синкопе и / или кровохарканьем, если нет явного альтернативного диагноза, объясняющего перечисленные симптомы [3].

У большинства пациентов при первоначальных симптомах ТЭЛА состояние остается стабильным без признаков жизнеугрожающего состояния, что может приводить к диагностическим ошибкам, поскольку врачи не включают в дифференциальный диагноз возможную ТЭЛА. Но ТЭЛА в большинстве случаев является прогрессирующим состоянием и может в ближайшие дни / недели привести к развитию гемодинамической нестабильности, сценарию массивной ТЭЛА и летальному исходу, если диагноз не был ранее установлен и не начато лечение антикоагулянтами. ТЭЛА может быть связана с высокой смертностью, особенно в нелеченных случаях: у пациентов с недиагностированной ТЭЛА смертность составляет 30 %, которая снижается до 8 % при диагностике и антикоагулянтной терапии [4].

Диагностический алгоритм при ТЭЛА предполагает раннее проведение компьютерной томографии с контрастированием, что доступно только на базе специализированных стационаров. Также алгоритм диагностики ТЭЛА строится на использовании шкал вероятности у пациентов со стабильной гемодинамикой: при низкой клинической вероятности требуется последующий анализ уровня D-димера, и при положительном результате проводится визуализирующее исследование легочных артерий с помощью компьютерной томографии с контрастированием (компьютерная томографическая ангиопульмонография (КТ АГП)); при высокой клинической вероятности пациентам сразу проводится КТ АГП без оценки D-димера [1]. Пациентам с предполагаемым диагнозом ТЭЛА с нестабильной гемодинамикой (гипотензия или шок) проводится экстренное трансторакальное эхокардиографическое исследование (ТТ ЭхоКГ), при выявлении признаков перегрузки правого желудочка может быть начата тромболитическая терапия ТЭЛА до окончательной верификации диагноза с помощью КТ АГП [1].

Первоначальная диагностика вероятной ТЭЛА строится на оценке клинических симптомов, таких как недавно возникшая одышка, боль в груди, синкопе и / или кровохарканье. Эти симптомы не являются специфичными для диагноза ТЭЛА, поэтому врачам приходится учитывать клиническую вероятность этого диагноза в зависимости от дополнительных условий, которые предрасполагают к венозному тромбозу: недавнее хирургическое вмешательство, длительный постельный режим, онкологическое заболевание, анамнез ранее перенесенной ТЭЛА, прием эстроген-содержащих препаратов. Перечисленные состояния являются большими факторами риска венозного тромбоза и учитываются в шкалах оценки вероятности ТЭЛА (шкала Wells и шкала Geneva) [1]. Также значительно повышает вероятность диагноза ТЭЛА выявление клинических симптомов тромбоза глубоких вен (ТГВ), таких как односторонний отек и / или боль в нижней конечности, эти признаки также учитываются в шкалах вероятности ТЭЛА [1]. Но более половины пациентов с ТЭЛА имеют так называемую неспровоцированную ТЭЛА (без очевидных факторов риска тромбоза) [1]. У таких пациентов диагностика ТЭЛА будет наиболее проблематичной, так как диагноз ТЭЛА не будет рассматриваться на первоначальном этапе, учитывая низкую вероятность этого диагноза.

В 2022 г. опубликованы результаты систематического обзора 18 исследований (n=2053), где анализировались случаи недиагностированной ТЭЛА при первоначальном обследовании пациентов с ТЭЛА, установленной при дальнейшем обследовании. Объединенный анализ исследований показал, что в отделениях неотложной помощи пациентам с ТЭЛА в 27 % случаев исходно ставится неверный диагноз, в стационарных условиях неправильный диагноз ставится в 53 % случаев, в условиях отделений реанимации — в 38 % случаев [2]. Приведенные результаты подтверждают проблему ранней диагностики ТЭЛА на всех уровнях оказания медицинской помощи и высокий процент диагностических ошибок при первоначальном обследовании таких пациентов, что в первую очередь обусловлено низкой специфичностью симптомов ТЭЛА, а также развитием ТЭЛА у половины пациентов без явных факторов риска венозного тромбоза.

Материал и методы. Целью исследования было проведение анализа частоты и структуры первоначальных ошибочных диагнозов у пациентов с окончательным диагнозом ТЭЛА. Также проводилась оценка частоты правильного диагноза в условиях высокой вероятности ТЭЛА в следующих ситуациях: наличие клинических симптомов ТГВ, анамнез ранее перенесенной ТЭЛА, недавно перенесенная хирургическая операция, онкологическое заболевание, применение эстроген-содержащей терапии.

Дизайн исследования — ретроспективное когортное исследование. Для анализа использовали истории болезни пациентов, которые были госпитализированы в Государственное учреждение Республики Коми «Клинический кардиологический диспансер» (ГУ РК ККД) в период с 2019 по 2023 г. В анализ включены данные 345 пациентов с диагнозом ТЭЛА, который был подтвержден на КТ АГП. Средний возраст пациентов составил 60.9 ± 14.3 года, мужчин было 42 %.

Статистические методы. При сравнении групп по качественным признакам применяли χ^2 -тест. Для оценки влияния факторов на вероятность правильного диагноза рассчитывали показатель отношения шансов (ОШ) и 95 % доверительный интервал (95 % ДИ). При $p < 0.05$ различия между группами считали статистически значимыми.

Результаты. В табл. 1 представлена частота симптомов ТЭЛА в нашем наблюдении в сравнении с Европейским регистром ТЭЛА [5]. Такие симптомы, как одышка, кашель, кровохарканье и повышение температуры, в нашем исследовании встречались чаще, чем у пациентов с ТЭЛА по данным Европейского регистра. Частота синкопальных состояний и боли в груди была сопоставима. Клинические симптомы венозного тромбоза (односторонний отек и / или боль в нижней конечности) были выявлены у 169 пациентов (49 %).

Таблица 1

Частота симптомов тромбэмболии легочной артерии

<i>Симптом</i>	<i>ГУ РК ККД n=345</i>	<i>Европейский регистр ТЭЛА [5] n=1399</i>	<i>p</i>
Одышка, n (%)	310 (90)	1058 (75)	<0.01
Боль в груди, n (%)	146 (42)	637 (45)	0.28
Кашель, n (%)	99 (29)	235 (17)	<0.01
Синкопе, n (%)	33 (9,5)	114 (8)	0.39
Кровохарканье, n (%)	28 (8)	48 (3,4)	<0.01
Повышение температуры, n (%)	60 (17)	109 (8)	<0.01
Шок, n (%)	10 (3)	21 (1,5)	0.07

В табл. 2 приведена структура первоначальных диагнозов у пациентов с ТЭЛА. В 38 % случаев первоначальный диагноз оказался неправильным, самыми частыми диагнозами были острый коронарный синдром (в 33 % случаев), пневмония (28 %) и острое респираторное заболевание (12 %).

Всем пациентам с диагностированной ТЭЛА было проведено ультразвуковое компрессионное исследование вен нижних конечностей: инструментальные признаки ТГВ

были выявлены у 280 пациентов (81 %). У шести пациентов (2 %) тромбоз был выявлен в венах верхних конечностей. У 59 пациентов (17 %) не было инструментальных признаков тромбоза периферических вен. Симптомный ТГВ (боль и / или отек нижних конечностей) был у 169 пациентов (в 60 % случаев от 280 случаев доказанного инструментально ТГВ). У 111 пациентов из 280 с доказанным инструментально ТГВ не было клинических симптомов тромбоза (40 %). От всех пациентов с ТЭЛА клинические симптомы ТГВ имелись только у 49 % пациентов.

У пациентов с клиническими симптомами ТГВ первоначальный правильный диагноз ТЭЛА был установлен в 69 % случаев (у 116 пациентов из 169). Если у пациентов не было клинических признаков ТГВ, то частота правильного диагноза была 56 % (в 98 случаях из 176). Показатель ОШ для правильного диагноза у пациентов с признаками ТГВ составил 1.7 (95 % ДИ 1.1–2.7, $p = 0.018$). Но необходимо обратить внимание, что частота первого неправильного диагноза в группе пациентов с клиникой ТГВ составила 31 % (в 53 случаях из 169).

Таблица 2

Структура первоначальных диагнозов у пациентов с тромбоэмболией легочной артерии

Диагноз	n (%)
Первоначальный диагноз ТЭЛА	214 (62)
Первоначальный неправильный диагноз:	131 (38)
• Острый коронарный синдром	43/131 (33)
• Пневмония	37/131 (28)
• Острое респираторное заболевание	16/131 (12)
• Декомпенсация сердечной недостаточности	6/131 (4.5)
• Острое нарушение мозгового кровообращения	5/131 (4)
• Обострение хронической обструктивной болезни легких	4/131 (3)
• Злокачественное образование легких	4/131 (3)
• Межреберная невралгия	4/131 (3)
• Легочное кровотечение	2/131 (1.5)
• Остеохондроз	2/131 (1.5)
• Миокардит	2/131 (1.5)
• Паническая атака	2/131 (1.5)
• Другие диагнозы	4/131 (3)

Всего в наблюдаемой группе было 39 пациентов (11 % от всех пациентов) с рецидивом ТЭЛА. Это были пациенты с отмененной антикоагулянтной терапией самостоятельно или по предложению врача, так как у них не было показаний для пролонгированной антикоагулянтной терапии. Среди 39 пациентов с рецидивом ТЭЛА правильный диагноз был установлен у 25 человек (64 %). Среди 306 пациентов с первым эпизодом ТЭЛА правильный первоначальный диагноз был установлен в 189 случаях (62 %). Наличие в анамнезе эпизода ТЭЛА не улучшило диагностику на первоначальном этапе у таких пациентов: показатель ОШ правильного диагноза ТЭЛА при рецидиве составил 1.1 (95 % ДИ 0.5–2.2, $p > 0.05$).

Послеоперационная ТЭЛА была у 44 пациентов (13 % от всех пациентов). В этой группе частота правильных первоначальных диагнозов ТЭЛА была очень высокая — 89 % (39 случаев из 44). У пациентов с ТЭЛА без хирургического вмешательства частота первого правильного диагноза составила 58 % (175 случаев из 301). Недавняя хирургическая операция повышала вероятность правильного диагноза ТЭЛА в 5 раз: показатель ОШ составил 5.6 (95 % ДИ 2.1–14.6, $p < 0.001$).

Ранее диагностированное онкологическое заболевание было у 87 пациентов (25 %). В этой группе пациентов первоначальный диагноз ТЭЛА был установлен в 76 % случаев (у 21 пациента из 87). У пациентов без онкологического заболевания правильный диагноз

был поставлен 57 % пациентам (в 148 случаев из 258). Известное онкологическое заболевание повышало вероятность правильного первоначального диагноза ТЭЛА в 2 раза: показатель ОШ составил 2.3 (95 % ДИ 1.3–4.0, $p=0.003$).

Из 198 пациенток с ТЭЛА 30 принимали эстроген-содержащие препараты (оральные контрацептивы или гормональную заместительную терапию (ОК/ГЗТ) (15 % от всех женщин). Частота правильного диагноза ТЭЛА у таких пациенток составила 47 % (14 случаев из 30). В группе пациенток, которые не принимали ОК/ГЗТ, частота первоначального правильного диагноза была 68 % (в 115 случаев из 168). Прием ОК/ГЗТ снижал вероятность первоначального правильного диагноза ТЭЛА — ОШ 0.4 (95 % ДИ 0.18–0.88, $p < 0.05$).

Обсуждение. При анализе клинической картины ТЭЛА самым частым симптомом была одышка, которая встречалась в 90 % случаев, боль в груди также была частым симптомом (в 42 % случаев). Более специфичные симптомы ТЭЛА, такие как синкопе и кровохарканье, встречались в 9,5 и 8 % случаев соответственно. Одышка и кровохарканье встречались значимо чаще в нашем наблюдении в сравнении с данными Европейского регистра ТЭЛА, частота синкопе и боли в груди были сопоставимы [5].

Частота неправильных первоначальных диагнозов в нашем исследовании составила 38 %, что оказалось сопоставимым с частотой диагностических ошибок у пациентов с ТЭЛА в систематическом обзоре Kwok C. S et al. [2], где объединенные данные показали частоту неверных первоначальных диагнозов в пределах 27–53 %. Наиболее частым ошибочным диагнозом был диагноз острого коронарного синдрома (33 % в структуре ошибочных диагнозов в нашем наблюдении), в систематическом обзоре диагностических ошибок при ТЭЛА частота диагноза острого коронарного синдрома была 30 % от всех неправильных диагнозов [2]. Поскольку при ТЭЛА ведущими симптомами могут являться боль в груди, в том числе ишемического характера, и изменения на ЭКГ в виде отрицательных зубцов Т в прекардиальных отведениях, то дифференциальный диагноз между ТЭЛА и острым коронарным синдромом будет представлять определенную сложность. Поскольку в лечении острого коронарного синдрома есть антикоагулянтная терапия с использованием гепарина, то в этом случае терапия ТЭЛА будет проводиться до момента постановки правильного диагноза. Также пациент, у которого первоначально предполагается острый коронарный синдром, будет госпитализирован в кардиологический стационар, где в дальнейшем диагноз ТЭЛА будет установлен. У некоторых пациентов с предполагаемым острым коронарным синдромом поиск ТЭЛА начинается после оценки коронарной ангиографии, которая в этих ситуациях нормальная [6–8].

Частыми неправильными диагнозами у пациентов с ТЭЛА оказались диагнозы респираторных заболеваний, которые составили 43 % от всех неверных первоначальных диагнозов (пневмония — 28 %, острое респираторное заболевание — 12 % и обострение хронической обструктивной болезни легких — 3 %). В систематическом обзоре диагностических ошибок при ТЭЛА в 37 % случаев от всех неправильных диагнозов диагностировались респираторные заболевания [2]. В исследовании Alonso-Martínez J. L. et al. [9] в структуре неправильных исходных диагнозов у пациентов с ТЭЛА также отмечалась высокая частота диагнозов респираторных заболеваний (в 56 % случаев от всех неправильных диагнозов). Первоначальная диагностика пневмонии или острого респираторного заболевания у пациента с симптомами ТЭЛА вероятна, так как такие симптомы, как кашель, боль в груди, повышение температуры и одышка, являются характерными симптомами респираторной патологии. Настораживающими признаками в отношении ТЭЛА у таких пациентов может быть непропорционально выраженная одышка, синкопе, кровохарканье, факторы риска венозного тромбоза, клинические симптомы ТГВ. Наиболее сложной является диагностика ТЭЛА у пациентов с уже существующей патологией легких, такой как бронхиальная астма или хроническая обструктивная болезнь легких. У таких пациентов одышка, связанная с эпизодом ТЭЛА, может быть расценена как обостре-

ние астмы или хронической обструктивной болезни легких, особенно в ситуации с низкой предтестовой вероятностью ТЭЛА. В таких случаях рекомендуется дополнительно рассматривать возможный диагноз ТЭЛА, если первоначальное лечение обострения астмы или хронической обструктивной болезни легких оказалось малоэффективно.

У большинства пациентов с ТЭЛА источником легочной эмболии является тромбоз глубоких вен нижних конечностей [1; 4]. В нашем наблюдении частота инструментально доказанного ТГВ составила 81 %, что согласуется с аналогичными клиническими наблюдениями [10]. Клинические признаки венозного тромбоза улучшают диагностику ТЭЛА, поскольку выявление одностороннего отека и / или боли в нижней конечности значительно повышают вероятность диагноза ТЭЛА. Показатель ОШ для правильного диагноза ТЭЛА при наличии клинических симптомов ТГВ составил 1.7. Но у 49 % пациентов с ТЭЛА отсутствовали клинические симптомы периферического венозного тромбоза, что привело к большей частоте первоначальных неправильных диагнозов в этой группе пациентов. С другой стороны, появление респираторных симптомов у пациента с болью и / или отеком нижней конечности должны настораживать врачей относительно диагноза ТЭЛА, но даже в этой группе пациентов частота первых ошибочных диагнозов составила 31 %.

В условиях высокой предтестовой вероятности ТЭЛА, когда у пациента было недавнее хирургическое вмешательство или известное онкологическое заболевание, первоначальная диагностика ТЭЛА имела лучшие результаты, чем в общей группе пациентов с ТЭЛА: таким пациентам исходно чаще ставился правильный диагноз (показатель ОШ для правильного диагноза у пациентов с недавней операцией составил 5.6, у пациентов с онкологическим заболеванием — 2.3). Но в двух других ситуациях высокой предтестовой вероятности ТЭЛА диагностика ТЭЛА была не лучше, чем в общей группе пациентов с ТЭЛА: рецидив ТЭЛА не повлиял на улучшение первичной диагностики (ОШ 1.1), а у пациенток, принимающих ОК/ГЗТ, вероятность правильного диагноза оказалась даже ниже, чем в группе пациенток с ТЭЛА (ОШ 0.4), что, вероятно, связано с более молодым возрастом таких пациенток и тем, что медицинские работники не всегда уточняют факт приема эстроген-содержащих препаратов у женщин с симптомами, подозрительными в отношении ТЭЛА.

Современный диагностический алгоритм ТЭЛА является достаточно сложным и включает оценку предтестовой вероятности с использованием шкал Wells и Geneva для стабильных пациентов с последующей оценкой Д-димера у пациентов с невысокой предтестовой вероятностью ТЭЛА. Отрицательный результат Д-димера позволяет достаточно надежно исключить наличие тромбоза у пациентов с невысокой предтестовой вероятностью и, соответственно, диагноз ТЭЛА (высокая диагностическая предсказательная ценность отрицательного результата). Положительный результат Д-димера повышает предтестовую вероятность диагноза ТЭЛА и позволяет обоснованно отобрать пациентов на КТ АГП для окончательной верификации или опровержения диагноза ТЭЛА. Выполнение этого алгоритма направлено на минимизацию диагностических ошибок и экономное использование медицинских ресурсов, в том числе ограничение использования КТ АГП, которое является дорогостоящим исследованием, а также имеет высокую лучевую нагрузку и риск контраст-индуцированного почечного повреждения. Но рекомендуемый диагностический алгоритм может быть использован только на уровне многопрофильных стационаров, где доступно проведение компьютерной томографии. На догоспитальном и стационарном этапах является важным включение вероятного диагноза ТЭЛА в перечень обсуждаемых диагнозов, если нет достаточно объективной убежденности в альтернативном диагнозе у пациента с недавно возникшей одышкой и / или болью в груди и / или синкопе и / или кровохарканьем.

В настоящее время ведется поиск новых биомаркеров, ассоциированных с тромбозом, которые могли бы улучшить диагностику ТЭЛА. К таким биомаркерам относятся отно-

шение Д-димер / фибриноген, ишемически измененный альбумин, фактор VIII, микроРНК, тромбоцитарные микрочастицы [11].

Возросшая настороженность в отношении легочной эмболии у врачей, а также доступность неинвазивных диагностических инструментов, в частности КТ АГП, привели к тому, что клиницисты сегодня подозревают ТЭЛА и иницируют соответствующее обследование чаще, чем в прошлом. Это изменяющееся отношение врачей к данной проблеме иллюстрируют следующие показатели: верификация ТЭЛА среди пациентов, проходящих диагностическое обследование в недавних исследованиях, составила всего 5 % против показанной ранее, в начале 1980-х гг., распространенности, составившей 50 % [1]. Таким образом, крайне важно, чтобы современные неинвазивные диагностические алгоритмы для ТЭЛА были способны безопасно исключать легочную эмболию в современных популяциях пациентов с довольно низкой предтестовой вероятностью заболевания. И наоборот, положительный тест должен обладать достаточно высокой специфичностью для определения показаний к лечению антикоагулянтами [1].

Заключение. Частота первоначальных ошибочных диагнозов у пациентов с ТЭЛА составила 38 %, что сопоставимо с частотой неправильных диагнозов по опубликованным данным (27–53 %) и в целом отражает сложности клинической диагностики ТЭЛА. В структуре неправильных диагнозов наиболее частыми были острый коронарный синдром (33 %) и респираторные заболевания (43 %).

В условиях высокой предтестовой вероятности ТЭЛА частота диагностических ошибок была ниже, что наблюдалось у пациентов с онкологическими заболеваниями (ОШ 2.3), в послеоперационном периоде (ОШ 5.6) и при наличии симптомов ТГВ (ОШ 1.74). Но у пациенток, принимающих ОК/ГЗТ, несмотря на исходно высокую предтестовую вероятность ТЭЛА, частота неправильных диагнозов была высокой и составила 53 % (ОШ 0.4). Ранее перенесенный эпизод ТЭЛА не повлиял на улучшение диагностики ТЭЛА (ОШ 1.1), хотя эта группа пациентов также относится к категории высокой предтестовой вероятности ТЭЛА.

Для снижения частоты диагностических ошибок у пациентов с ТЭЛА необходимо включать это состояние в спектр дифференциальной диагностики у пациентов с симптомами одышки, боли в груди, синкопе и / или кровохарканьем, правильно использовать шкалы предтестовой вероятности ТЭЛА у пациентов со стабильной гемодинамикой и последующее определение уровня Д-димера и КТ АГП. Необходимо формировать настороженное отношение медицинских работников в отношении диагноза ТЭЛА, поскольку при отсутствии ранней диагностики и антикоагулянтного лечения легочная эмболия может прогрессировать до жизнеугрожающего состояния. Гипердиагностика ТЭЛА при первоначальном обследовании оправдана и заложена в современном диагностическом алгоритме, при использовании которого по результатам КТ АГП в итоге подтверждается 5–10 % диагнозов ТЭЛА в случае невысокой предтестовой вероятности и 30–50 % диагнозов ТЭЛА в случае высокой предтестовой вероятности.

Список источников

1. Konstantinides S., Meyer V., Becattini C. et al. ESC Scientific Document Group, 2019 ESC Guidelines for the diagnosis and management of acute pulmonary embolism developed in collaboration with the European Respiratory Society (ERS): The Task Force for the diagnosis and management of acute pulmonary embolism of the European Society of Cardiology (ESC) // *European Heart Journal*. 2020. No 4. Pp. 543–603. doi.org/10.1093/eurheartj/ehz405.
2. Kwok C. S., Wong C. W., Lovatt S. et al. Misdiagnosis of pulmonary embolism and missed pulmonary embolism: A systematic review of the literature // *Health Sciences Review*. 2022. No 3. Pp. 1–6. doi.org/10.1016/j.hsr.2022.100022.
3. Innocenti F., Lazzari C., Ricci F. et al. D-Dimer Tests in the Emergency Department: Current Insights // *Open Access Emerg. Med*. 2021. No 13. Pp. 465–479. doi: 10.2147/OAEM.S238696. PMID: 34795538; PMCID: PMC8593515.

4. Bělohávek J., Dytrych V., Linhart A. Pulmonary embolism, part I: Epidemiology, risk factors and risk stratification, pathophysiology, clinical presentation, diagnosis and nonthrombotic pulmonary embolism // *Exp. Clin. Cardiol.* 2013. No 18 (2). Pp. 129–138. PMID: 23940438; PMCID: PMC3718593.
5. Cohen A. T., Gitt A. K., Bauersachs R. et al. The management of acute venous thromboembolism in clinical practice. Results from the European PREFER in VTE Registry // *Thromb Haemost.* 2017. No 117 (7). Pp. 1326–1337. doi: 10.1160/TH16-10-0793. Epub 2017 Apr 13. PMID: 28405675; PMCID: PMC6291854.
6. Gul E. E., Nikus K. C., Erdogan H. I., Ozdemir K. Differential diagnostic dilemma between pulmonary embolism and acute coronary syndrome // *J. Arrhythm.* 2016. No 32 (2). Pp. 160–161. doi: 10.1016/j.joa.2015.10.006. Epub 2015 Dec 9. PMID: 27092202; PMCID: PMC4823566.
7. Siddiq A., Haider A., Jog A. et al. Pulmonary Embolism Presenting as ST-Elevation Myocardial Infarction: A Diagnostic Trap // *Am. J. Case Rep.* 2020. No 21. Pp. 1–6. doi: 10.12659/AJCR.927923. PMID: 33247083; PMCID: PMC7709082.
8. Liu C. P., Li J. X., Niu L. L. et al. Pulmonary embolism excluded acute coronary syndrome by coronaryography: a retrospective analysis // *Chin. Med. J. (Engl.)*. 2012. No 125 (16). Pp. 2867–2872. PMID: 22932082.
9. Alonso-Martínez J. L., Sánchez F. J., Echezarreta M. A. Delay and misdiagnosis in sub-massive and non-massive acute pulmonary embolism // *Eur. J. Intern. Med.* 2010. No 21 (4). Pp. 278–282. doi: 10.1016/j.ejim.2010.04.005. Epub 2010 May 18. PMID: 20603035.
10. Palareti G., Antonucci E., Dentali F. et al. Patients with isolated pulmonary embolism in comparison to those with deep venous thrombosis. Differences in characteristics and clinical evolution // *Eur. J. Intern. Med.* 2019. No 69. Pp. 64–70. doi: 10.1016/j.ejim.2019.08.023. Epub 2019 Sep 7. PMID: 31500936.
11. Gkana A., Papadopolou A., Mermiri M. et al. Contemporary Biomarkers in Pulmonary Embolism Diagnosis: Moving beyond D-Dimers // *J. Pers. Med.* 2022. No 12 (10). Pp. 1–12. doi: 10.3390/jpm12101604. PMID: 36294744; PMCID: PMC9604705.

References

1. Konstantinides S., Meyer V., Becattini C. et al. ESC Scientific Document Group, 2019 ESC Guidelines for the diagnosis and management of acute pulmonary embolism developed in collaboration with the European Respiratory Society (ERS): The Task Force for the diagnosis and management of acute pulmonary embolism of the European Society of Cardiology (ESC). *European Heart Journal*. 2020. No 4. Pp. 543–603. doi.org/10.1093/eurheartj/ehz405.
2. Kwok C. S., Wong C. W., Lovatt S. et al. Misdiagnosis of pulmonary embolism and missed pulmonary embolism: A systematic review of the literature. *Health Sciences Review*. 2022. No 3. Pp. 1–6. doi.org/10.1016/j.hsr.2022.100022.
3. Innocenti F., Lazzari C., Ricci F. et al. D-Dimer Tests in the Emergency Department: Current Insights. *Open Access Emerg. Med.* 2021. No 13. Pp. 465–479. doi: 10.2147/OAEM.S238696. PMID: 34795538; PMCID: PMC8593515.
4. Bělohávek J., Dytrych V., Linhart A. Pulmonary embolism, part I: Epidemiology, risk factors and risk stratification, pathophysiology, clinical presentation, diagnosis and nonthrombotic pulmonary embolism. *Exp. Clin. Cardiol.* 2013. No 18(2). Pp. 129–138. PMID: 23940438; PMCID: PMC3718593.
5. Cohen A. T., Gitt A. K., Bauersachs R. et al. The management of acute venous thromboembolism in clinical practice. Results from the European PREFER in VTE Registry. *Thromb Haemost.* 2017. No 117(7). Pp. 1326–1337. doi: 10.1160/TH16-10-0793. Epub 2017 Apr 13. PMID: 28405675; PMCID: PMC6291854.
6. Gul E. E., Nikus K. C., Erdogan H. I., Ozdemir K. Differential diagnostic dilemma between pulmonary embolism and acute coronary syndrome. *J. Arrhythm.* 2016. No 32(2). Pp. 160–161. doi: 10.1016/j.joa.2015.10.006. Epub 2015 Dec 9. PMID: 27092202; PMCID: PMC4823566.
7. Siddiq A., Haider A., Jog A. et al. Pulmonary Embolism Presenting as ST-Elevation Myocardial Infarction: A Diagnostic Trap. *Am. J. Case Rep.* 2020. No 21. Pp. 1–6. doi: 10.12659/AJCR.927923. PMID: 33247083; PMCID: PMC7709082.
8. Liu C. P., Li J. X., Niu L. L. et al. Pulmonary embolism excluded acute coronary syndrome by coronaryography: a retrospective analysis. *Chin. Med. J. (Engl.)*. 2012. No 125 (16). Pp. 2867–2872. PMID: 22932082.
9. Alonso-Martínez J. L., Sánchez F. J., Echezarreta M. A. Delay and misdiagnosis in sub-massive and non-massive acute pulmonary embolism. *Eur. J. Intern. Med.* 2010. No 21 (4). Pp. 278–282. doi: 10.1016/j.ejim.2010.04.005. Epub 2010 May 18. PMID: 20603035.

10. Palareti G., Antonucci E., Dentali F. et al. Patients with isolated pulmonary embolism in comparison to those with deep venous thrombosis. Differences in characteristics and clinical evolution. *Eur. J. Intern. Med.* 2019. No 69. Pp. 64–70. doi: 10.1016/j.ejim.2019.08.023. Epub 2019 Sep 7. PMID: 31500936.

11. Gkana A., Papadopoulou A., Mermiri M. et al. Contemporary Biomarkers in Pulmonary Embolism Diagnosis: Moving beyond D-Dimers. *J. Pers. Med.* 2022. No 12 (10). Pp. 1–12. doi: 10.3390/jpm12101604. PMID: 36294744; PMCID: PMC9604705.

Информация об авторах

Ильных Елена Игоревна, кандидат медицинских наук, доцент кафедры терапии, Сыктывкарский государственный университет им. Питирима Сорокина (167001, Россия, Сыктывкар, Октябрьский пр., 55)

Мишенева Екатерина Александровна, врач-кардиолог, Государственное учреждение «Клинический кардиологический диспансер» (167981, Россия, Сыктывкар, ул. Маркова, 1)

Епифанова Елена Антониевна, заведующая отделением кардиологии №4, врач-кардиолог, Государственное учреждение «Клинический кардиологический диспансер» (167981, Россия, Сыктывкар, ул. Маркова, 1)

Корелина Анна Игоревна, преподаватель кафедры терапии, Сыктывкарский государственный университет имени Питирима Сорокина (167001, Россия, Сыктывкар, Октябрьский пр., 55)

Болтунов Кирилл Сергеевич, Дорохин Николай Романович, Северина Алина Дмитриевна, Целоусова Мария Андреевна, ординаторы, Сыктывкарский государственный университет имени Питирима Сорокина (167001, Россия, Сыктывкар, Октябрьский пр., 55)

Information about the authors

Elena I. Ilinykh, Associate Professor of the Department of Therapy, Pitirim Sorokin Syktyvkar State University (55, Oktyabrsky prosp., Syktyvkar, 167001, Russia)

Ekaterina A. Misheneva, Cardiologist, State Institution of the Komi Republic Clinical Cardiology Hospital (1, Markov st., Syktyvkar, 167981, Russia)

Elena A. Epifanova, Cardiologist, State Institution of the Komi Republic Clinical Cardiology Hospital (1, Markov st., Syktyvkar, 167981, Russia)

Anna I. Korelina, Assistant at the Department of Therapy, Pitirim Sorokin Syktyvkar State University (55, Oktyabrsky prosp., Syktyvkar, 167001, Russia)

Kirill S. Boltunov, Nikolai R. Dorokhin, Alina D. Severina, Maria A. Tselousova, Residents, Pitirim Sorokin Syktyvkar State University (55, Oktyabrsky prosp., Syktyvkar, 167001, Russia)

Статья поступила в редакцию / The article was submitted

23.10.2024

Одобрена после рецензирования / Approved after reviewing

25.10.2024

Принята к публикации / Accepted for publication

25.10.2024

Научная статья / Article

УДК: 576.89

<https://doi.org/10.34130/2306-6229-2024-4-35>

**Распределение моногенеи *Tetraonchys borealis* (Ollson, 1893)
на жабрах хариуса *Thymallus thymallus* (Linnaeus, 1758)**

Геннадий Николаевич Доровских

Сыктывкарский государственный университет имени Питирима Сорокина, Сыктывкар, Россия,
dorovskg@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0001-7502-8989>

Аннотация. Половина жаберного аппарата хариуса обычно заселена *T. borealis* одинаково. Только в конце мая и начале июня моногенеи предпочитали правые жабры, в конце июля — левые. Наибольшее количество экземпляров *T. borealis* найдено на 1-й паре жабр. Они предпочитают средние секторы жабр, среднюю треть жаберных лепестков.

Тетраонхусы на жабрах рыб располагаются по одному и группами из 2–9 экз. Скопления червей чаще наблюдали в период с мая по июль. В конце июля, сентябре и октябре число экземпляров *T. borealis*, крепившихся по одному и в скоплениях, одинаково.

С конца мая по июль большинство моногеней находятся в состоянии размножения и, видимо, формирование ими групп является адаптацией к перекрестному оплодотворению. С июля начинается отмирание закончивших яйцекладку тетраонхусов и появляются первые молодые черви новой генерации. В сентябре и октябре большая часть собранных *T. borealis* неполовозрелые. Они мельче тех экземпляров, что обнаружены в конце мая.

В условиях Северо-Двинского бассейна, как и у ряда видов моногеней и рачков, у *T. borealis* одна генерация в год.

Ключевые слова: *Tetraonchus borealis*, *Thymallus thymallus*, хариус, паразиты, локализация

Для цитирования: Доровских Г. Н. Распределение моногенеи *Tetraonchys borealis* (Ollson, 1893) на жабрах хариуса *Thymallus thymallus* (Linnaeus, 1758) // Вестник Сыктывкарского университета. Серия 2: Естественные науки. Медицина. 2024. № 4 (32). С. 35–46. <https://doi.org/10.34130/2306-6229-2024-4-35>

**Distribution of *Tetraonchus borealis* monogenes (Ollson, 1893) on the gills
of grayling *Thymallus thymallus* (Linnaeus, 1758)**

Gennady N. Dorovskikh

Pitirim Sorokin Syktyvkar State University,
Syktyvkar, Russia, dorovskg@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0001-7502-8989>

Abstract. The halves of the gill apparatus of grayling are usually populated by *T. borealis* in the same way. Only in late May and early June, monogeneans preferred the right gills, and at the end of July, the left ones. The largest number of *T. borealis* specimens was found on the 1st pair of gills. They prefer the middle sectors of the gills, the middle third of the gill lobes.

Tetraonchuses on the gills of fish are arranged one at a time and in groups of 2–9 specimens. Clusters of worms were more often observed in the period from May to July. At the end of July, September and October, the number of *T. borealis* specimens attached one at a time and in clusters was the same.

From the end of May to July, most monogenes are in a state of reproduction and, apparently, the formation of groups by them is an adaptation to cross-fertilization. Since July, the death of *tetraonchuses* that

have completed egg laying begins and the first young worms of a new generation appear. In September and October, most of the collected *T. borealis* are immature. They are smaller than those specimens that were discovered at the end of May.

In the conditions of the North Dvinsky basin, as in a number of species of monogenes and crustaceans, *T. borealis* has one generation per year.

Keywords: *Tetraonchus borealis*, *Thymallus thymallus*, grayling, localization

For citation: Dorovskikh G. N. Distribution of *Tetraonchus borealis* monogenes (Olson, 1893) on the gills of grayling *Thymallus thymallus* (Linnaeus, 1758). *Vestnik Syktyvkar'skogo universiteta. Seriya 2: Estestvoznaniye. Medicina = Syktyvkar University Bulletin. Series 2: Natural science. Medicine.* 2024. 4 (32): 35–46. (In Russ.) <https://doi.org/10.34130/2306-6229-2024-4-35>

Введение. Буквально все паразиты характеризуются определенной локализацией в организме хозяина или на его поверхности, причем нередко это достигает такой степени, что наблюдается четко выраженное предпочтение одних участков какого-либо органа другим [1–4].

Это касается и жаберных паразитов. Впервые указанное явление было отмечено у моногеней [5; 6].

Распределение паразитов изучали большей частью на жабрах морских рыб [7–11]. Позже такие исследования стали проводить и на паразитах пресноводных рыб [12–19].

Ни в одной из известных нам работ нет сведений о распределении паразитов на жабрах хариуса *Thymallus thymallus* (Linnaeus, 1758). Относится *T. thymallus* к классу Лучеперых рыб (Actinopterygii Klein, 1885), отряду Лососеобразные (Salmoniformes Bleeker, 1859), сем. Лососевые (Salmonidae Jarocki or Schinz, 1822).

В качестве объекта изучения выбран *Tetraonchus borealis* (Ollson, 1893), относящийся к классу Monogenoidea (van Beneden, 1858) Burchowsky, 1937, отряду Tetraonchidea Burchowsky, 1957, сем. Tetraonchidae Burchowsky, 1937.

Цель работы — исследование распределения моногеней *T. borealis* на жабрах хариуса *T. thymallus*.

Материал и методы. Сбор материала произведен по общепринятой методике [20] с мая по октябрь 2011–2013 гг. в нижнем участке среднего течения (GPS: 60°33'26"N, 46°12'50"E) р. Луженьги (Великоустюгский р-он, Вологодская обл.). Исследовали 10 выборок хариуса (табл. 1).

Таблица 1

Дата лова	Длина тела рыбы (АД), мм	Вес рыбы, г	Число самок	Число самцов	Итого
28.05.2011	119–244	26.2–173.2	8	7	15
18.06.2011	127–214	29.2–165.7	5	10	15
03.06.2012	141–210	39.7–142.4	6	9	15
23.06.2012	139–201	28.7–137.2	8	7	15
08.07.2012	121–191	25.2–113.2	7	8	15
22–29.07.2012	118–226	22.7–176.8	4	11	15
19.08.2012	143–202	39.9–260.7	4	11	15
04.09.2013	117–192	21.3–97.9	6	9	15
18.09.2013	135–182	34.6–86.6	7	8	15
05.10.2013	109–223	16.9–139.9	6	9	15
Всего	109–244	16.9–160.9	61	89	150

Разные авторы используют разные схемы деления жабр на участки (см. рис.). В этой работе использована схема, представленная на рисунке — а. При учете распределения паразитов жабры рыб разбили на участки. Для сравнения числа паразитов, найденных на

разных участках жаберного аппарата хозяина, использовали критерий Стьюдента (t_{st}) [21]. На жабрах хариуса найден *Tetraonchys borealis f. typica* [22; 23].

Результаты и обсуждение. В ходе работы установлено, что обе половины жаберного аппарата хариуса заселены паразитами большей частью примерно одинаково. На правых жабрах сосредоточено 51.7 % червей, на левых — 48.3 %. Однако в конце мая и начале июня моногенеи предпочитали правые жабры, в конце июля — левые. Эти различия статистически достоверны (табл. 2).

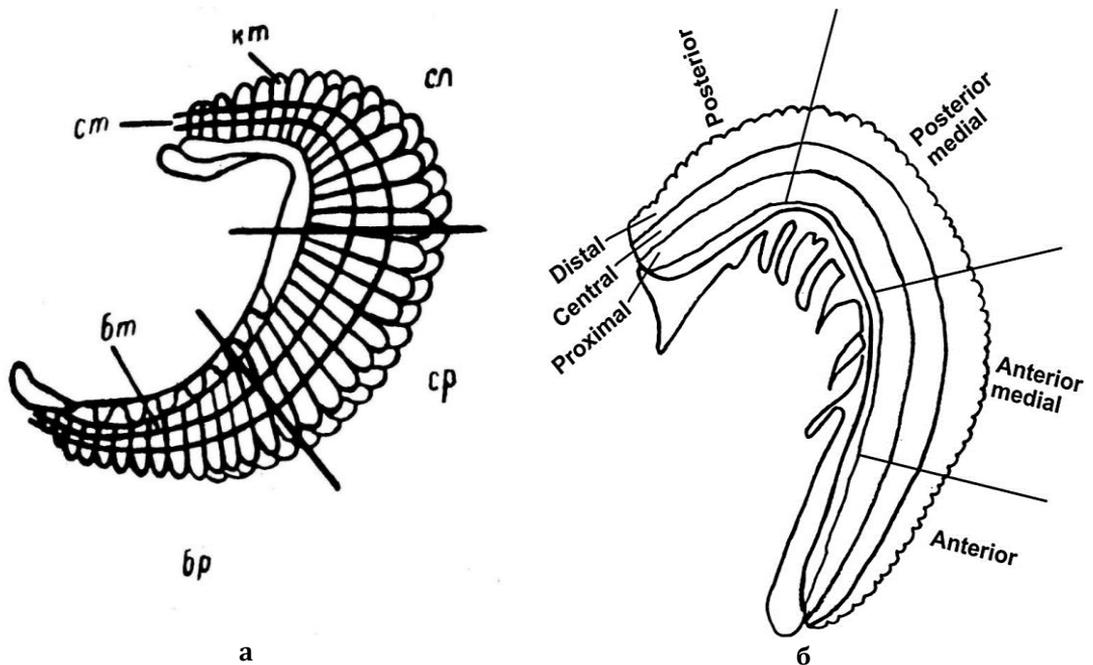


Рис. Схемы деления жабры на участки.

а — по: [15]; б — по: [24]; бр. — брюшной сектор жабры, ср. — средний, сп — спинной сектор; км — концевая треть жаберного лепестка 1-го порядка; см — средняя треть; бп — базальная треть жаберного лепестка

Почти одинаковая заселенность паразитами правой и левой половин жаберного аппарата хариуса объясняется их функциональной равнозначностью. Такие же результаты были получены при изучении распределения моногеней на жабрах ряда пресноводных [16; 25–28] и морских [29] рыб. Интересно, что и рачок *Lernaea cyprinacea* Linnaeus, 1758, поселяющийся на поверхности тела карася *Carassius carassius* (Linnaeus, 1758), одинаково часто встречается на обеих сторонах тела своего хозяина [3; 30]. Причины, обусловившие разницу в распределении червей на жабрах хариуса в конце мая, начале июня и конце июля, неясны. Однако можно предположить, что неравномерность в распределении тетраонхусов по половинам жаберного аппарата хариуса обусловлена их созреванием в мае — начале июля и началом размножения, что, видимо, сопровождается их миграцией и образованием скоплений, обеспечивающих перекрестное оплодотворение. По жабрам черви распределены неравномерно. Наблюдало снижение численности паразита от 1-й жабры к 4-й. Из секторов жабр моногенеи предпочитали средний, в подавляющем большинстве прикрепляясь к средней трети жаберных лепестков. Единичные экземпляры тетраонхусов найдены на концевой трети последних. Все полученные значения статистически достоверны (табл. 3).

Таблица 2

Заселенность червями правой и левой половин жаберного аппарата хариуса

Дата вылова рыбы	Число червей на жабрах рыбы		Итого моногеней	t_{st}	P
	Правая половина	Левая половина			
28.05.2011	202	153	355	3.81	<0.001
03.06.2012	229	187	416	2.93	<0.01
18.06.2011	101	113	214	1.16	>0.05
23.06.2012	79	69	148	1.17	>0.05
08.07.2012	78	87	165	0.99	>0.05
22–29.07.2012	17	29	46	2.62	<0.01
19.08.2012	40	44	84	0.62	>0.05
04.09.2013	25	22	47	0.62	>0.05
18.09.2013	8	21	29	1.87	>0.05
05.10.2013	14	15	29	0,26	>0.05
Всего	793	740	1533	1.88	>0.05

Таблица 3

Оценка различий в заселенности *T. borealis* жабр хозяина и их участков

Сравниваемые пары жабр														
1–2		1–3		1–4		2–3		2–4		3–4				
t_{st}	P	t_{st}	P	t_{st}	P	t_{st}	P	t_{st}	P	t_{st}	P			
3.10	<0.001	11.06	<0.001	13.65	<0.001	7.78	<0.001	10.26	<0.001	2.33	<0.01			
Сравниваемые сектора жабр														
Средний — брюшной				Средний — спинной				Спинной — брюшной						
t_{st}		P		t_{st}		P		t_{st}		P				
42.61		<0.001		14.52		<0.001		21.60		<0.001				
Сравниваемые трети жаберного лепестка (% от числа найденных червей)														
Участки жаберного лепестка			Жабры											
			1-я			2-я			3-я			4-я		
Базальная			0			0			0			0		
Средняя			33.53			29.09			19.57			16.96		
Концевая			0.26			0.26			0.13			0.20		

Предполагают [11; 15; 17; 31], что заселенность той или иной жаберы червями зависит от ее площади и омываемости водными респираторными потоками, проходящими через них. Обычно у рыб наибольшую площадь имеет 1-я жабра. Именно на этой паре жабр и найдено наибольшее количество экземпляров *T. borealis*. Предпочтение этими паразитами средней трети жаберных лепестков среднего сектора жабр, возможно, связано с тем, что этот участок в наибольшей степени омывается водой, т. е. здесь наблюдается наилучшая аэрация. Такого мнения придерживается большинство авторов, исследовавших распределение паразитов на жабрах рыб [24; 32; 33].

В ряде публикаций описана зависимость локализации моногеней на жабрах своих хозяев от интенсивности заражения червями рыбы [34–39], возраста самого паразита [13; 15; 18; 25; 26; 32; 34; 35; 40], возраста хозяина [33; 41].

Тетраонхусы на жабрах рыб располагаются по одному и группами. Скопления паразитов состояли из 2–9 особей. Моногеней, располагающихся группами, наблюдали достоверно чаще в период с мая по июль. Однако в середине июня отметили больше червей, сидящих по одному (табл. 4). В конце июля, сентябре и октябре число экземпляров *T. borealis*, крепившихся по одному и в скоплениях, было статистически одинаково.

На способность моногеней образовывать группы обратили внимание в 1970–80-х гг. [25; 42; 43]. Исследования, выполненные с целью выявления способности дактилогирусов

Dactylogyrus Diesing, 1850 (Monogenoidea: Dactylogyridae Burchowsky, 1933) формировать скопления, показали, что в разные периоды летнего сезона года они образуют неодинаковое число групп, а также меняется и доля червей, участвующих в их образовании, что, по-видимому, связано с изменением возрастного состава популяций этих видов червей [44]. Предположили [25; 43; 45], что локализация моногеней группой — это адаптация к перекрестному оплодотворению. Позже изучение распределения видов р. *Ligophorus* Euzet Et Suriano, 1977 (Monogenea) по жабрам золотисто-серой кефали (сингиль) *Liza auratus* (Risso, 1810), обитающей в Черном море, показало, что оно определяется внутривидовыми отношениями, направленными на увеличение шансов спаривания между особями одного вида [29; 46]. Для периода размножения *Ligophorus vanbenedenii* (Parona & Perugia, 1890) (VII — VIII мес.) отмечены самые высокие показатели внутривидовой агрегации [46]. Факты, содержащиеся в цитированных работах и многих других, высказанное предположение подтверждают.

Рассмотрим возрастной состав собранных особей *T. borealis* (табл. 5).

Таблица 4

Число моногеней, сидящих на жабрах хариуса по одному и группами

Дата	Число червей, сидящих		Всего моногеней	t_{st}	P
	по одному	группами			
28.05.2011	160	195	355	2.78	<0.001
03.06.2012	50	366	416	33.69	<0.001
18.06.2011	174	40	214	16.61	<0.001
23.06.2012	52	96	148	5.36	<0.001
08.07.2012	60	105	165	5.15	<0.001
22–29.07.2012	25	21	46	0.84	>0.05
19.08.2012	50	34	84	2.51	<0.01
04.09.2013	26	21	47	1.04	>0.05
18.09.2013	14	15	29	0.26	>0.05
05.10.2013	13	16	29	1.33	>0.05
Всего	622	911	1533	–	–

С конца мая по июль большинство моногеней находятся в состоянии размножения и, видимо, формирование ими групп является адаптацией к перекрестному оплодотворению. С июля начинается отмирание тетраонхусов, закончивших яйцекладку. В это время начинают появляться молодые черви новой генерации, которые приступят к размножению в конце весны — начале лета следующего года. В августе и сентябре в сборах присутствуют яйцекладущие *T. borealis*, отмирающие черви и молодые тетраонхусы, у которых развиты только хитиноидные структуры. В сентябре и октябре большая часть собранных *T. borealis* неполовозрелые, но с развитой половой системой. Они мельче тех экземпляров, что обнаружены в конце мая.

Таблица 5

Относительный возраст червей *Tetraonchys borealis f. typica* в период открытой воды с хариуса из р. Луженьги

Даты вылова рыбы	Относительный возраст червей
1	2
28.05.2011	Черви большей частью неполовозрелые, но с развитой половой системой
03.06.2012	Черви половозрелые. Встречаются единичные неполовозрелые особи
18.06.2011	Тетраонхусы зрелые, яйцекладущие
23.06.2012	
08.07.2012	

1	2
22-29.07.2012	
19.08.2012	Присутствуют яйцекладущие <i>T. borealis</i> . Попадают отмирающие черви. Обнаружены молодые тетраонхусы, у которых развиты только хитиновые структуры
04.09.2013	
18.09.2013	Большая часть <i>T. borealis</i> половозрелые. Чаще попадают отмирающие особи. Встречаются неполовозрелые черви с развитой половой системой
05.10.2013	Половозрелые и отмирающие экземпляры тетраонхусов представлены примерно одинаково. Однако большая часть собранных <i>T. borealis</i> неполовозрелые, но с развитой половой системой

Таким образом, неодинаковость в распределении червей по половинам жаберного аппарата хариуса может быть обусловлена их созреванием в мае — начале июля и началом размножения. В это время тетраонхусы могут мигрировать и тем самым менять картину первоначальной локализации. Способность к миграции у моногеней хорошо известна [17; 19; 26; 33; 41; 47].

С конца мая по июль большинство особей *T. borealis* находятся в состоянии размножения и у червей наблюдаем стремление к формированию скоплений. В августе, сентябре и октябре в сборах присутствуют тетраонхусы разных возрастов и генераций, чем, похоже, и объясняется равное число моногеней, формирующих группы и сидящих по одному.

На основании сказанного можно заключить, что в условиях Северо-Двинского бассейна у *T. borealis* одна генерация в год, как и у изученных из этого региона нескольких видов моногеней и рачков [16; 26; 48–51]. В условиях р. Лугг (ориг. название Afon Llugwy), приток реки Уай, протекающей по округам Редноршир и Херефордшир в Уэльсе (Англия), этот вид моногеней имеет, видимо, две генерации в год. Здесь черви с яйцами в матке встречались с марта по июль, в то время как в августе, октябре и декабре их не было. Наблюдали два пика заражения — в апреле и июле (Davies, 1967, цит. по: [52]). У *Dactylogyrus amphibothrium* Wagener, 1857 с ерша *Gymnocephalus cernuus* (Linnaeus, 1758) из оз. Таватуй (Свердловская обл.) и оз. Аракуль (Челябинская обл.) и *Ancyrocephalus paradoxus* Creplin, 1839 с судака *Stizostedion (= Sander) lucioperca* (Linnaeus, 1758) из Куршского залива Балтийского моря (научная база АтлантНИРО, пос. Лесное) также отмечены две генерации червей в год [41; 53]. У судаков старших возрастов в течение года наблюдали даже три генерации анцироцефалюсов [41].

Заключение. Половины жаберного аппарата хариуса обычно заселены *T. borealis* одинаково. Только в конце мая и начале июня моногеней предпочитали правые жабры, в конце июля — левые. Наибольшее количество экземпляров *T. borealis* найдено на 1-й паре жабр. Они предпочитают средние секторы жабр, среднюю треть жаберных лепестков.

Тетраонхусы на жабрах рыб располагаются по одному и группами из 2–9 экз. Скопления червей чаще наблюдали в период с мая по июль. В конце июля, сентябре и октябре число экземпляров *T. borealis*, крепившихся по одному и в скоплениях, одинаково.

С конца мая по июль большинство моногеней находятся в состоянии размножения и, видимо, формирование ими групп является адаптацией к перекрестному оплодотворению. С июля начинается отмирание закончивших яйцекладку тетраонхусов и появляются первые молодые черви новой генерации. В сентябре и октябре большая часть собранных *T. borealis* неполовозрелые. Они мельче червей, обнаруженных в конце мая.

В условиях Северо-Двинского бассейна, как и у ряда видов моногеней и рачков, у *T. borealis* одна генерация в год.

Список источников

1. Догель В. А. Явление «сопряженных видов» у паразитов и эволюционное значение этого явления // Изв. АН Казахской ССР. 1949. Вып. 7. С. 3–15.

2. Кеннеди К. Экологическая паразитология. М.: Мир, 1978. 230 с.
3. Доровских Г. Н. Локализация *Lernaea cyprinacea* (Copepoda: Lernaecidae) на теле карася // Паразитология. 1996. Т. 30. Вып. 6. С. 540–544.
4. Доровских Г. Н. Локализация *Diplostomum phoxini* (Faust, 1918) Arvy et Buttner, 1954 (Trematoda: Diplostomidae Poirier, 1886) в головном мозге гольяна *Phoxinus phoxinus* (Linnaeus, 1758) (Cypriniformes: Cyprinidae Bonaparte, 1832) // Вестник Сыктывкарского университета. Серия 2. Биология, геология, химия, экология. 2020. Вып. 2 (14). С. 89–113.
5. Cerfontaine P. The host-specificity microecology and comparative morphology of some trematode gill parasites // Arch. Biol. 1896. Vol. 14 (13). Pp. 497–560.
6. Cerfontaine P. Contribution a l'etude des Octocotylides. IV. Nouvelles observation de *Dactylocotyle luscae* // Arch. Biol. 1898. Vol. 15 (2). Pp. 301–328.
7. Llewellyn J. The host-specificity microecology comparative morphology of some trematode gill parasites // J. Mar. Biol. Assoc. U. K. 1956. Vol. 35. Pp. 113–127.
8. Llewellyn J. Behaviour of monogeneans // Zool. J. Linnean. Soc. 1972. Vol. 51. Pp. 19–30.
9. Paling J. The attachment of the monogenean *Diplectanum aequans* (Wagener) Diesing to the gills of *Morone labrax* L. // J. Parasitol. 1966. Vol. 56. Pp. 493–503.
10. Rohde K. Marine parasitology in Australia // Search. 1976. Vol. 7. No 11–12. Pp. 477–482.
11. Rohde K. Comparative studies on microhabitat utilization by ectoparasites of some marine fishes from the North Sea and Papua New Guinea // Zool. Anz. 1980. Vol. 204. No ½. Pp. 27–63.
12. Быховский Б. Е. Моногенетические сосальщики, их система и филогения. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1957. 509 с.
13. Доровских Г. Н. О влиянии возраста моногеней рода *Dactylogyrus* на их микролокализацию на жабрах рыб // Тезисы 9-й Коми республик. молодеж. конференции. Сыктывкар, 1985. С. 22.
14. Доровских Г. Н. Число генераций в году и микролокализация *Dactylogyrus similis* — паразита плотвы Средней Вычегды // Тезисы 10-й Коми республик. молодеж. научн. конференции. Сыктывкар, 1987. С. 84–85.
15. Доровских Г. Н. Распределение паразитов на жабрах красноперки // Паразитология. 1988. Т. 22. Вып. 1. С. 76–83.
16. Доровских Г. Н. Некоторые данные по экологии диплозоид (Monogenea, Diplozoidae) — паразитов рыб бассейна среднего течения р. Вычегды // Экология редких, малоизученных и хозяйственно важных животных Европейского Северо-Востока. Сыктывкар, 1989. С. 116–124.
17. Доровских Г. Н., Торба Т. П. Распределение видов рода *Dactylogyrus* на жабрах *Carassius carassius* L. // Эколого-популяционный анализ паразитохозяйственных отношений. Петрозаводск, 1988. С. 89–103.
18. Доровских Г. Н., Матрохина С. Н. Распределение некоторых видов паразитов на жабрах ерша // Паразитология. 1987. Т. 21. Вып. 1. С. 64–68.
19. Koskivaara M., Valtonen E. T., Vuori K.-M. Microhabitat distribution and coexistence of *Dactylogyrus* species (Monogenea) on the gills of roach // Parasitology. 1992. Vol. 104. Pp. 273–281.
20. Быховская-Павловская И. Е. Паразиты рыб (руководство по изучению). Л.: Наука, 1985. 121 с.
21. Зайцев Г. Н. Математическая статистика в экспериментальной ботанике. М.: Наука, 1984. 424 с.
22. Доровских Г. Н. Итоги изучения видового состава паразитов рыб бассейнов рек северо-востока Европейской России. Моногенеи (Monogenea) // Паразитология. 1997. Т. 31. Вып. 5. С. 427–437.
23. Доровских Г. Н., Степанов В. Г. Сезонная динамика паразитофауны и структуры компонентного сообщества паразитов хариуса *Thymallus thymallus* (Linnaeus, 1758) из реки Луженьги (бассейн реки Северной Двины) // Аграрная Россия. 2019. № 8. С. 43–49.
24. Ruchika Kumar, Rokkam Madhavi, Bade Sailaja. Spatial distribution of ectoparasites on the gills of the mullet *Liza macrolepis*: the effects of pollution // J Parasit Dis. 2017. Vol. 41 (1). Pp. 40–47. doi: 10.1007/s12639-015-0746-1.
25. Доровских Г. Н., Торба Т. П. Распределение трех видов моногеней рода *Dactylogyrus* на жабрах карася золотого в условиях нормоксии и гипоксии // Тез. докл. 8-го всесоюз. совещ. по паразитам и болезням рыб. Астрахань, 1985. С. 47–48.
26. Доровских Г. Н. Паразиты рыб бассейна среднего течения р. Вычегды (Фауна, экология, зоогеография) : дис. ... канд. биол. наук. Л., 1988. 403 с.

27. Доровских Г. Н. Распределение диплозоид на жабрах язя в условиях бассейна среднего течения реки Вычегды // Паразитология. 1997. Т. 31. Вып. 2. С. 170–178.
28. Доровских Г. Н., Степанов В. Г. Распространение *Dactylogyrus similis* Wegener, 1910 (Monogenea: Dactylogyridae) на жабрах плотвы (*Rutilus rutilus* [L.]) в условиях бассейна среднего течения реки Вычегды // Актуальные проблемы химии и биологии Европейского Севера России (Сб. научн. трудов химико-биол. ф-та). Сыктывкар, 1993. Вып. 2. С. 159–167.
29. Дмитриева Е. В. Распределение черноморских видов моногеней по жабрам рыб. Меж- и внутривидовые отношения как факторы, определяющие их распределение // Экология моря. 2000. Вып. 53. С. 36–40.
30. Доровских Г. Н. Популяции карася *Carassius carassius* (Linnaeus, 1758) (Cypriniformes: Cyprinidae Bonaparte, 1832) и его паразита рачка *Lernaea cyprinacea* Linnaeus, 1758 (Copepoda: Lernaeidae Cobbold, 1879) из озера Длинное в бассейне среднего течения реки Вычегды в 1979–2016 годах. Часть 2 // Вестник Сыктывкарского университета. Серия 2. Биология, геология, химия, экология. 2019. Вып. 3 (11). С. 86–95.
31. Winch J. The biology of *Atrispinum labracis* n. comb. (Monogenea) on the gills of the bass, *Dicentrarchus labrax* // J. Mar. Biol. Ass. U. K. 1983. Vol. 63. No 4. Pp. 915–927.
32. Miguel Rubio-Godoy, Richard C Tinsley. Trickle and single infection with *Discocotyle sagittata* (Monogenea: Polyopisthocotylea): effect of exposure mode on parasite abundance and development // Folia Parasitol (Praha). 2002. Vol. 49 (4). Pp. 269–78. doi: 10.14411/fp.2002.051.
33. Килякова Ю. В., Мирошникова Е. П., Аринжанов А. Е. Фауна моногенетических сосальщиков рода *Dactylogyrus* молоди карпа в прудах Оренбургской области // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Рыбное хозяйство. 2022. № 1. С. 104–110. <https://doi.org/10.24143/2073-5529-2022-1-104-110>.
34. Изюмова Н. А., Жарикова Т. И. О некоторых особенностях распределения *Dactylogyrus anchoratus* и *D. chranilowi* (Monogenoidea (Beneden) Vychowsky, 1937; Dactylogyridea Vychowsky, 1937) на жабрах карася, карпа и синца // Тр. Ин-та биол. внутр. вод АН СССР. 1982. № 46/49. С. 89–100.
35. Жарикова Т. И. Влияние скорости течения на численность и локализацию паразитов рода *Dactylogyrus* Dios., 1850 (Monogenea) // Тр. Ин-та биол. внутр. вод АН СССР. 1986. № 53/56. С. 185–194.
36. Жарикова Т. И. Экологический анализ дактилогирид леща Горьковского водохранилища // Ин-т биол. внутр. вод АН СССР. Борок, 1986. 51 с. (Рук. деп. в ВИНТИ 14.12.1986 г. № 7197-B86 Деп.)
37. Kadlec D., Simková A., Gelnar M. The microhabitat distribution of two *Dactylogyrus* species parasitizing the gills of the barbel, *Barbus barbus* // J. Helminthol. 2003. Vol. 77 (4). Pp. 317–325. doi: 10.1079/joh2003183.
38. Miguel Rubio-Godoy. Microhabitat selection of *Discocotyle sagittata* (Monogenea: Polyopisthocotylea) in farmed rainbow trout // Folia Parasitol (Praha). 2008. Vol. 55 (4). Pp. 270–276. doi: 10.14411/fp.2008.035.
39. Radim Blazek, Jarkovský J., Božena Koubková, Gelnar M. Seasonal variation in parasite occurrence and microhabitat distribution of monogenean parasites of gudgeon *Gobio gobio* (L.) // Helminthologia. 2009. Vol. 45 (4). Pp. 185–191. DOI:10.2478/s11687-008-0037-9.
40. Изюмова Н. А., Жарикова Т. И., Маштаков А. М., Степанова М. А. Некоторые факторы, определяющие численность и структуру популяции дактилогирид карповых рыб // Гельминты в пресноводных биоценозах. М., 1982. С. 17–21.
41. Старовойтов В. К. Влияние пола и возраста хозяев на структуру популяции паразита (на примере судака и моногеней *Ancyrocephalus paradoxus*) // Паразитология. 1995. Т. 29. Вып. 5. С. 433–440.
42. Кулемина И. В. О способе расселения пресноводных гиродактилюсов // Тез. докл. 7-го всеоюз. совещ. по паразитам и болезням рыб. Л., 1979. С. 59–61.
43. Жарикова Т. И., Изюмова Н. А. Об эффекте скучивания у *Dactylogyrus chranilowi* (Monogenea), паразита синца *Abramis ballerus* // Паразитология. 1988. Т. 16. Вып. 5. С. 436–439.
44. Доровских Г. Н. Зависимость величины групп червей рода *Dactylogyrus* (Monogenea: Dactylogyridae) от численности их микропопуляций // Паразитология. 1991. Т. 25. Вып. 3. С. 234–243.
45. Герасев П. И., Старовойтов В. К. Распределение *Ancyrocephalus paradoxus* (Monogenea) по жабрам взрослых судаков *Stizostedion lucioperca* Куршского залива // Тр. ЗИН АН СССР. 1988. Т. 177. С. 89–99.

46. Пронькина Н. В., Дмитриева Е. В., Герасев П. И. Распределение двух видов рода *Ligophorus* Euzet Et Suriano, 1977 (Plathelminthes: Monogenea) по жабрам *Liza azurata* (Risso, 1810) (Pisces: Mugilidae) в Чёрном море // Морский экологический журнал. 2010. Т. 9. № 1. С. 53–62.
47. Доровских Г. Н. Распределение *Dactylogyrus cordus* (Monogenea: Dactylogyridae) на жабрах ельца (*Leuciscus leuciscus* [L.]) в условиях нормоксии и гипоксии // Паразитология. 1991. Т. 25. Вып. 2. С. 163–167.
48. Доровских Г. Н. *Lernaea cyprinacea* (Copepoda: Lernaeidae) в условиях бассейна среднего течения реки Вычегды // Паразитология. 2001. Т. 35. Вып. 2. С. 154–158.
49. Доровских Г. Н. Биология *Lernaea cyprinacea* Linnaeus, 1758 (Copepoda: Lernaeidae) в условиях бассейна реки Вычегды // Рыбоводство и рыбное хозяйство. 2012. № 4. С. 41–47.
50. Доровских Г. Н. Биология развития *Lernaea cyprinacea* в условиях бассейна реки Вычегды // Ветеринария. 2013. № 1. С. 30–32.
51. Доровских Г. Н. Популяция карася *Carassius carassius* (Linnaeus, 1758) (Cypriniformes: Cyprinidae Bonaparte, 1832) и его паразита рачка *Lernaea cyprinacea* Linnaeus, 1758 (Copepoda: Lernaeidae Cobbold, 1879) из озера Длинное в бассейне среднего течения реки Вычегды в 1979–2016 годах. Часть 3 // Вестник Сыктывкарского университета. Серия 2. Биология, геология, химия, экология. 2019. Вып. 4 (12). С. 53–69.
52. Chubb J. C. Seasonal occurrence of helminths in freshwater fishes. Part I. Monogenea // Advances in Parasitology. 1977. Vol. 15. Pp. 133–199.
53. Кашковский В. В. Сезонные изменения возрастной структуры популяции *Dactylogyrus amphibothrium* (Monogenea, Dactylogiridae) // Паразитология. 1982. Т. 16. Вып. 1. С. 35–40.

References

1. Dogel' V. A. The phenomenon of "conjugate species" in parasites and the evolutionary significance of this phenomenon. *Izv. AN Kazahskoj SSR*. [Izvestia of the Academy of Sciences of the Kazakh SSR]. 1949. Issue 7. Pp. 3–15. (In Russ.)
2. Kennedy K. *Ekologicheskaya parazitologiya* [Ecological parasitology]. Moscow: Mir, 1978. 228 p. (In Russ.)
3. Dorovskih G. N. Localization of *Lernaea cyprinacea* (Copepoda: Lernaeidae) on the body of crucian carp. *Parazitologiya* [Parasitology]. 1996. Vol. 30. Issue 6. Pp. 540–544. (In Russ.)
4. Dorovskih G. N. Localization of *Diplostomum phoxini* (Faust, 1918) Army et Buttner, 1954 (Trematoda: Diplostomidae Poirier, 1886) in the brain of the minnow *Phoxinus phoxinus* (Linnaeus, 1758) (Cypriniformes: Cyprinidae Bonaparte, 1832). *Vestnik Syktyvkarского университета. Seriya 2. Biologiya, geologiya, himiya, ekologiya* [Syktyvkar University Bulletin. Series 2. Biology, geology, chemistry, ecology]. 2020. Issue 2 (14). Pp. 89–113. (In Russ.)
5. Cerfontaine P. The host-specificity microecology and comparative morphology of some trematode gill parasites. *Arch. Biol.* 1896. Vol. 14 (13). Pp. 497–560.
6. Cerfontaine P. Contribution a l'etude des *Octocotylides*. IV. Nouvelles observation de *Dactylocotyle luscae*. *Arch. Biol.* 1898. Vol. 15 (2). Pp. 301–328.
7. Llewellyn J. The host-specificity microecology comparative morphology of some trematode gill parasites. *J. Mar. Biol. Assoc. U. K.* 1956. Vol. 35. Pp. 113–127.
8. Llewellyn J. Behaviour of monogeneans. *Zool. J. Linnean. Soc.* 1972. Vol. 51. Pp. 19–30.
9. Paling J. The attachment of the monogenean *Diplectanum aequans* (Wagener) Diesing to the gills of *Morone labrax* L. *J. Parasitol.* 1966. Vol. 56. Pp. 493–503.
10. Rohde K. Marine parasitology in Australia. *Search.* 1976. Vol. 7. No 11–12. Pp. 477–482.
11. Rohde K. Comparative studies on microhabitat utilization by ectoparasites of some marine fishes from the North Sea and Papua New Guinea. *Zool. Anz.* 1980. Vol. 204. No ½. Pp. 27–63.
12. Byhovskij B. E. *Monogeneticheskie sosal'shchiki, ih sistema i filogeniya* [Monogenetic flukes, their system and phylogeny]. Moscow.; L.: Publishing House of the USSR Academy of Sciences, 1957. 509 p. (In Russ.)
13. Dorovskih G. N. On the effect of the age of *Dactylogyrus* monogenes on their microlocalization on fish gills. *Tezisy 9-j Komi respublik. molodezh. konferencii* [Theses of the 9th Komi Republic. youth. conferences]. Syktyvkar, 1985. P. 22. (In Russ.)
14. Dorovskih G. N. The number of generations per year and microlocalization of *Dactylogyrus similis*, a parasite of the Medium-sized roach. *Tezisy 10-j Komi respublik. molodezh. nauchn. konferencii* [Theses of the 10th Komi Republic. youth. scientific conferences]. Syktyvkar, 1987. Pp. 84–85. (In Russ.)

15. Dorovskih G. N. Distribution of parasites on rudd's gills. *Parazitologiya* [Parasitology]. 1988. Vol. 22. Issue 1. Pp. 76–83. (In Russ.)
16. Dorovskih G. N. Some data on the ecology of diplozoids (Monogenea, Diplozoidae) — parasites of fish in the basin of the middle reaches of the Vychehda River. *Ekologiya redkih, maloizuchennyh i hozyajstvenno vazhnyh zhivotnyh Evropejskogo Severo-Vostoka* [Ecology of rare, poorly studied and economically important animals of the European Northeast]. Syktyvkar, 1989. Pp. 116–124. (In Russ.)
17. Dorovskih G. N., Torba T. P. Distribution of species of the genus *Dactylogyrus* on the gills of *Carassius carassius* L. *Ekologo-populyacionnyj analiz parazitohozyainnyh otnoshenij* [Ecological and population analysis of parasite-host relations]. Petrozavodsk: Publishing house of the Karelian branch of the USSR Academy of Sciences, 1988. Pp. 89–103. (In Russ.)
18. Dorovskih G. N., Matrohina S. N. Distribution of some species of parasites on ruff gills. *Parazitologiya* [Parasitology]. 1987. Vol. 21. Issue 1. Pp. 64–68. (In Russ.)
19. Koskivaara M., Valtonen E. T., Vuori K.-M. Microhabitat distribution and coexistence of *Dactylogyrus* species (Monogenea) on the gills of roach. *Parasitology*. 1992. Vol. 104. Pp. 273–281.
20. Bykhovskaya-Pavlovskaya I. E. *Parazity ryb. Rukovodstvo po izucheniyu* [Parasites of fish. Study Guide]. Leningrad: Nauka, 1985. 122 p. (In Russ.)
21. Zaitsev G. N. *Matematicheskaya statistika v eksperimental'noj botanike* [Mathematical statistics in experimental botany]. Moscow: Nauka, 1984. 424 p. (In Russ.)
22. Dorovskih G. N. The results of the study of the species composition of fish parasites in the river basins of the North-east of European Russia. Monogenei (Monogenea). *Parazitologiya* [Parasitology]. 1997. Vol. 31. Issue 5. Pp. 427–437. (In Russ.)
23. Dorovskih G. N., Stepanov V. G. Seasonal dynamics of parasitofauna and structures of the component community of grayling parasites *Thymallus thymallus* (Linnaeus, 1758) from the Luzhenga River (basin of the Northern Dvina River). *Agrarnaya Rossiya* [Agrarian Russia]. 2019. No 8. Pp. 43–49. (In Russ.)
24. Ruchika Kumar, Rokkam Madhavi, Bade Sailaja. Spatial distribution of ectoparasites on the gills of the mullet *Liza macrolepis*: the effects of pollution. *J Parasit Dis*. 2017. Vol. 41 (1). Pp. 40–47. doi: 10.1007/s12639-015-0746-1.
25. Dorovskih G. N., Torba T. P. Distribution of three species of monogenes of the genus *Dactylogyrus* on the gills of the golden carp in conditions of normoxia and hypoxia. *Tez. dokl. 8-go vsesoyuz. soveshch. po parazitam i boleznyam ryb*. [Tez. dokl. 8th vsesoyuz. the meeting. on parasites and diseases of fish]. Astrakhan, 1985. Pp. 47–48. (In Russ.)
26. Dorovskih G. N. *Parazity ryb bassejna srednego techeniya reki Vychehdy (fauna, ekologiya, zoogeografiya)* [Fish parasites of the basin of the middle reaches of the Vychehda River (fauna, ecology, zoogeography)]: Dissertation ... candidate of biol. sciences. Leningrad, 1988. 403 p. (In Russ.)
27. Dorovskih G. N. Distribution of diplozoids on the gills of the ide in the conditions of the basin of the middle course of the Vychehda River. *Parazitologiya* [Parasitology]. 1997. Vol. 31. Issue 2. Pp. 170–178. (In Russ.)
28. Dorovskih G. N., Stepanov V. G. The distribution of *Dactylogyrus similis* Wegener, 1910 (Monogenea: Dactylogyridae) on the gills of roach (*Rutilus rutilus* [L.]) in the conditions of the basin of the middle course of the Vychehda River. *Aktual'nye problemy himii i biologii Evropejskogo Severa Rossii (Sb. nauchn. trudov himiko-biol. f-ta.)* [Actual problems of chemistry and biology of the European North of Russia (Collection of scientific papers of the Faculty of Chemistry and Biology.)]. Syktyvkar, 1993. Issue 2. Pp. 159–167. (In Russ.)
29. Dmitrieva E. V. Distribution of the Black Sea monogenean species by fish gills. Inter- and intraspecific relations as factors determining their distribution. *Ekologiya morya* [Ecology of the sea]. 2000. Issue 53. Pp. 36–40. (In Russ.)
30. Dorovskikh G. N. Populations of the crucian carp *Carassius carassius* (Linnaeus, 1758) (Cypriniformes: Cyprinidae Bonaparte, 1832) and its parasite, the crustacean *Lernaea cyprinacea* Linnaeus, 1758 (Copepoda: Lernaeidae Cobbold, 1879) from Lake Long in the middle reaches of the Vychehda river. Part 3. *Vestnik Syktyvkar'skogo universiteta. Seriya 2. Biologiya, geologiya, himiya, ekologiya* [Syktyvkar University Bulletin. Series 2. Biology, geology, chemistry, ecology]. 2019. Issue 3 (11). Pp. 86–95. (In Russ.)
31. Winch J. The biology of *Atrispinum labracis* n. comb. (Monogenea) on the gills of the bass, *Dicentrarchus labrax*. *J. Mar. Biol. Ass. U. K.* 1983. Vol. 63. No 4. Pp. 915–927.
32. Miguel Rubio-Godoy, Richard C Tinsley. Trickle and single infection with *Discocotyle sagittata* (Monogenea: Polyopisthocotylea): effect of exposure mode on parasite abundance and development. *Folia Parasitol (Praha)*. 2002. Vol. 49 (4). Pp. 269–78. doi: 10.14411/fp.2002.051.

33. Kilyakova Ju. V., Miroshnikova E. P., Arinzhanov A. E. Fauna of monogenetic flukes *Dactylogyrus* in carp juveniles in ponds of Orenburg region. *Vestnik Astrahanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Seriya: Rybnoe hozyajstvo* [Bulletin of the Astrakhan State Technical University. Series: Fisheries]. 2022. No 1. Pp. 104–110. (In Russ.) <https://doi.org/10.24143/2073-5529-2022-1-104-110>.
34. Izyumova N. A., ZHarikova T. I. On some features of the distribution of *Dactylogyrus anchoratus* and *D. chranilowi* (Monogenoidea (Beneden) Bychowsky, 1937; Dactylogyridea Bychowsky, 1937) on the gills of crucian carp, carp and cinca. *Tr. In-ta biol. vnutr. vod AN SSSR* [Proceedings of the Institute of Biology of Inland Waters of the USSR Academy of Sciences]. 1982. No 46/49. Pp. 89–100. (In Russ.)
35. ZHarikova T. I. Influence of the flow velocity on the abundance and localization of parasites of the genus *Dactylogyrus* Dios., 1850 (Monogenea). *Tr. In-ta biol. vnutr. vod AN SSSR* [Proceedings of the Institute of Biology of Inland Waters of the USSR Academy of Sciences]. 1986. No 53/56. Pp. 185–194. (In Russ.)
36. ZHarikova T. I. *Ekologicheskij analiz daktilogirid leshcha Gor'kovskogo vodohranilishcha* [Ecological analysis of dactylogyrid bream of the Gorky reservoir]. Institute of Biology of Inland Waters of the USSR Academy of Sciences. Borok, 1986. 51 p. (The manuscript was deposited in VINITI on 12/14/1986, No. 7197-B86Dep.) (In Russ.)
37. Kadlec D., Simková A., Gelnar M. The microhabitat distribution of two *Dactylogyrus* species parasitizing the gills of the barbel, *Barbus barbus*. *J. Helminthol.* 2003. Vol. 77 (4). Pp. 317–325. doi: 10.1079/joh2003183.
38. Miguel Rubio-Godoy. Microhabitat selection of *Discocotyle sagittata* (Monogenea: Polyopisthocotylea) in farmed rainbow trout. *Folia Parasitol (Praha)*. 2008. Vol. 55 (4). Pp. 270–276. doi: 10.14411/fp.2008.035.
39. Radim Blazek, Jarkovský J., Božena Koubková, Gelnar M. Seasonal variation in parasite occurrence and microhabitat distribution of monogenean parasites of gudgeon *Gobio gobio* (L.). *Helminthologia*. 2009. Vol. 45 (4). Pp. 185–191. DOI:10.2478/s11687-008-0037-9.
40. Izyumova N. A., ZHarikova T. I., Mashtakov A. M., Stepanova M. A. Some factors determining the number and structure of the population of dactylogyrid cyprinid fish. *Gel'minty v presnovodnyh biocenozah* [Helminths in freshwater biocenoses]. Moscow, 1982. Pp. 17–21. (In Russ.)
41. Starovoitov V. K. Influence of the sex and age of the hosts on the structure of parasite population (on the example of perch and monogenean *Ancyrocephalus paradoxus*). *Parazitologiya* [Parasitology]. 1995. Vol. 29. Issue 5. Pp. 433–440. (In Russ.)
42. Kulemina I. V. On the method of settlement of freshwater gyrodactylus. *Tez. dokl. 7-go vsesoyuz. soveshch. po parazitam i boleznyam ryb* [Abstracts of reports of the 7th All-Union meeting on parasites and diseases of fish]. L., 1979. Pp. 59–61. (In Russ.)
43. ZHarikova T. I., Izyumova N. A. On the effect of twisting in *Dactylogyrus chranilowi* (Monogenea), a parasite of the synch *Abramis ballerus*. *Parazitologiya* [Parasitology]. 1988. Vol. 16. Issue 5. Pp. 436–439. (In Russ.)
44. Dorovskih G. N. Dependence of the size of groups of worms of the genus *Dactylogyrus* (Monogenea: Dactylogyridae) on the number of their micropopulations. *Parazitologiya* [Parasitology]. 1991. Vol. 25. Issue 3. Pp. 234–243. (In Russ.)
45. Gerasev P. I., Starovojtov V. K. Distribution of *Ancyrocephalus paradoxus* (Monogenea) by gills of adult walleye *Stizostedion lucioperca* of the Curonian Lagoon. *Tr. ZIN AN SSSR* [Proceedings of the ZIN of the USSR Academy of Sciences]. 1988. Vol. 177. Pp. 89–99. (In Russ.)
46. Pron'kina N. V., Dmitrieva E. V., Gerasev P. I. Distribution of two species of the genus *Ligophorus* Eury Et Suriano, 1977 (Plathelminthes: Monogenea) by gills of *Liza aurata* (Risso, 1810) (Pisces: Mugilidae) in the Black Sea. *Mors'kij ekologichnij zhurnal* [Marine Ecological Journal]. 2010. Vol. 9. No 1. Pp. 53–62. (In Russ.)
47. Dorovskih G. N. The distribution of *Dactylogyrus cordus* (Monogenea: Dactylogyridae) on the gills of spruce (*Leuciscus leuciscus* [L.]) in conditions of normoxia and hypoxia. *Parazitologiya* [Parasitology]. 1991. Vol. 25. Issue 2. Pp. 163–167. (In Russ.)
48. Dorovskikh G. N. *Lernaea cyprinacea* (Copepoda: Lernaeidae) in the middle reaches of the Vychegda River. *Parazitologiya* [Parasitology]. 2001. Vol. 35. Issue 2. Pp. 154–158. (In Russ.)
49. Dorovskih G. N. Biology of *Lernaea cyprinacea* Linnaeus, 1758 (Copepoda: Lernaeidae) in the Vychegda River Basin. *Rybovodstvo i rybnoe hozyajstvo* [Fish farming and fish farming]. 2012. No 4. Pp. 41–47. (In Russ.)
50. Dorovskih G. N. Development biology of *Lernaea cyprinacea* in the conditions of the Vychegda river basin. *Veterinariya* [Veterinary]. 2013. No 1. Pp. 30–32. (In Russ.)

51. Dorovskikh G. N. Populations of the crucian carp *Carassius carassius* (Linnaeus, 1758) (Cypriniformes: Cyprinidae Bonaparte, 1832) and its parasite, the crustacean *Lernaea cyprinacea* Linnaeus, 1758 (Copepoda: Lernaeidae Cobbold, 1879) from Lake Long in the middle reaches of the Vycheh river. Part 3. *Vestnik Syktyvkar'skogo universiteta. Seriya 2. Biologiya, geologiya, himiya, ekologiya* [Syktyvkar University Bulletin. Series 2. Biology, geology, chemistry, ecology]. 2019. Issue 4 (12). Pp. 53–69. (In Russ.)

52. Chubb J. C. Seasonal occurrence of helminths in freshwater fishes. Part I. Monogenea. *Advances in Parasitology*. 1977. Vol. 15. Pp. 133–199.

53. Kashkovskij V. V. Seasonal changes in the age structure of the *Dactylogyrus amphibothrium* (Monogenea, Dactylogyridae) population. *Parazitologiya* [Parasitology]. 1982. Vol. 16. Issue 1. Pp. 35–40. (In Russ.)

Информация об авторе

Доровских Геннадий Николаевич, доктор биологических наук, профессор кафедры безопасности жизнедеятельности и физической культуры, Researcher ID: B-3209-2014, Сыктывкарский государственный университет имени Питирима Сорокина (167001, Россия, Сыктывкар, Октябрьский пр., 55)

Information about the author

Gennady N. Dorovskikh, Doctor of Biological Sciences, Professor of the Department of Life Safety and Physical Education, Researcher ID: B-3209-2014, Pitirim Sorokin Syktyvkar State University (55, Oktyabrsky prosp., Syktyvkar, 167000, Russia)

Статья поступила в редакцию / The article was submitted	12.04.2024
Одобрена после рецензирования / Approved after reviewing	25.10.2024
Принята к публикации / Accepted for publication	25.10.2024

Научная статья / Article

УДК 620.91

<https://doi.org/10.34130/2306-6229-2024-4-46>

Солнечно-водородная система для энергоснабжения удаленных населенных пунктов

Аганияз Ягшиевич Джумаев

Государственный энергетический институт Туркменистана, Мары, Туркменистан,
a.jumayev.tm@gmail.com, <http://orcid.org/0000-0002-2297-1989>

Аннотация. «Зеленый» водород является многообещающим решением для декарбонизированной энергетической системы. В статье предлагается пилотный проект солнечно-водородной системы для энергоснабжения удаленных населенных пунктов. В работе приведена система энергообеспечения, состоящая из источника электроэнергии — фотоэлектрической солнечной станции установленной мощности 1.5 МВт, системы получения водорода — электролизера мощностью 1 МВт и 2G генератора с мощностью 115 кВт.

Ключевые слова: фотоэлектрическая солнечная станция, электролизер, водородная энергия, аккумулялирование энергии Power-to Gas (электроэнергия в газ)

Для цитирования: Джумаев А. Я. Солнечно-водородная система для энергоснабжения удаленных населенных пунктов // Вестник Сыктывкарского университета. Серия 2: Естественные науки. Медицина. 2024. № 4 (32). С. 46–54. <https://doi.org/10.34130/2306-6229-2024-4-46>

Solar-hydrogen system for energy supply to remote communities

Aganiyaz Y. Jumayev

State Energy Institute of Turkmenistan, Mary city, Turkmenistan,
a.jumayev.tm@gmail.com, [http:// orcid.org/0000-0002-2297-1989](http://orcid.org/0000-0002-2297-1989)

Abstract. *Green hydrogen is a promising solution for a decarbonized energy system. The article recommends the pilot project solar-hydrogen system for energy supply to remote communities. Current work presents a modelling project, which consists of electric power source — photovoltaic solar station (PVS) with a capacity of 1.5 MW, system of generation of hydrogen (electrolyzer with a capacity 1 MW) and 2G generator with a capacity 115 kW.*

Keywords: *photovoltaic solar station, electrolyser, hydrogen energy, Power-to Gas generator*

For citation: Jumayev A. Y. Solar-hydrogen system for energy supply to remote communities. *Vestnik Syktyvkarskogo universiteta. Seriya 2: Estestvoznaniye. Medicina = Syktyvkar University Bulletin. Series 2: Natural science. Medicine.* 2024. 4 (32): 46–54. (In Russ.) <https://doi.org/10.34130/2306-6229-2024-4-46>

Введение. В свете ожидаемых изменений и перспектив развития в энергоснабжении очень важная роль отводится исследованиям, направленным на использование возобновляемых источников энергии (ВИЭ), на поиск способов сезонных накоплений энергии и выбор оптимальных способов ее производства и использования. Результаты исследования многих ученых показывают, что водород является топливом будущего и водород как энергоноситель в скором будущем может способствовать решению основных задач перспективного энергоснабжения.

Постановлением Президента Туркменистана от 28 января 2022 г. была принята Дорожная карта по развитию международного сотрудничества Туркменистана в области водородной энергетики на 2022–2023 гг. В рамках этой Дорожной карты планируется реализовать 18 проектов и мероприятий, в частности разработать Национальную стратегию развития водородной энергетики в Туркменистане [1]. В рамках реализации Национальной стратегии по развитию возобновляемой энергетики до 2030 года [2], утвержденной постановлением Президента Туркменистана от 4 декабря 2020 г., намечен перечень мер поддержки развития возобновляемых источников энергии, в направлении «Развитие мини- и микроэлектросетей в удаленных районах» будет осуществлено:

- определение целевых показателей электрификации удаленных районов с использованием автономных систем, мини- и микроэлектросетей;
- разработка нормативных правовых актов, определяющих порядок землеотвода под линии электропередач (опоры линий электропередачи);
- разработка типовых проектов мини- и микроэлектросетей для использования в изолированных районах;
- разработка и производство модульных решений для строительства мини- и микроэлектросетей в изолированных районах;
- разработка упрощенного порядка получения разрешения на строительство мини- и микроэлектросетей в изолированных районах в случае использования типовых проектов и модульных решений;
- определение налоговых льгот, включая льготы на выделение земли, при строительстве мини- и микроэлектросетей в удаленных районах.

В рамках реализации ЦУР ООН (Цели устойчивого развития) предлагается проект обеспечения электрической и тепловой энергией удаленных от центральной системы энергообеспечения населенных пунктов за счет «зеленого» водорода, производимого на основе фотоэлектрической солнечной станции.

ЦУР-7: обеспечение доступа к недорогостоящим, надежным, устойчивым и современным источникам энергии для всех. В условиях Туркменистана это предполагает:

- обеспечение электроснабжения удаленных населенных пунктов (пограничные заставы, чабанские селения, хозяйства землепользователей);
- обеспечение потребителей недорогим теплом и горячей водой;
- экспорт электроэнергии в энергодефицитные страны.

Методы исследования, теоретическая база. В разработке проекта использовали методику, предложенную в работе [3]. Для оценки перспективы совместной работы источников солнечной энергии и электролизера, производящего водород для системы энергоснабжения удаленных населенных пунктов, была выбрана фотоэлектрическая солнечная станция (ФСС) с установленной мощностью 1.5 МВт в населенном пункте Ахалского велаята Гокдепинского этрапа. К ФСС подключены только электролизер и потребители электроэнергии населенного пункта. В расчетах использовали технические данные электролизера с мощностью 1 МВт (табл. 1). Выполнен расчет объема электрической энергии, вырабатываемой такой ФСС в течение года:

$$E = E_{udel,\beta} \cdot S = \sum_{i=1}^{12} E_{i,\beta} \cdot \eta_p \cdot \eta_{inv} \cdot \eta_m \cdot S \quad (1),$$

где E — выработка энергии ФСС в год; $E_{udel,\beta}$ — удельная выработка энергии ФСС с учетом наклона β в течение года; S — площадь ФСС; $E_{i,\beta}$ — приход солнечной энергии на оптимально ориентированную площадку с углом наклона $\beta = 36^\circ$ на широтах расположения ФСС в i -том месяце. Потери η_p на ФСС составляет до 25 %, а КПД η_{inv} преобразования из постоянного в переменный ток равен 98.8 %, принятый КПД η_m солнечного модуля 19.2 %.

В ходе вычислений приняты следующие допущения:

- количество часов работы электролизера с установленной максимальной производительностью в день: декабрь — 2 часа, январь, февраль, март, ноябрь — 3 часа, апрель, май, сентябрь, октябрь — 4 часа, июнь, июль, август — 5 часов;
- количество суммарной солнечной энергии, поступающей на поверхность солнечной панели, расположенной под углом наклона $\beta=36^\circ$ южной ориентации, равно 1803.932 кВт·ч/м² в год.

Мощность электролизера выбрана исходя из того, что ФСС будет покрывать его потребности в электроэнергии, следовательно, производство водорода будет зависеть от выработки и режима работы ФСС. Исходя из этого решено выбрать электролизер мощностью 1 МВт. Определен баланс энергии вырабатываемой и потребляемой элементами системы получения водорода (рис. 1).

Таблица 1

Технические характеристики электролизной установки с мощностью 1 МВт

Технические характеристики	Значение и единица измерения
Номинальная мощность	1 МВт
Производительность по водороду	300 Нм ³ /ч или 27кг/ч
Регулирование производительности по водороду	15–100%
Удельный расход электроэнергии	4.4 кВт·ч/Нм ³ или 48.88 кВт·ч/кг
Давление водорода на выходе	30–200 кгс/см ²
Удельная плотность водорода	0.08988 кг/Нм ³
Нижняя теплотворная способность (НТС)	119.96 МДж/кг (т.е. 33.32 кВт·ч/кг или 3.0 кВт·ч/Нм ³)

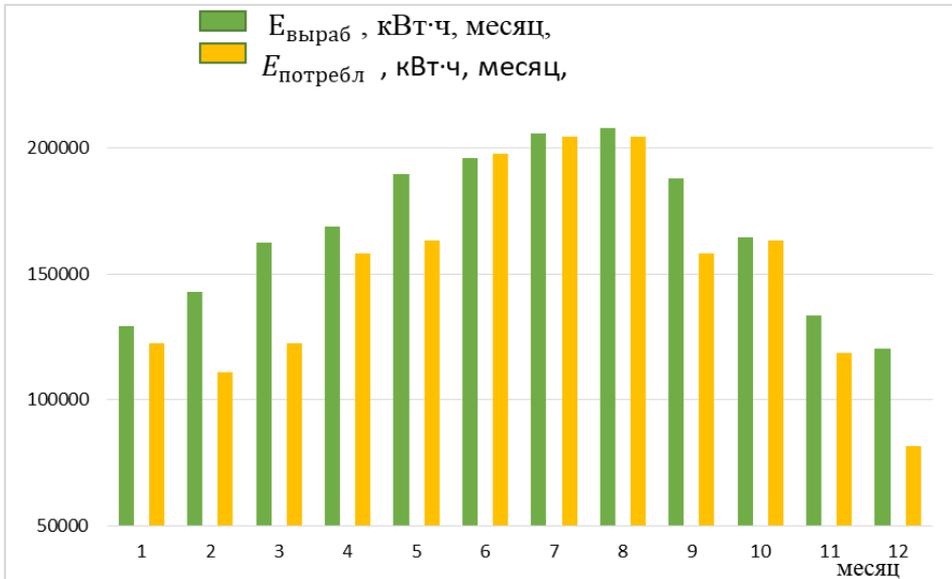


Рис. 1. Вырабатываемая ФСС электроэнергия и таковая потребляемая электролизером

Используя данные, приведенные в табл. 1, рассчитали массу водорода (рис. 2), получаемую выбранным электролизером соответствующей мощности:

$$m = \sum_{i=1}^{12} m_i = \sum_{i=1}^{12} \eta_{el} \cdot t_i \cdot N_i \quad (2),$$

где m — масса полученного водорода в течение года; m_i — масса водорода, получаемая электролизером в i -том месяце; η_{el} — эффективность работы электролизера; t_i — количество часов работы электролизера с установленной максимальной производительностью в день; N_i — количество дней в месяце.

На рис. 3 приведена общая схема солнечно-водородной системы для энергоснабжения удаленных населенных пунктов, на рис. 4 — общая схема ФСС с мощностью 1.5 МВт.

Результаты и обсуждение. В статье рассматривается солнечно-водородная система энергоснабжения для удаленных населенных пунктов, состоящая из ФСС и системы производства, хранения и энергетического использования водорода (рис. 3). Определен баланс энергии, вырабатываемой и потребляемой элементами системы получения водорода (рис. 1).

В работах [4], [5] рассматривается солнечно-водородная энергетическая система для Саудовской Аравии и дан анализ эффективности аккумулирования электрической энергии и водорода в энергосистемах с возобновляемыми источниками энергии. Как видно из общей схемы ФСС с мощностью 1.5 МВт (рис. 4), предлагаемая станция состоит из пяти основных базовых блоков с мощностью 300 кВт. В табл. 2 и 3 приведены технические характеристики основного базового блока и ФСС мощностью 1.5 МВт.



Рис. 2. Производство «зеленого» водорода в течение года

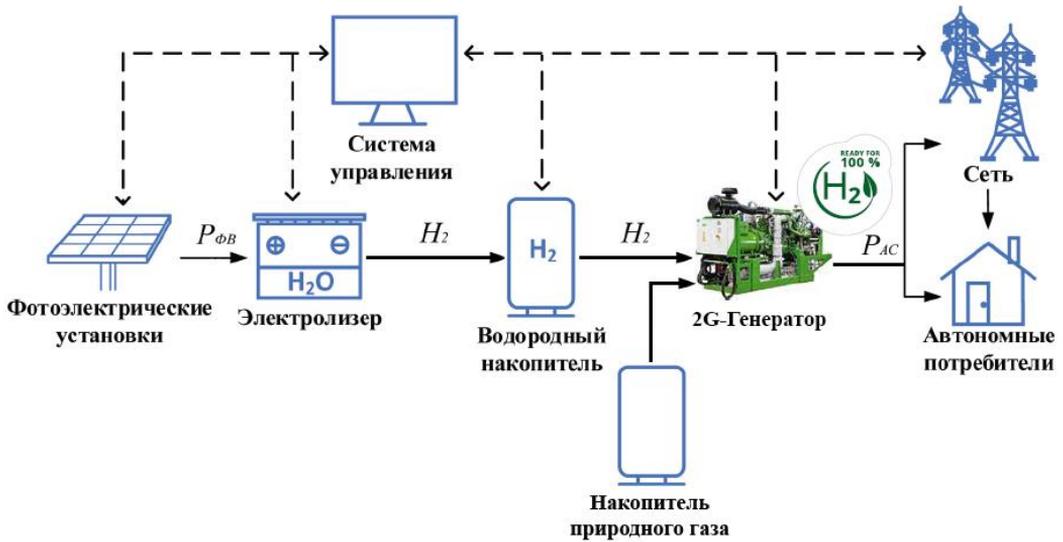


Рис. 3. Общая схема солнечно-водородной системы для энергоснабжения удаленных населенных пунктов

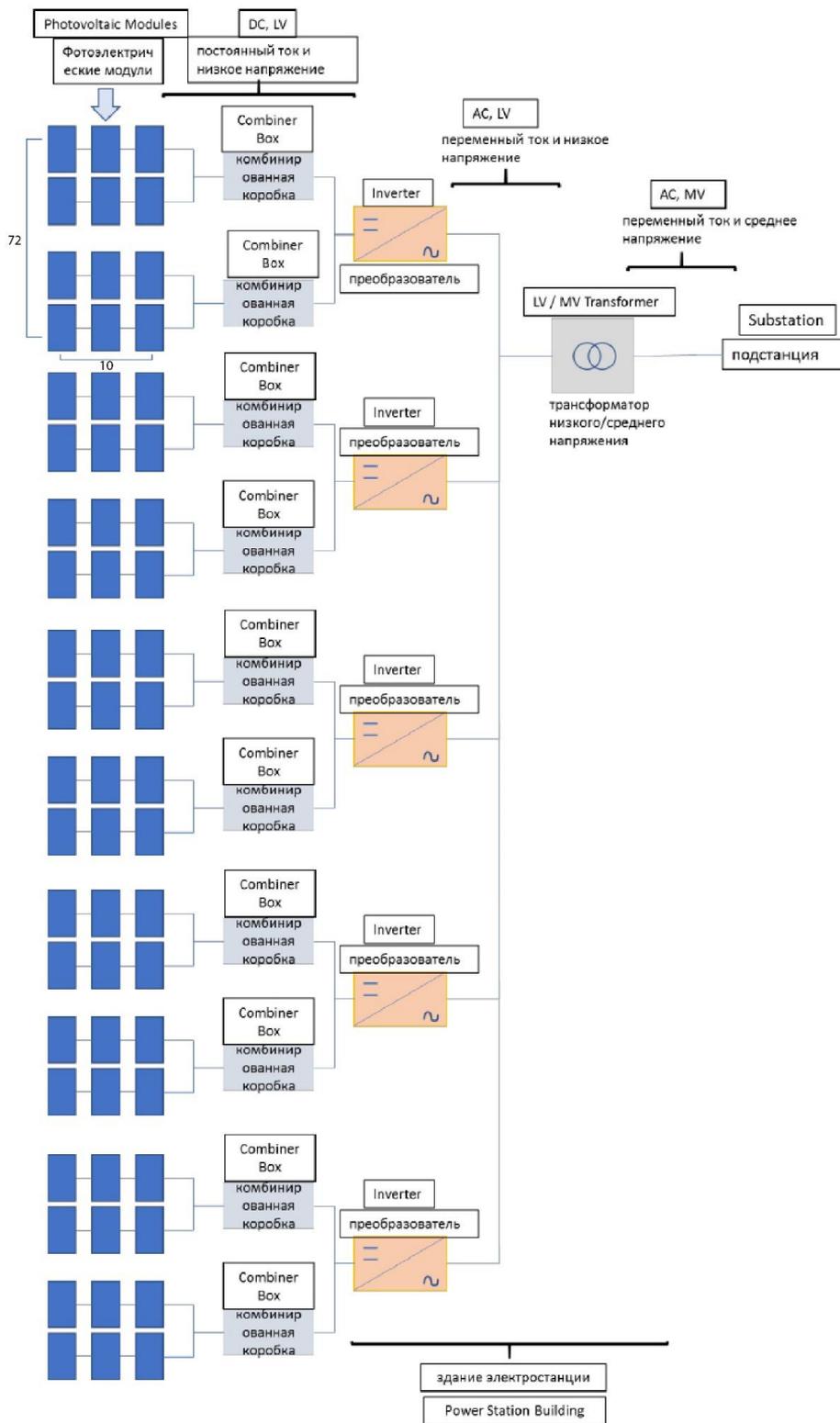


Рис. 4. Общая схема ФЭС с мощностью 1.5 МВт

Таблица 2

Технические характеристики основного базового блока

<i>Технические характеристики</i>	<i>Значение и единица измерения</i>
Мощность ФСС	300 кВт
Мощность фотоэлектрического модуля	415 Вт
Количество фотоэлектрических модулей	720
Количество фотоэлектрических модулей, соединенных последовательно в ряду	10
Количество рядов	72
Площадь фотоэлектрических модулей	1557 м ²
Количество инверторов	1
Номинальная мощность инвертора	300 кВт

Таблица 3

Технические характеристики ФСС с мощностью 1.5 МВт

<i>Технические характеристики</i>	<i>Значение и единица измерения</i>
Мощность ФСС	1.5 МВт
Количество основных базовых блоков	5
Мощность основного базового блока ФСС	300 кВт
Мощность фотоэлектрического модуля	415 Вт
Количество фотоэлектрических модулей	3600
Количество фотоэлектрических модулей, соединенных последовательно в ряду	10
Количество рядов	360
Площадь фотоэлектрических модулей	7785 м ²
Количество инверторов	5
Выработка электроэнергии за год	2.006·10 ⁶ кВт·ч

Таблица 4

Основные результаты пилотного проекта

<i>Технические параметры и информация</i>	<i>Значение и единица измерения</i>
Населенный пункт	Ахалский велаят, Гокдепинский этрап, село Бори
Количество домов	238
Суточное потребление электрической энергии	3570 кВт·ч
Годовое потребление электрической энергии	1303050 кВт·ч
Выработка электрической энергии ФЭС с мощностью 1500 кВт	2006874 кВт·ч
Производства «зеленого» водорода в течение года	36990 кг
Избыточное производство электрической энергии ФСС	703824 кВт·ч
Сезонное производство «зеленого» водорода в течение года	14422 кг

В пилотном проекте рассматривается строительство фотоэлектрической солнечной станции (ФСС) с установленными мощностями 1.5 МВт в Ахалском велаяте в населенном пункте Гокдепинского этрапа. Основные результаты осуществления пилотного проекта приведены в табл. 4.

В летнее время ФСС производит избыточное количество электроэнергии, превышающее потребность в ней. В нашей системе избыточная электроэнергия поступает в электролизер и используется для производства водорода. Водород хранится в водородном накопителе, а затем, когда выработка ФСС недостаточна для электроснабжения потреби-

телей, используется 2G-генератор, который может работать на различных видах топлива, в частности на природном газе, смеси природного газа и водорода, на чистом водороде.

Закключение. В рассматриваемом пилотном проекте предполагается строительство фотоэлектрической солнечной станции (ФСС) с мощностью 1.5 МВт в Ахалском велаяте в населенном пункте Гокдепинского этрапа. Реализация проекта позволяет обеспечить энергоснабжение данного населенного пункта или производство в течение года 36990 кг «зеленого» водорода. Избыточное производство электрической энергии ФСС используется для выработки водорода (14422 кг), что рассматривается как сезонное аккумулирование электрической энергии.

Список источников

1. “Türkmenistanyň wodorod energiýasy babatda halkara hyzmatdaşlygy ösdürmek boýunça 2022-2023-nji ýyllar üçin ÝOL KARTASY”. Türkmenistanyň Prezidentiniň 2022-nji ýylyň 28-nji ýanwarynda çykan 2581-nji Karary bilen tassyklanyldy.
2. Türkmenistanyň Prezidentiniň Karary bilen tassyklanan «Türkmenistanda 2030-njy ýyla çenli gaýtadan dikeldilýän energetikany ösdürmek boýunça Milli Strategiýa. Aşgabat, 2020ý. Türkmenistanyň Prezidentiniň 2020-nji ýylyň 04-nji dekabrynda çykan 2007-nji Karary bilen tassyklandy.
3. Jumayev A. Pilot project on “green” hydrogen generation at the territory of Turkmenistan. Journal of Physics: Conference series. 2723(2024)012010.
4. Алморген С., Везироглу Т. Н. Солнечно-водородная энергетическая система для Саудовской Аравии // Международный научный журнал «Альтернативная энергетика и экология» (ISJAEE). 2018. № 7–9. С. 30–42.
5. Марченко О. В., Соломин С. В. Анализ эффективности аккумулирования электрической энергии и водорода в энергосистемах с возобновляемыми источниками энергии // Вестник Иркутского государственного технического университета. 2018. Т. 22. № 3. С. 183–193. DOI: 10.21285/1814-3520-2018-3-183-193.

References

1. “Türkmenistanyň wodorod energiýasy babatda halkara hyzmatdaşlygy ösdürmek boýunça 2022-2023-nji ýyllar üçin ÝOL KARTASY”. Türkmenistanyň Prezidentiniň 2022-nji ýylyň 28-nji ýanwarynda çykan 2581-nji Karary bilen tassyklanyldy. [Road map, on the development of the international cooperation in the field of the hydrogen energy for 2022-2023 years, was adopted by the decree of the President of Turkmenistan on January 28, 2022]. (In Turkmen.)
2. Türkmenistanyň Prezidentiniň Karary bilen tassyklanan «Türkmenistanda 2030-njy ýyla çenli gaýtadan dikeldilýän energetikany ösdürmek boýunça Milli Strategiýa. Aşgabat, 2020ý. Türkmenistanyň Prezidentiniň 2020-nji ýylyň 04-nji dekabrynda çykan 2007-nji Karary bilen tassyklandy [“National Strategy for the Development of Renewable Energy in Turkmenistan by 2030” approved by the Decree of the President of Turkmenistan. Ashgabat, 2020. Approved by the Resolution of the President of Turkmenistan dated December 4, 2020, 2007]. (In Turkmen.)
3. Jumayev A. Pilot project on “green” hydrogen generation at the territory of Turkmenistan. Journal of Physics: Conference series. 2723(2024)012010.
4. Almorgen S., Veziroglu T. N. Soar-hydrogen energy system for Saudi Arabia. *Mezhdunarodnyj nauchnyj zhurnal «Ał'ternativnaya energetika i ekologiya» (ISJAEE)* [International Scientific Journal for Alternative Energy and Ecology]. 2018. No 7–9. Pp. 30–42. (In Russ.)
5. Marchenko O. V., Solomin S. V. Analysis of electric energy and hydrogen accumulation efficiency in power systems with renewable energy sources. *Vestnik Irkutskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta* [Bulletin of the Irkutsk State Technical University]. 2018. Vol. 22. No 3. Pp. 183–193. DOI: 10.21285/1814-3520-2018-3-183-193. (In Russ.)

Информация об авторе

Джумаев Аганияз Ягшиевич, кандидат физико-математических наук, проректор по научной работе Государственного энергетического института Туркменистана (745400, Туркменистан, Мары, ул. Байрамхана, 62)

Information about the author

Aganiyaz Y. Jumayev, Candidate of physical-mathematical sciences, vice-rector State Energy Institute of Turkmenistan (62, Bayramkhan str., Mary, 745400, Turkmenistan)

Статья поступила в редакцию / The article was submitted	13.09.2024
Одобрена после рецензирования / Approved after reviewing	25.10.2024
Принята к публикации / Accepted for publication	25.10.2024

Научная статья / Article

УДК 338.2

<https://doi.org/10.34130/2306-6229-2024-4-54>

Возможности отопления солнечной энергией промышленных объектов Туркменистана

Махри Сылапбердиевна Данатарова, Сона Мухамметмырадовна Язлыева

Государственный энергетический институт Туркменистана, Мары, Туркменистан, sona86.86@mail.ru

Аннотация. На замену трем водонагревательным котлам *Ferrolti PREHTHERM RSW* Государственного энергетического института Туркменистана предлагается установить солнечное водонагревательное оборудование типа *Vaillant auro THERM exclusive VTK 570/2*.

В результате предлагается снизить воздействие вредных газов на окружающую среду и повысить экономическую эффективность за счет экономии природного газа.

Ключевые слова: солнечный водонагреватель, солнечная энергия, возобновляемые источники энергии

Для цитирования: Данатарова М. С., Язлыева С. М. Возможности отопления солнечной энергией промышленных объектов Туркменистана // Вестник Сыктывкарского университета. Серия 2: Естественные науки. Медицина. 2024. № 4 (32). С. 54–59. <https://doi.org/10.34130/2306-6229-2024-4-54>

Possibilities of solar energy heating of industrial facilities in Turkmenistan

Mahri S. Danatarova, Sona M. Yazlyyeva

State Energy Institute of Turkmenistan, Mary city, Turkmenistan,
sona86.86@mail.ru.

Abstract. It is proposed to install solar water heating equipment of *Vaillant auro THERM* type *VTK 570/2* to replace three *Ferrolti PREHTHERM RSW* water heating boilers of the State Energy Institute of Turkmenistan.

As a result, it is proposed to reduce the impact of harmful gases on the environment and increase economic efficiency by saving natural gas.

Keywords: solar energy, solar water heating, renewable energy sources

For citation: Danatarova M. S., Yazlyyeva S. M. Possibilities of solar energy heating of industrial facilities in Turkmenistan. *Vestnik Syktyvkarskogo universiteta. Seriya 2: Estestvoznaniye. Medicina = Syktyvkar*

Введение. В рамках Национальной стратегии развития возобновляемой энергетики до 2030 года, утвержденной Постановлением Уважаемого Аркадага, электроэнергетика является базовой отраслью национальной экономики Туркменистана и обеспечивает функционирование других отраслей страны.

Национальная стратегия развития возобновляемой энергетики в Туркменистане до 2030 года направлена на диверсификацию источников топлива для энергетики, увеличение экспортных мощностей природного газа и электроэнергии, обеспечение доступной и чистой энергией отдаленных районов, повышение благосостояния населения и развитие промышленности, устойчивое развитие и сохранение климата в рамках Парижского соглашения.

Солнечная энергия считается крупнейшим возобновляемым источником энергии. Земля получает примерно $3.9 \cdot 10^{24}$ Дж = $1.08 \cdot 10^{18}$ кВтч солнечной радиации в год. Это в 10 000 раз превышает ежегодные потребности человечества в энергии и превосходит мировые виды углеводородного и ядерного топлива. Климатические и географические условия Туркменистана особенно подходят для широкого использования возобновляемых источников энергии. Продолжительность солнечного сияния в Туркменистане составляет 2768-3081 час в год. По имеющимся оценкам, потенциал солнечной энергии составляет 1.4 миллиарда тонн ископаемого топлива в год.

Энергетический потенциал возобновляемых источников энергии в стране определен в 110 миллиардов тонн условного топлива в год, а наиболее эффективными направлениями энергетики являются солнечная и ветровая.

В статье рассматривается возможность использования солнечной энергии для водоснабжения Туркменского государственного энергетического института горячей водой.

Результаты и обсуждение. В настоящее время горячее водоснабжение комплекса зданий Туркменского государственного энергетического института обеспечивается тремя водогрейными котлами Ferroli PRETHERM RSW немецкого производства. Эти водонагреватели работают на природном газе. Осенью и зимой эксплуатируют два котла, весной и летом — один. По полученным данным, два водогрейных котла потребляют 200 м³ природного газа за 1 час для нагрева воды до 85°C. Затем горячую воду направляют в учебные корпуса и общежития. Температура воды, поступающая из построек, составляет 75°C. Установлено, что на нагрев воды от 75°C до 85°C за 1 час расходуется 56 м³

природного газа.

$$m = V \cdot \rho = 56 \text{ м}^3 \cdot 0.85 \text{ кг/м}^3 = 47.6 \text{ кг.}$$

Выше приведена формула определения массы потребляемого в течение 1 часа природного газа, где ρ — плотность природного газа, $\rho = 0.85 \text{ кг/м}^3$.

Теплотворная способность газа вычисляется по следующей формуле:

$$Q_{\text{г}} = 4.4 \cdot 10^7 \text{ Дж/кг} \cdot 47.6 \text{ кг} = 209.44 \cdot 10^7 \text{ Дж.}$$

В Туркменском государственном энергетическом институте планируется установить солнечный водонагреватель с целью экономии топлива и снижения воздействия на окружающую среду вредных газов, образующихся при сжигании природного газа.

Солнечные водонагреватели. Преобразование солнечной энергии в тепловую происходит за счет поглощения электромагнитного излучения атомами материала покрытия солнечных панелей установки. При этом энергия излучения переходит в кинетическую

энергию атомов и молекул, что приводит к нагреву материала. Основным элементом солнечной системы отопления является коллектор. В нем солнечная энергия поглощается и передается теплоносителю (жидкости). Коллекторы бывают разных типов, но все они поглощают как прямое, так и рассеянное излучение, что позволяет им работать даже в пасмурную погоду. Коллектор способен нагревать жидкость до 100°C.

Теплоноситель. В качестве теплоносителя для солнечного теплового коллектора можно использовать воду, смесь воды с антифризом или смесь растворов солей. Теплоноситель должен отвечать следующим требованиям: коэффициент теплопередачи должен быть высоким, коэффициент трения — низким, теплоноситель должен быть безвредным, не вызывать коррозию труб описываемой системы.

Таблица

Особенности теплоносителей

Теплоноситель	Температура замерзания(°С) теплоносителя	теплопроводность при 50°С. Вт/(м°С)	тепловая емкость при 50°С. (Дж/(кг°С))	Кинематическая устойчивость при 20°С($\frac{mm^2}{s}$)
Вода	0	0.64	4180	1004
Вода гликолевая (60 / 40 %)	-27	0.44	3850	4.3

В статье предлагается снизить воздействие вредных газов, выбрасываемых в окружающую среду, и сэкономить природный газ путем установки солнечных водонагревательных устройств вместо водонагревательных котлов института.

Схема установки горячего водоснабжения, предложенная в статье, показана на рис. 1.

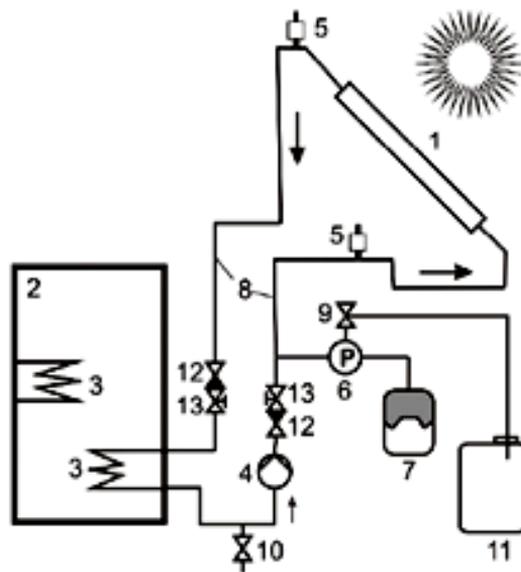


Рис. 1. Схема солнечной установки для горячего водоснабжения.

- 1 — солнечный коллектор, 2 — бак-аккумулятор, 3 — теплообменник, 4 — насос, 5 — воздушный эжектор, 6 — манометр, 7 — расширительный бак, 8 — водопроводные трубы, 9 — предохранительный клапан, 10 — сливной вентиль, 11 — запорный кран, 12 — обратный клапан, 13 — шаровой клапан

Схема предлагаемой конструкции реализуется в следующей последовательности.

Солнечный коллектор (1) является основной частью гелиоустановки, обеспечивающей преобразование солнечной энергии в тепловую. Вырабатываемое в солнечном коллекторе тепло передается в бак-аккумулятор (2) с теплоносителями (вода, антифриз) по тепловым трубам (8), тепловая энергия аккумулируется в баке-аккумуляторе, обеспечивая нагрев водяного теплообменника (3). В солнечном контуре для привода теплообменников используются насосы (4), которые устанавливаются перед входом рабочего устройства в солнечный коллектор. Затем устанавливается воздушный эжектор (5) для удаления воздуха из солнечного коллектора.

Для измерения давления в солнечном коллекторе предусмотрен манометр (6). Необходимо учитывать возможность образования паров в расширительном баке (7) солнечного коллектора. Рекомендуется использовать коррозионностойкие медные водопроводные трубы (8) с хорошей устойчивостью к высоким температурам. Для предотвращения повреждений предохранительный клапан (9) должен автоматически открываться, когда давление в контуре солнечной батареи достигает критического уровня. В солнечном коллекторе сливной вентиль (10) расположен в нижней части солнечного контура. Солнечный контур заполняется и опорожняется через этот вентиль. При заполнении и опорожнении солнечного контура вентиляционное отверстие должно находиться в открытом положении, чтобы обеспечить выход воздуха. В солнечном контуре повышается давление, которое сначала ощущает расширительный бак, сбрасывающий давление. Если давление превышает критический уровень (обычно 4–6 бар для горячего водоснабжения), открывается предохранительный клапан и теплоноситель (жидкость или газ) выходит через него в сборную емкость (11). Обратный клапан (12) ограничивает движение теплообменника только в одном направлении.

Ночью за счет энергии, накопленной в баке-аккумуляторе, теплоноситель нагревается и стремится вверх. Энергия проходит через солнечный коллектор и рассеивается в окружающую среду за счет излучения, теплопроводности и конвекции, так что ночью батарея разряжается за счет естественной циркуляции. Для устранения таких потерь тепла используется обратный клапан, который предотвращает поток теплоносителя только в одном направлении. Шаровой клапан (13) позволяет проводить обслуживание компонентов, расположенных между шаровыми клапанами, без отключения солнечной установки.

КПД солнечного водонагревателя определяется по формуле [3]:

$$\eta_{PTK} = \frac{Q_{GSG}}{Q_{\dot{s}\dot{o}h}} \cdot 100\% = \frac{3,6}{4,8} \cdot 100\% = 75\% ,$$

где Q_{GSG} – количество тепла, которое водонагреватель получает за счет солнечной радиации; $Q_{\dot{s}\dot{o}h}$ – количество тепла, полученного при испарении.

Количество поглощенного тепла солнечным водонагревателем определяют следующим образом:

$$Q_{GSG} = Q_s + Q_k ,$$

где Q_k определяется путем наливания в устройства определенного количества воды при определенной температуре и вычисления температурного баланса $\Delta Q_s = Q_k$ системы.

$$\sum_{i=1}^A C_i m_i = C_s m_s \cdot \frac{(t_{guy} - t_d)}{(t_d - t_{ba\dot{s}})} = 4187 \cdot 10 \cdot \frac{(50 - 35,5)}{(35,5 - 20)} = 39.168 \text{ кДж/кг}$$

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^A c_i m_i &= C_s m_s \cdot \frac{(t_{gu\dot{y}} - t_d)}{(t_d - t_{ba\dot{s}})} = 4187 \cdot 10 \cdot \frac{(55 - 38,5)}{(38,5 - 21)} = 39.477 \text{ кДж/кг} \\ \sum_{i=1}^A c_i m_i &= C_s m_s \cdot \frac{(t_{gu\dot{y}} - t_d)}{(t_d - t_{ba\dot{s}})} = 4187 \cdot 10 \cdot \frac{(60 - 41,6)}{(41,6 - 22)} = 39.306 \text{ кДж/кг} \\ \sum_{i=1}^A c_i m_i &= C_s m_s \cdot \frac{(t_{gu\dot{y}} - t_d)}{(t_d - t_{ba\dot{s}})} = 4187 \cdot 10 \cdot \frac{(70 - 47,2)}{(47,2 - 23)} = 39.447 \text{ кДж/кг} \\ \sum_{i=1}^A c_i m_i &= C_s m_s \cdot \frac{(t_{gu\dot{y}} - t_d)}{(t_d - t_{ba\dot{s}})} = 4187 \cdot 10 \cdot \frac{(80 - 52,9)}{(52,9 - 24)} = 39.262 \text{ кДж/кг} \\ \sum_{i=1}^A c_i m_i &= C_s m_s \cdot \frac{(t_{gu\dot{y}} - t_d)}{(t_d - t_{ba\dot{s}})} = 4187 \cdot 10 \cdot \frac{(90 - 58,5)}{(58,5 - 25)} = 39.370 \text{ кДж/кг} \end{aligned}$$

где C_i — удельное тепловое давление i -го элемента солнечного водонагревателя, кДж/кг; m_i — масса i -го элемента солнечного водонагревателя, кДж/кг; C_s — удельное тепловое давление воды, $\frac{4187 \text{ Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$. M_s — масса воды, 10 кг; $t_{gu\dot{y}}$ — температура переливаемой воды, °С. t_d — равновесная температура, °С. $t_{ba\dot{s}}$ — начальная температура, °С; $\sum_{i=1}^k c_i m_i$ — значение установлено заранее и равно 39.321 кДж/кг.

$$\Delta T = t_{ahyr.gr} - t_{ba\dot{s}.gr} = 67.5 - 22.5 = 45^\circ\text{C}$$

$$Q_s = C_s m_s (t_{ahyr.gr} - t_{ba\dot{s}.gr}) = 4187 \cdot 10 \cdot (67.5 - 22.5) = 1884.1$$

$$Q_k = \sum_{i=1}^k c_i m_i \cdot \Delta t = 39.321 \cdot 45 = 1769.4$$

Соответственно, Q_{GSG} можно определить следующим образом:

$$Q_{GSG} = (C_s m_s + c_i m_i) \cdot (t_{ahyr.gr} - t_{ba\dot{s}.gr}) = (4187 \cdot 10 + 39.321 \cdot (67.5 - 22.5)) = (41870 + 39.321) \cdot 45 = 3.6 \text{ М.Дж.}$$

$\eta_{\dot{s}\ddot{o}h}$ — если известно $Q_{\dot{s}\ddot{o}h}$, можно определить по приведенной ниже формуле.

$$Q_{\dot{s}\ddot{o}h} = \eta_{\dot{s}\ddot{o}h} \cdot N \cdot \tau_i = 0.89 \cdot 1500 \cdot 3600 = 4806000 = 4.8 \text{ М. Дж}$$

где N 3 — электрическая мощность излучения 500 Вт (500 · 3); $\eta_{\dot{s}\ddot{o}h}$ — КПД отражателя; τ_i — время выполнения задачи; $\eta_{\dot{s}\ddot{o}h}$ можно определить по следующей формуле:

$$\eta_{\dot{s}\ddot{o}h} = \frac{\Phi_{\dot{s}\ddot{o}h}}{N} \cdot 100\% = \frac{1340}{1500} \cdot 100\% = 89\%$$

Заключение. Установка солнечных водонагревателей позволит экономить институту до 200 м³ природного газа за каждый час их работы в ходе нагрева воды до 85°С, а также исключить воздействие вредных газов на окружающую среду.

Список источников

1. Türkmenistanyň Prezidentiniň Karary bilen tassyklanan «Energýany tygşytlamagyň 2018–2024-nji ýyllar üçin Döwlet maksatnamasy». Aşgabat: Türkmen döwlet neşirýat gullugy (TDNG), 2018. sah 30.
2. Daňatarowa M., Saryýew M., Allakulyýew Ş. “Adaty däl we gaýtadan dikeldilýän energiýanyň nazary esaslary” ýokary okuw mekdepleri üçin okuw kitaby. Aşgabat “Ýlum” neşirýaty 2020ý. sah 258.
3. Сухоцкий А. Б. Вторичные энергетические ресурсы. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии : учебно-методическое пособие для студентов учреждений высшего образования по специальности 1-43 01 06 «Энергоэффективные технологии и энергетический менеджмент». Минск: БГТУ, 2012. 91 с.

References

1. *Türkmenistanyň Prezidentiniň Karary bilen tassyklanan «Energýany tygşytlamagyň 2018–2024-nji ýyllar üçin Döwlet maksatnamasy»* [State Energy Saving Program for 2018-2024," approved by the Decree of the President of Turkmenistan]. Ashgabat: Turkmen State Publishing Service (TDNG), 2018. 30 p. (In Turkmen.)
2. Danatarova M., Saryev M., Allakulyev Sh. “Adaty däl we gaýtadan dikeldilýän energiýanyň nazary esaslary” ýokary okuw mekdepleri üçin okuw kitaby [Textbook for higher educational institutions "Theoretical foundations of unconventional and renewable energy"]. Ashgabat Publishing House "Ilm" 2020. 258 p. (In Turkmen.)
3. Suhockij A. B. *Vtorichnye energeticheskie resursy. Netradicionnye i vozobnovlyaemye istochniki energii: uchebno-metodicheskoe posobie dlya studentov uchrezhdenij vysshego obrazovaniya po special'nosti 1-43 01 06 "Energoeffektivnye tekhnologii i energeticheskij menedzhment"* [Secondary energy resources. Non-traditional and renewable energy sources: an educational and methodological guide for students of higher education institutions in the specialty 1-43 01 06 "Energy efficient technologies and energy management"]. Minsk: BGTU, 2012. 91 p. (In Russ.)

Информация об авторах

Данатарова Махри Сылапбердиевна, старший преподаватель, Государственный энергетический институт Туркменистана (745400, Туркменистан, Мары, ул. Байрамхана 62)

Язлыева Сона Мухамметмырадовна, старший преподаватель, Государственный энергетический институт Туркменистана (745400, Туркменистан, Мары, ул. Байрамхана 62)

Information about the authors

Mahri S. Danatarova, Senior lecturer of the State Energy Institute of Turkmenistan (62, Bayramkhan str., Mary, 745400, Turkmenistan)

Sona M. Yazlyyeva, Senior lecturer of the State Energy Institute of Turkmenistan (62, Bayramkhan str., Mary, 745400, Turkmenistan)

Статья поступила в редакцию / The article was submitted	17.09.2024
Одобрена после рецензирования / Approved after reviewing	25.10.2024
Принята к публикации / Accepted for publication	25.10.2024

Зеленая химия и способы производства малоклинкерного цемента

Реджепнур Нурбердыев¹, Сапаргелди Гурбанович Какабаев²,
Гулалек Чарыевна Дурдыева¹, Акджагуль Чарыевна Сапарова¹

¹ Институт Химии АН Туркменистана, Ашхабад, Туркменистан

² Государственный энергетический институт Туркменистана, Мары, Туркменистан

Аннотация. Сырье и топливно-энергетические ресурсы, потребляемые при производстве цемента, в основном связаны с производством клинкера. Следовательно, за счет уменьшения количества клинкера возможно снижение расхода сырья и топливно-энергетических ресурсов. Снижение количества клинкера, используемого в производстве цемента, связано с использованием цемента с минеральными добавками. То есть по мере увеличения количества минералов, добавляемых в цемент, количество потребляемого клинкера также уменьшается. Таким образом, по количеству минеральных веществ, добавляемых в цемент, можно контролировать уменьшение количества потребляемых материальных и топливно-энергетических ресурсов. При производстве цемента с 35 % минеральных добавок существенно снижаются выбросы парниковых газов в окружающую среду.

Ключевые слова: цемент, парниковые газы, клинкер-фактор, зеленая химия, малоклинкерный цемент

Для цитирования: Нурбердыев Р., Какабаев С. Г., Дурдыева Г. Ч., Сапарова А. Ч. Зеленая химия и способы производства малоклинкерного цемента // Вестник Сыктывкарского университета. Серия 2: Естественные науки. Медицина. 2024. № 4 (32). С. 60–66. <https://doi.org/10.34130/2306-6229-2024-4-60>

Green chemistry and methods of producing low-clinker cement

Rejepnur Nurberdyev¹, Sapargeldi G. Kakabaev², Gulalek Ch. Durdyeva¹,
Akjagul Ch. Saparova¹

¹ Institute of Chemistry of the Academy of Sciences of Turkmenistan, Ashgabat, Turkmenistan

² State Energy Institute of Turkmenistan, Mary, Turkmenistan

Abstract. The raw materials and fuel and energy resources consumed in the production of cement are mainly related to the production of clinker. Consequently, by reducing the amount of clinker, it is possible to reduce the consumption of raw materials and fuel and energy resources. The decrease in the amount of clinker used in cement production is due to the use of cement with mineral additives. That is, as the amount of minerals added to cement increases, the amount of clinker consumed also decreases. Thus, by the amount of minerals added to cement, it is possible to control the decrease in the amount of consumed material and fuel and energy resources. In the production of cement with 35% of mineral additives, greenhouse gas emissions into the environment are significantly reduced.

Keywords: cement, greenhouse gases, clinker factor, green chemistry, low-clinker cement

For citation: Nurberdyev R., Kakabaev S. G., Durdyeva G. Ch., Saparova A. Ch. Green chemistry and methods of producing low-clinker cement. *Vestnik Syktyvkarского университета. Seriya 2: Estestvoznaniye. Medicina = Syktyvkar University Bulletin. Series 2: Natural science. Medicine.* 2024. 4 (32): 60–66. (In Russ.) <https://doi.org/10.34130/2306-6229-2024-4-60>

Введение. Зелёная химия — это подход к разработке химических продуктов и процессов, которые сокращают использование или образование опасных химических веществ. Целью данной области химии является минимизация и надлежащая утилизация

отходов, образующихся в ходе различных химических процессов, а также разработка химических продуктов, безопасных как для здоровья человека, так и для окружающей среды [1, 2].

Зеленая химия отличается от химии окружающей среды. Химия окружающей среды изучает источники поступления химических веществ в окружающую среду, распространение, устойчивость и воздействие химических загрязнителей, в то время как зеленая химия ищет пути решения экологических проблем, создавая безопасные альтернативные технологии.

Зеленая химия играет важную роль в решении производственных задач путем изыскания новых подходов, позволяющих максимально увеличить количество основных продуктов и минимизировать побочные продукты. Целесообразное использование принципов зеленой химии приведет к снижению затрат на производство и обеспечит экологически чистое производство.

Материалы и методы. Технология зелёной химии применяется во всех сферах промышленности: аэрокосмической, автомобильной, косметической, электронной, энергетической, бытовой, фармацевтической и сельскохозяйственной отраслях. В настоящее время сформулированы основные принципы зеленой химии, которые необходимо принимать во внимание при разработке новых «зелёных» материалов, продуктов и процессов при меньшем количестве отходов [3].

Некоторые из этих принципов приведены ниже:

- лучше предотвратить образование отходов, чем впоследствии перерабатывать их;
- обязательно следует учитывать энергетические затраты и их влияние на окружающую среду и стоимость продукта;
- необходимо разработать передовые аналитические методы, позволяющие осуществлять мониторинг и контроль процесса в реальном времени и задолго до образования опасных веществ.

Исходя из этих принципов было оценено цементное производство. Производство значительных объемов цемента связано с потреблением сотен миллионов тонн топлива в год, характеризуется большим тепловыделением и существенными выбросами в окружающую среду газов CO_2 , NOX и SO_2 , что негативно влияет на изменение климата [4]. Снижение расхода топлива и выбросов CO_2 , NOX и SO_2 при производстве цемента в основном достигается двумя способами:

- повышением эффективности печи для обжига клинкера;
- уменьшением содержания клинкера за счет введения в состав цемента минеральных добавок.

По первому направлению достигнуты существенные достижения, то есть улучшены основные эксплуатационные показатели печей: снижение расхода топлива, повышение качества клинкера, стойкости футеровки и производительности печи. Что касается второго направления, в свете мировых экологических трендов, когда ребром стоит вопрос об ограничении выбросов CO_2 , цементы с минеральными добавками — это перспективный вариант, способный дать максимально быстрый эффект. Среднее количество добавок, вводимых в состав цемента, во всем мире составляет 15 %, следовательно, его необходимо наращивать дальше, причем без ущерба для качества стройматериалов [5].

Сырье и топливно-энергетические ресурсы, потребляемые при производстве цемента, в основном связаны с производством клинкера [6; 7]. Следовательно, за счет уменьшения количества клинкера возможно снижение расхода сырья и топливно-энергетических ресурсов. Снижение количества клинкера, используемого в производстве цемента, связано с использованием цемента с минеральными добавками [8; 9]. То есть по мере увеличения количества минералов, добавляемых в цемент, количество потребляемого клинкера

Таблица 1

Химический состав и основные характеристики цемента с различным количеством минеральных добавок

Состав продукта	Химический состав, %						Дисперсность, %		Прочность, МПа		
	SiO ₂	CaO	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	SO ₃	Остаток на сите 45 мкм	Остаток на сите 90 мкм	Через 3 дня	Через 7 дней	Через 28 дней
Клинкер — 90 %. Опока — 5 %. Гипсовый камень — 5 %	25.72	60.41	4.29	3.60	1.46	2.12	17.2	6.1	27.1	39.0	44.8
Клинкер — 85 %. Опока — 10 %. Гипсовый камень — 5 %	25.34	61.47	4.42	4.13	2.75	1.23	12.30	4.7	32.80	41.7	50.0
Клинкер — 80 %. Опока — 15 %. Гипсовый камень — 5 %	26.58	51.03	5.38	3.19	3.46	2.30	16.03	8.0	23.6	37.4	47.9
Клинкер — 75 %. Опока — 20 %. Гипсовый камень — 5 %	26.37	51.79	5.36	3.11	3.49	2.27	12.3	4.7	33.6	38.0	50.0
Клинкер — 70 %. Опока — 25 %. Камень — 5 %	29.29	52.17	4.16	3.60	2.29	2.31	16.8	6.9	25.0	34.1	40.9
Клинкер — 65 %. Опока — 30 %. Гипсовый камень — 5 %	28.6	52.5	4.18	3.76	2.14	2.1	12.7	5.3	29.1	36.7	51.6
Клинкер — 60 %. Опока — 30 %. Известняк — 5 %. Гипсовый камень — 5 %	30.09	51.65	4.22	3.72	2.79	1.09	16.7	5.6	29.2	34.3	45.2
Клинкер — 55 %. Опока — 35 %. Известняк — 5 %. Гипсовый камень — 5 %	31.26	51.3	4.28	3.81	2.8	2.4	10.8	4.0	27.0	36.7	48.2
Клинкер — 50 %. Опока — 40 %. Известняк — 5 %. Гипсовый камень — 5 %	33.37	48.19	4.35	4.25	2.61	2.01	15.8	7.1	25.7	29.7	46.2
Клинкер — 45 %. Опока — 45 %. Известняк — 5 %. Гипсовый камень — 5 %	34.24	48.66	4.26	4.20	2.73	2.08	12.1	4.2	26.0	31.5	46.8
Клинкер — 40 %. Опока — 50 %. Известняк — 5 %. Гипсовый камень — 5 %	37.1	46.2	4.32	4.13	2.39	1.83	20.3	8.6	25.6	30.03	41.3
Клинкер — 35 %. Опока — 55 %. Известняк — 5 %. Гипсовый камень — 5 %	37.3	46.3	4.35	4.17	2.46	1.86	14.5	5.1	22.6	29.2	45.2
Клинкер — 30 %. Опока — 60 %. Известняк — 5 %. Гипсовый камень — 5 %	35.6	47.13	4.19	4.02	2.62	2.69	15.1	7.6	29.4	34.1	46.5
Клинкер — 25 %. Опока — 65 %. Известняк — 5 %. Гипсовый камень — 5 %	35.8	47.16	4.26	4.06	2.69	1.72	12.2	4.6	31.02	35.6	46.9

также уменьшается. Таким образом, по количеству минеральных веществ, добавляемых в цемент, можно будет контролировать уменьшение количества потребляемых материальных и топливно-энергетических ресурсов, а также снижение выбрасываемых парниковых газов в окружающую среду.

Результаты и обсуждение. Минералы, добавляемые в цемент, представляют собой преимущественно пуццоланы, содержащие активный оксид кремния [10]. Одним из таких местных видов сырья является минерал опока, на основе которого были изучены основные характеристики цемента с различным количеством минеральных добавок. Полученные данные представлены в табл. 1.

Как видно из табл. 1, по мере уменьшения дисперсности цемента с минеральными добавками снижается и его предел прочности. То есть у крупнозернистого цемента прочность невысокая, а по мере его измельчения (по мере получения наноразмерных частиц) прочность увеличивается. Это, прежде всего, связано с увеличением их контактирующей поверхности.

Таблица 2

Расход сырьевых материалов на производство 1 тонны цемента с добавками и без добавок

<i>Сырьевые материалы</i>	<i>При производстве цемента без добавок, кг</i>	<i>При изготовлении цемента с 35 %-ной добавкой, кг</i>	<i>Разница, кг</i>
Известняк	1241.52	784.13	263.81
Глина	199.26	125.85	47.88
Кварцевый песок	30.65	19.36	11.29
Железная руда	61.31	38.72	22.59
Всего	1532.74	968.06	564.68

Наличие частиц минеральных добавок таких размеров создает благоприятные условия для их плавного размещения в цементном камне. При этом в бетоне формируется сбалансированная пространственная структура из частиц кварца, алюмосиликатов и минеральных добавок. Таким образом, при твердении цементного раствора образуется эффективный каркас.

Как видно из табл. 1, если использовать в качестве минеральной добавки опоку, а его можно добавить до 35 %, то качественные показатели полученных цементов будут соответствовать предъявляемым требованиям.

Таким образом, составленный материальный баланс по производству этих цементов показывает, что по мере увеличения количества минеральных добавок в составе цемента уменьшается и количество расходуемого сырья на единицу продукции. То есть количество используемого для изготовления цементного клинкера сырьевых материалов, а именно известняка, глины, песка и железной руды, потребляемого на 1 тонн цемента, уменьшается пропорционально количеству входящих в его состав минеральных добавок. Такое пропорциональное уменьшение можно выразить в общем виде, как в табл. 2.

Также проанализирована возможность снижения потребления топлива при производстве цемента с введением в его состав минеральных добавок. Так, топливом, используемым при производстве клинкера на цементных заводах Туркменистана, является природный газ. На производство 1 тонны цемента или 950 кг клинкера расходуется 96 м³ природного газа [11]. Тогда, исходя из того, что при добавлении до 35 % минеральных добавок производится продукт, соответствующий требованиям, можно будет оценить расход природного газа. То есть если количество минеральной добавки составляет 35 % от произведенного цемента, то расход клинкера на 1 тонну цемента соответственно сократится на 350 кг. Тогда потребление природного газа уменьшится следующим образом:

$$V_{\text{ПГ}} = \frac{350_{\text{кг}} \cdot 96\text{м}^3}{950 \text{ кг}} = 35.37\text{м}^3 \quad \text{или} \quad 96\text{м}^3 - 35.37\text{м}^3 = 60.63\text{м}^3.$$

Полученные данные показывают, что при производстве цемента с 35 %-ми минеральными добавками количество используемого сырья и природного газа существенно уменьшается.

Важно отметить, что парниковые газы, образующиеся при производстве цемента, связаны с процессом изготовления клинкера, поэтому для их снижения выбран путь уменьшения доли клинкера в цементе. Для уменьшения доли клинкера в цементе были использованы минеральные добавки.

Таким образом, определено количество газов, выделяющихся в окружающую среду при производстве одной тонны цемента без добавок и с добавками. Полученные данные представлены в табл. 3.

Таблица 3

Количество парниковых газов, выбрасываемых в окружающую среду при производстве одной тонны цемента без добавок и с добавками

Выделяемые газы	При производстве без- добавочного цемента, кг	При производстве це- мента с добавкой 35 %, кг	Разница, кг
Углекислый газ CO ₂	688.86	447.76	241.1
Угарный газ CO	1.24	0.81	0.43
Нитрозные газы NO _x	0.121	0.081	0.04
Диоксид серы SO ₂	0.203	0.133	0.07
Всего	690.424	448.784	241.64

Как видно из табл. 3, при производстве цемента с 35 % минеральных добавок можно снизить выбросы парниковых газов на каждом из цементных заводов на тот же процент. Следовательно, значение минеральных добавок для цементной промышленности в снижении выбросов в окружающую среду существенно.

Заключение. Как показывают полученные данные, при добавлении минеральных добавок до 35 % получается цемент, соответствующий требованиям, и в этом случае количество клинкера в цементе снижается до 35 %. Количество парниковых газов, образующихся при производстве клинкера, также снижается на ту же величину, что на тонну цемента.

Список источников

1. Hosam El-Din Mostafa Saleh, Koller M. Introductory Chapter: Principles of Green Chemistry. URL: <http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.71191>. 2018. 14 p. (дата обращения: 29.09.2024).
2. Nafees Ahmad, Faizan Ahmad. Green Chemistry: Principle and its Application // Conference Proceeding of 2nd International Conference on Advancement in Engineering, Applied Science and Management (ICAEASM-2017). New Delhi, India, 2017. Pp. 365-399. URL: <https://www.researchgate.net/publication/322078077> (дата обращения: 29.09.2024).
3. Paul Anastas, Nicolas Eghbali. Green Chemistry: Principles and Practice // Chemical Society Reviews. 2010. Issue 39. Pp. 301-312.
4. Чомаева М. Н., Байрамкулова Б. О. Геоэкологические аспекты функционирования цементного производства // Известия Дагестанского государственного педагогического университета. Естественные и точные науки. 2016. Т. 10. № 3. С. 124-128.
5. Суханова Е. В., Герасимова Е. С. Снижение выбросов CO₂ при производстве цемента // Энерго- и ресурсосбережение. Энергообеспечение. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии : материалы Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых с международным участием (Екатеринбург, 15-18 декабря 2015 г.). Екатеринбург: Ур-ФУ, 2015. С. 335-336.

6. Tang Ming-shu, Han Su-fen, Zhen Shi-hua. A rapid method for identification of alkali reactivity of aggregate // *Cement and Concrete Research*. 1983. Vol. 13. No 3. Pp. 417–422. URL: [https://doi.org/10.1016/0008-8846\(83\)90042-X](https://doi.org/10.1016/0008-8846(83)90042-X) (дата обращения: 29.09.2024).
7. Патент RU 2497767, МПК: C04B7/52. Способ получения цемента / Заусаев А. Н., Демичев В. П., Андросов А. И., Саркисов В. А., Ермолаева Г. Я., Полуянова Л. Я. Патентообладатель: Акционерное общество "Жигулевские стройматериалы". Заявл. 13.10.1992; опубл. 20.05.1995.
8. Бикбау М. Я. Нанотехнология в производстве цемента. М.: ОАО Масковский ИМЭТ, 2008. 768 с.
9. Бикбау М. Я. Инновационная нанотехнология цемента // *Современные наукоемкие технологии*. 2011. № 2. С. 20–24.
10. Патент RU 2476391, МПК: C04B7/02. Смесь портландцемента с минеральной добавкой / Корнилов А. В., Пермяков Е. Н., Лыгина Т. З., Панина А. А., Цыплаков Д. С. Патентообладатель: ФГУП Центральный научно-исследовательский институт геологии нерудных полезных ископаемых. Заявл. 10.05.2011; опубл. 27.02.2013.
11. Технологический регламент производства цемента на Балканском цементном заводе (Туркменистан, Балканский велаят, пос. Джебел). Ашхабад, 2022. URL: <https://centralasia.news/2601-balkanskiy-cementnyy-zavod-naladil-vypusk-sulfatostoykogo-cementa.html> (дата обращения: 29.09.2024).

References

1. Hosam El-Din Mostafa Saleh, Koller M. *Introductory Chapter: Principles of Green Chemistry*. Available at: <http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.71191>. 2018. 14 p. (accessed: 29.09.2024).
2. Nafees Ahmad, Faizan Ahmad. *Green Chemistry: Principle and its Application. Conference Proceeding of 2nd International Conference on Advancement in Engineering, Applied Science and Management (ICAE-ASM-2017)*. New Delhi, India, 2017. Pp. 365–399. Available at: <https://www.researchgate.net/publication/322078077> (accessed: 29.09.2024).
3. Paul Anastas, Nicolas Eghbali. *Green Chemistry: Principles and Practice. Chemical Society Reviews*. 2010. Issue 39. Pp. 301–312.
4. Chomaeva M. N., Bayramkulova B. O. Geocological aspects of the functioning of cement production. *Izvestiya Dagestanskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta. Estestvennye i tochnye nauki* [Proceedings of the Dagestan State Pedagogical University. Natural and exact sciences]. 2016. Vol. 10. No 3. Pp. 124–128. (In Russ.)
5. Sukhanova E. V., Gerasimova E. S. Reduction of CO2 emissions in cement production. *Energo- i resursosberezhenie. Energoobespechenie. Netradicionnye i vozobnovlyaemye istochniki energii : materialy Vserossijskoj nauchno-prakticheskoy konferencii studentov, aspirantov i molodyh uchenyh s mezhdunarodnym uchastiem (Ekaterinburg, 15–18 dekabrya 2015 g.)* [Energy and resource conservation. Energy supply. Non-traditional and renewable energy sources : materials of the All-Russian Scientific and Practical Conference of students, postgraduates and young scientists with international participation (Yekaterinburg, December 15–18, 2015)]. Yekaterinburg: UrFU, 2015. Pp. 335–336. (In Russ.)
6. Tang Ming-shu, Han Su-fen, Zhen Shi-hua. A rapid method for identification of alkali reactivity of aggregate. *Cement and Concrete Research*. 1983. Vol. 13. No 3. Pp. 417–422. Available at: [https://doi.org/10.1016/0008-8846\(83\)90042-X](https://doi.org/10.1016/0008-8846(83)90042-X) (accessed: 29.09.2024).
7. *Patent* [The patent] RU 2497767, МПК: C04B7/52. *Sposob polucheniya cementa* [The method of obtaining cement] / Zausaev A. N., Demichev V. P., Androsov A. I., Sarkisov V. A., Ermolaeva G. YA., Poluyanov L. YA. Patentobladatel': Akcionerное obshchestvo "ZHigulevskie strojmaterialy". Zayavl. 13.10.1992; opubl. 20.05.1995. (In Russ.)
8. Bikbau M. YA. *Nanotekhnologiya v proizvodstve cementa* [Nanotechnology in cement production]. Moscow: ОАО Maskovskij IMET. 2008. 768 p. (In Russ.)
9. Bikbau M. YA. Innovative cement nanotechnology. *Sovremennyye naukoemnyye tekhnologii* [Modern high-tech technologies]. 2011. No 2. Pp. 20–24. (In Russ.)
10. *Patent* [The patent] RU 2476391, МПК: C04B7/02. *Smes' portlandcementsa s mineral'noj dobavkoj* [A mixture of Portland cement with a mineral additive] / Kornilov A. V., Permyakov E. N., Lygina T. Z., Pанина А. А., Цыплаков Д. С. Patentobladatel': FGUP Central'nyj nauchno-issledovatel'skij institut geologii nerudnyh poleznyh iskopaemyh. Zayavl. 10.05.2011; opubl. 27.02.2013. (In Russ.)
11. *Tekhnologicheskij reglament proizvodstva cementa na Balkanskom cementnom zavode* [Technological regulations for cement production at the Balkan Cement Plant] (Turkmenistan, Balkan Velayat, village

Jebel). Ashgabat, 2022. Available at: [https:// centralasia.news/2601-balkanskiy-cementnyy-zavod-naladil-vypusk-sulfatostoykogo-cementa.html](https://centralasia.news/2601-balkanskiy-cementnyy-zavod-naladil-vypusk-sulfatostoykogo-cementa.html) (accessed: 29.09.2024). (In Russ.)

Информация об авторах

Нурбердиев Реджепнур, доктор технических наук, заведующий лабораторией «Промышленная химия», Институт химии АН Туркменистана (745400, Туркменистан, Ашхабад, ул. Эсгерлер, 92)

Какабаев Сапаргелди Гурбанович, соискатель, начальник учебного отдела, Государственный энергетический институт Туркменистана (745400, Туркменистан, Мары, ул. Байрамхана, 62)

Дурдыева Гулалек Чарыевна, младший научный сотрудник лаборатории «Технология химического производства», Институт химии АН Туркменистана (745400, Туркменистан, Ашхабад, ул. Эсгерлер, 92)

Сапарова Акджагуль Чарыевна, учёный секретарь, Институт химии АН Туркменистана (745400, Туркменистан, Ашхабад, ул. Эсгерлер, 92)

Information about the authors

Rejepnur Nurberdiev, Doctor of Technical Sciences, Head of the Laboratory "Industrial Chemistry", Institute of Chemistry of the Academy of Sciences of Turkmenistan (92, Esgerler str., Ashgabat, 745400, Turkmenistan)

Sapargeldi G. Kakabaev, applicant, head of the educational department State Energy Institute of Turkmenistan (62, Bayramhan str., Mary, 745400, Turkmenistan)

Gulalek Ch. Durdyeva, Junior Researcher at the laboratory "Technology of Chemical Production", Institute of Chemistry of the Academy of Sciences of Turkmenistan (92, Esgerler str., Ashgabat, 745400, Turkmenistan)

Akjagul Ch. Saparova, Scientific Secretary, Institute of Chemistry of the Academy of Sciences of Turkmenistan (92, Esgerler str., Ashgabat, 745400, Turkmenistan)

Статья поступила в редакцию / The article was submitted
Одобрена после рецензирования / Approved after reviewing
Принята к публикации / Accepted for publication

29.08.2024
25.10.2024
25.10.2024

Научная статья / Article

УДК 621.31

<https://doi.org/10.34130/2306-6229-2024-4-66>

Будущее энергетики Туркменистана: внутренние инновации и региональное сотрудничество

Байрам Мухамметсахыдович Бабаев, Алтын Эсенова

Государственный энергетический институт Туркменистана, Мары, Туркменистан,
bayrambabayew49@gmail.com

Аннотация: В статье рассматривается процесс трансформации Туркменистана в регионального энергетического лидера из-за значительных инвестиций в модернизацию электростанций и строительство новых объектов, способствующих не только удовлетворению растущих внутренних потребностей, но и активному расширению экспорта электроэнергии в соседние страны. Анализируются перспективы и риски объединения энергосистемы Туркменистана с соседними странами.

Ключевые слова: электроэнергетика, комбинированная электростанция, передача электроэнергии, экспорт электроэнергии, энергетическое сотрудничество, объединение энергосистемы

Для цитирования: Бабаев Б. М., Эсенова А. Будущее энергетики Туркменистана: внутренние инновации и региональное сотрудничество // Вестник Сыктывкарского университета. Серия 2: Естественные науки. Медицина. 2024. № 4 (32). С. 66–69. <https://doi.org/10.34130/2306-6229-2024-4-66>

The future of energy sector of Turkmenistan: internal innovation and regional cooperation

Bayram M. Babayev, Altyn Esenova

State Energy Institute of Turkmenistan, Mary city, Turkmenistan, bayrambabayew49@gmail.com.

Abstract. *The article examines the process of transformation of Turkmenistan into a regional energy leader due to significant investments in the modernization of power plants and the construction of new facilities that contribute not only to meeting growing domestic needs, but also to the active expansion of electricity exports to neighboring countries. The prospects and risks of unifying the energy system of Turkmenistan with neighboring countries are analyzed.*

Keywords: *electric power industry, combined power plant, electricity transmission, electricity export, energy cooperation, power system interconnection*

For citation: Babayev B. M., Esenova A. The future of energy sector of Turkmenistan: internal innovation and regional cooperation. *Vestnik Syktvykarskogo universiteta. Seriya 2: Estestvoznaniye. Medicina = Syktyvkar University Bulletin. Series 2: Natural science. Medicine.* 2024. 4 (32): 66–69. (In Russ.) <https://doi.org/10.34130/2306-6229-2024-4-66>

Туркменистан стремительно наращивает производство и экспорт электроэнергии, превращая энергетический сектор в один из ключевых драйверов своей экономики. Благодаря масштабным инвестициям в модернизацию энергетического сектора страна не только обеспечивает растущие внутренние потребности, но и активно экспортирует электроэнергию в соседние государства. Этот энергетический взлет открывает новые горизонты для развития экономики Туркменистана и укрепляет его геополитические позиции в Центральной Азии.

Параллельно с развитием экспорта Туркменистан активно работает над укреплением своей энергетической инфраструктуры внутри страны. Создание энергетического кольца позволило обеспечить надежное энергоснабжение всех регионов и повысить устойчивость энергетической системы.

Ключевым фактором успехов Туркменистана в энергетической сфере стала модернизация электростанций. Переход на парогазовые комбинированные циклы, обеспечивающие более эффективное использование топлива и снижение вредных выбросов, стал одним из приоритетных направлений. Ярким примером этого процесса служит Марыйская ГЭС, мощность которой удвоилась благодаря вводу в эксплуатацию новейшей электростанции.

Строительство новых электростанций ведется с применением самых современных технологий и с учетом высоких экологических стандартов. Так, в Балканском велаяте у Каспийского моря возводится комбинированная электростанция мощностью 1574 МВт, которая позволит еще больше увеличить производственные и экспортные возможности страны [1].

Несмотря на масштабные энергетические проекты, Туркменистан уделяет большое внимание вопросам охраны окружающей среды. Строительство новых электростанций ведется с применением экологически чистых технологий, направленных на снижение вредных выбросов и рациональное использование природных ресурсов. Строительство двух солнечных и ветряных электростанций на завершающем этапе.

Туркменистан активно расширяет географию экспорта электроэнергии. Основными потребителями туркменской электроэнергии являются Иран, Афганистан, Узбекистан и

Кыргызстан. Осуществляется строительство линий электропередачи и оптоволоконной связи по маршруту Туркменистан — Афганистан — Пакистан (ТАП).

31 июля 2024 г. в ходе встречи президента Туркменистана Сердара Бердымухамедова и министра энергетики и природных ресурсов Турции Алпарслана Байрактара обсуждались возможности поставок электроэнергии из Туркменистана в Турцию. В перспективе планируется экспорт электроэнергии в Турцию от строящейся электростанции на побережье Каспийского моря [2].

Потенциальные поставки электроэнергии и газа в Казахстан обсуждались на встрече глав МИД тюркоязычных стран в начале 2024 г. Туркменская сторона заявила о готовности поставлять энергоресурсы в Казахстан, как только будет достигнута договоренность. Запуск поставок электроэнергии в Казахстан поможет диверсифицировать экспортные маршруты страны.

Энергетическая система представляет собой сложную многозвенную техническую систему, предназначенную для производства, распределения и потребления электроэнергии. Процессы, происходящие в энергосистеме, отличаются быстротой, взаимосвязанностью, единством процессов производства, распределения и потребления электроэнергии.

Объединение энергосистемы Туркменистана с соседними странами — это комплексный вопрос, который несет в себе как значительные преимущества, так и определенные риски. Преимущества **объединения** [3]:

- **повышение энергетической безопасности.** Объединение позволит более эффективно распределить энергоресурсы между энергосистемами, снизить зависимость от одного источника и повысить устойчивость к различным видам сбоев их работы;

- **увеличение экспортных возможностей.** Туркменистан сможет более гибко управлять экспортом электроэнергии, что позволит увеличить доходы и укрепить свои позиции на региональном энергетическом рынке;

- **оптимизация производства.** Объединение энергосистем позволит оптимизировать производство электроэнергии, учитывая пиковые нагрузки и сезонные колебания ее потребления в разных странах;

- **содействие экономическому развитию и ускорение интеграционных процессов** может стимулировать экономическое развитие региона, создавая новые рабочие места и способствуя развитию промышленности, стать катализатором для более широкой региональной интеграции.

К недостаткам можно отнести неравномерное развитие энергетических инфраструктур в странах-участниках объединения, зависимость в принятии решений в энергетической сфере от каждого из участников объединения, требование значительных капиталовложений и решения множества технических проблем, связанных с синхронизацией частот, стандартами, потерями мощности в высоковольтных линиях и т. д.

Таким образом, объединение энергосистемы Туркменистана с соседними странами представляет собой сложный и многогранный процесс, который требует взвешенного подхода и тщательной проработки всех возможных рисков и выгод.

Технические проблемы при объединении энергосистем возможно уменьшить с помощью линий передач постоянного тока. Кроме того, использование передачи постоянного тока позволяет объединять асинхронизированные энергосистемы, включать в энергосистемы генерацию энергии от альтернативной энергетики. Наличие развязки по постоянному току обеспечивает ограничение токов короткого замыкания и уменьшение влияния появившихся колебаний в одной ЭЭС на работу другой за счет ликвидации этих колебаний в преобразовательных блоках.

На трехсторонней встрече министров экономики и энергетики Казахстана, Азербайджана и Узбекистана 14 ноября 2023 г. стороны обсудили перспективы экспорта электроэнергии из Казахстана и Узбекистана через территорию Туркменистана и Азербайджана

путем строительства кабельной линии по дну Каспийского моря [4]. Географическое расположение Туркменистана позволяет сыграть роль связующего моста в таких проектах.

Развитие энергетического сектора является одним из ключевых факторов экономического роста Туркменистана. Благодаря масштабным инвестициям, модернизации электростанций и расширению экспортных рынков страна уверенно движется к цели стать одним из ведущих энергетических центров Центральной Азии. При этом Туркменистан демонстрирует ответственный подход к вопросам экологии, что позволяет сочетать экономический рост с сохранением окружающей среды [5].

Список источников

1. “Elektroenergetika pudagy — milli ykdysadyýeti ösdürmegiň möhüm şerti” // Туркменистан сегодня. 22.08.2024.
2. <https://arzuw.news/jeksport-jelektrojene...> (дата обращения: 03.10.2024).
3. <https://masterpotoku.ru/full/relejnaa-za...> (дата обращения: 03.10.2024).
4. <https://www.gov.kz>press>details> (дата обращения: 03.10.2024).
5. <https://ombudsman.gov.tm/blog-post-list...> (дата обращения: 03.10.2024).

References

1. “Elektroenergetika pudagy — milli ykdysadyýeti ösdürmegiň möhüm şerti”. *Turkmenistan segodnya* [Turkmenistan today]. 22.08.2024. (In Turkmen.)
2. <https://arzuw.news/jeksport-jelektrojene...> (accessed: 03.10.2024). (In Russ.)
3. <https://masterpotoku.ru/full/relejnaa-za...> (accessed: 03.10.2024). (In Russ.)
4. <https://www.gov.kz>press>details> (accessed: 03.10.2024). (In Russ.)
5. <https://ombudsman.gov.tm/blog-post-list...> (accessed: 21.07.2024). (In Russ.)

Информация об авторах

Бабаев Байрам Мухамметсахыдович, старший преподаватель, Государственный энергетический институт Туркменистана (745400, Туркменистан, Мары, ул. Байрамхана, 62)

Эсенова Алтын, студентка, Государственный энергетический институт Туркменистана (745400, Туркменистан, Мары, ул. Байрамхана, 62)

Information about the authors

Bayram M. Babayev, Senior lecturer of the State Energy Institute of Turkmenistan (62, Bayramhan str., Mary, 745400, Turkmenistan)

Altyn Esenova, Student of the State Energy Institute of Turkmenista (62, Bayramhan str., Mary, 745400, Turkmenistan)

Статья поступила в редакцию / The article was submitted	26.09.2024
Одобрена после рецензирования / Approved after reviewing	25.10.2024
Принята к публикации / Accepted for publication	25.10.2024

Оценка повышения качества энергии, производимой из альтернативных источников энергии

Огулбабек Нургельдиевна Абдыкадырова, Балкан Шамырадович Алланов

Государственный энергетический институт Туркменистана, Мары, Туркменистан,
nurgeldiyevna@gmail.com.

Аннотация. Целью данной статьи является улучшение качественных показателей электрической энергии, вырабатываемой в альтернативных источниках энергии, поиск путей экономии электрической энергии. Для этого используется программа Matlab персонального компьютера и анализируются гармоники осциллограмм с широкой импульсной модуляцией тока с помощью однофазных полумостовых и полномостовых инверторов.

Ключевые слова: инвертор напряжения с широкой импульсной модуляцией, гармоники, альтернативные источники энергии, показатели качества электроэнергии, энергосбережение, коэффициент гармоник, показатели качества электроэнергии

Для цитирования: Абдыкадырова О. Н., Алланов Б. Ш. Оценка повышения качества энергии, производимой из альтернативных источников энергии // Вестник Сыктывкарского университета. Серия 2: Естественные науки. Медицина. 2024. № 4 (32). С. 70–74. <https://doi.org/10.34130/2306-6229-2024-4-70>

Assessment of improving the quality of energy produced from alternative energy sources

Ogulbabek N. Abdykadyrova, Balkan S. Allanov

State Energy Institute of Turkmenistan, Mary, Turkmenistan, nurgeldiyevna@gmail.com.

Abstract. The purpose of this paper is to improve the quality indicators of electrical energy produced in alternative energy sources, to find ways to save electrical energy. For this purpose, Matlab program of personal computer is used and harmonics of oscillograms with wide pulse current modulation using single-phase half-bridge and full-bridge inverters are analysed.

Keywords: Voltage inverter with wide pulse modulation, harmonics, alternative energy sources, power quality indicators, energy saving, harmonic coefficient, power quality indicators

For Citation: Abdykadyrova O. N., Allanov B. Sh. Assessment of improving the quality of energy produced from alternative energy sources. *Vestnik Syktyvkarskogo universiteta. Seriya 2: Estestvoznaniye. Medicina = Syktyvkar University Bulletin. Series 2: Natural science. Medicine.* 2024. 4 (32): 70–74. (In Russ.) <https://doi.org/10.34130/2306-6229-2024-4-70>

Введение. На протяжении многих лет учеными разрабатываются научные работы, научные проекты и различные виды энергетических объектов по использованию солнечной энергии как энергосберегающего источника. Эта работа продолжается и сегодня. Будучи экологически чистым источником энергии, солнечная энергия также может быть преобразована в другие формы энергии, что приносит большую экономическую выгоду. Например, преобразуя ее в электрическую, тепловую энергию, используя для отопления, охлаждения, освещения и других проектов, можно сэкономить много энергии.

В стране также предпринимаются инициативы по использованию нетрадиционных источников энергии, таких как солнечная и ветровая, в качестве энергосберегающего ис-

точника. Их дальнейшее совершенствование, изобретение новых проектов, их модернизация, использование достижений мировой науки в научных проектах — одна из задач современности.

Рост эффективности и снижение стоимости солнечных панелей привели к созданию множества солнечных электростанций высокой мощности по всему миру. Солнечные панели собирают энергию, преобразуя солнечный свет в электричество.

Электричество, производимое солнечными панелями, является постоянным по своей природе, и мощные инверторы используются для преобразования его в переменную энергию в соответствии с потребностями потребителей.

Инверторы подключаются параллельно солнечным панелям, и каждый инвертор обрабатывает определенную часть энергии, вырабатываемой солнечными панелями. Самый простой инвертор выдает на выходе прямоугольный сигнал. Этот инвертор можно использовать для питания простых устройств, но он не подходит для устройств более сложного срока службы, поскольку вызывает значительные гармонические искажения. Одним из параметров, показывающих эффективность инвертора, является показатель его потерь энергии. Он определяется как отношение полезной выходной мощности к входной мощности.

Как мы видим, инвертор имеет не только множество преимуществ, но и свои недостатки. Основной принцип заключается в том, что простой инвертор благодаря своим конструктивным особенностям будет высвобождать запасенную в аккумуляторе энергию даже тогда, когда она не нужна потребителю. Это снижает общую эффективность Солнечной системы. Чтобы Солнечная система работала правильно, выходное напряжение и частота инвертора должны быть всегда стабильными, а устройство должно выдерживать большие токи. Одной из основных проблем является поддержание качественных показателей производимой энергии в нормальном состоянии.

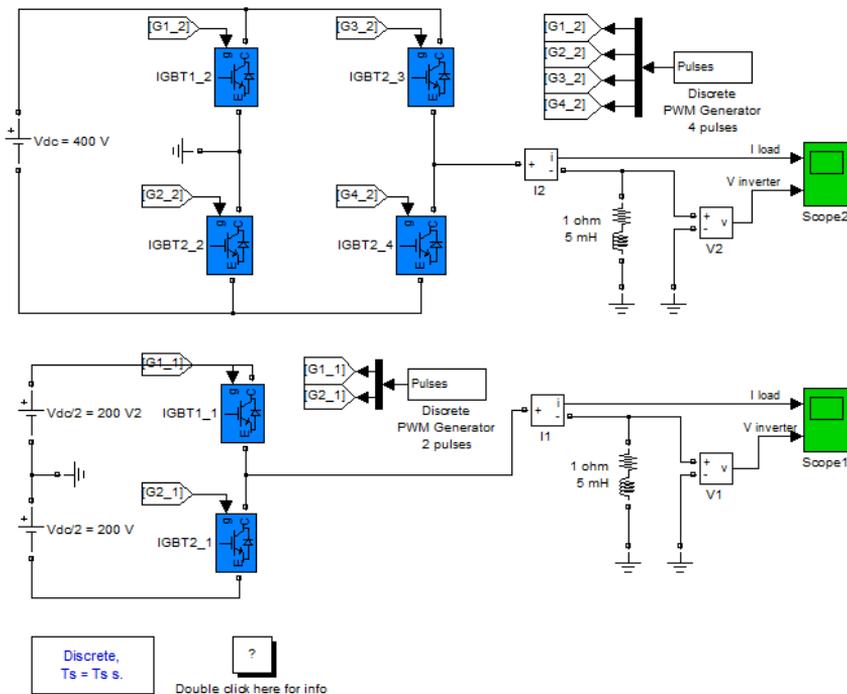


Рис. 1. Полумостовые и полномостовые инверторы напряжения с широкой импульсной модуляцией — модель двух цепей

Международные стандарты определяют показатели качества электроэнергии и допустимые пределы их изменения. Согласно решению Межгосударственного совета по стандартизации, метрологии и сертификации, к показателям качества электрической энергии относятся:

- 1) колебания напряжения;
- 2) коэффициент искажения синусоидальной кривой напряжения;
- 3) нормализованное изменение напряжения;
- 4) временное перенапряжение;
- 5) изменение частоты напряжения;
- 6) продолжительность времени спада напряжения;
- 7) импульсное напряжение;
- 8) коэффициент несимметрии напряжения обратной последовательности;
- 9) коэффициент несимметрии напряжения нулевой последовательности;
- 10) коэффициент n -гармонического регулятора напряжения.

В настоящее время в связи с ростом стоимости энергоресурсов во всем мире эффективное использование производимой электрической энергии, поиск путей снижения количества потерь электрической энергии, а также улучшения показателей качества энергии является одной из основных проблем современной энергетики.

Цель данной статьи — анализ показателей качества электроэнергии, производимой в альтернативных источниках энергии, и поиск путей экономии электроэнергии. Для этого используется программа Matlab персонального компьютера и анализируются гармоники сигналов широкой импульсной модуляции с помощью однофазного инвертора широкой импульсной модуляции (рис. 1).

Как показано, модель состоит из двух независимых схем, представляющих собой однофазные инверторы напряжения с широкой импульсной модуляцией:

- 1) полумостовой инвертор;
- 2) полный мостовой инвертор.

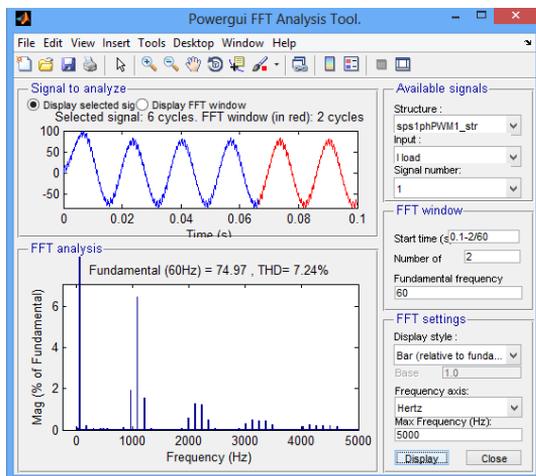
Инверторы состоят из блока IGBT/диод, который является основным структурным компонентом всех инверторов напряжения. Инверторы напряжения работают в разомкнутом контуре с дополнительным блоком генератора дискретной широкой импульсной модуляции. Обе схемы используют одинаковое напряжение постоянного тока ($V_{dc} = 400$ В), несущую частоту (1080 Гц) и индекс модуляции ($m = 0.8$).

Для обеспечения обработки сигналов сигналы, указанные в двух полях пороговых значений, сохраняются в двух переменных «sps1phPWM1_str» и «sps1phPWM2_str».

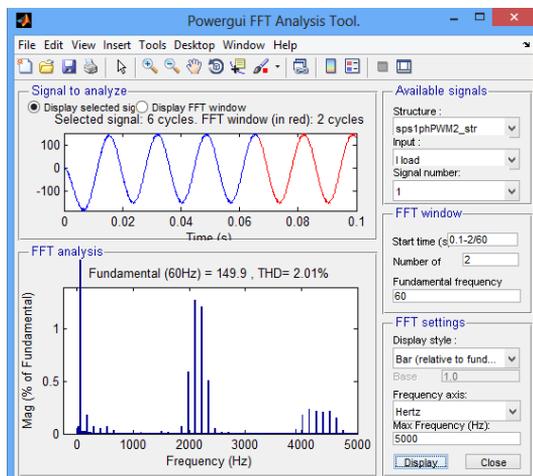
Запуск модели и наблюдение следующих двух сигналов в двух блоках пределов: ток в нагрузке (трасса 1) и напряжение, генерируемое инвертором с широкой импульсной модуляцией (трасса 2).

После завершения моделирования сравним величину основной составляющей инвертора напряжения с теоретическими значениями, приведенными в схеме, а также содержание гармоник напряжения инвертора (рис. 2).

Полумостовой инвертор вырабатывает биполярное напряжение. С другой стороны, полномостовой инвертор вырабатывает переменное монополярное напряжение. При том же постоянном напряжении и индексе модуляции величина основной составляющей в два раза превышает значение, полученное с помощью полумоста. Гармоники, возникающие в результате работы полного моста, ниже и удваивают несущую частоту. В результате ток, полученный при использовании полного моста, становится более плавным. Также можно видеть, что коэффициент гармоник тока нагрузки для полумостового инвертора составляет 7.3 % THD, тогда как для полномостового инвертора — всего 2 %.



а



б

Рис. 2. Окно, показывающее влияние гармоник тока и коэффициент в полумостовых (а) и полных (б) мостовых инверторах

Выводы

1. Изучено, от каких параметров зависят качественные показатели производимой электрической энергии.
2. Исследован метод снижения гармонических искажений электрической энергии, вырабатываемой в альтернативных источниках энергии.
3. В этой статье доказано, что, если использовать полный мостовой инвертор по сравнению с полумостовым инвертором, как показано в модели, установленной в программе Matlab персонального компьютера, качество производимой электроэнергии будет улучшено.

Список источников

1. Абдыкадырова О., Оразмаммедов П. Гармонические искажения напряжения в солнечной энергетике // Исследования и разработки в области машиностроения, энергетики и управления : материалы XXIII Международной научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, Гомель, 27–28 апреля 2023 г. : в 2 ч. / Министерство образования Республики Беларусь, Гомельский гос. технический университет имени П. О. Сухого; под общ. ред. А. А. Бойко. Гомель: ГГТУ им. П. О. Сухого, 2023. Ч. 1. С. 288–291. URL: <https://elib.gstu.by/handle/220612/29405> (дата обращения: 05.10.2024).
2. Kasun M. Samarasinghe. Kasun M. Samarasinghe. University of Cincinnati | UC Department of Electrical and Computer Engineering and Computer Science. 2015. URL: <https://www.researchgate.net/profile/Kasun-Samarasinghe> (дата обращения: 05.10.2024).
3. Треш А. М. Моделирование солнечных батарей в среде Matlab/Simulink // Доклады Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники (Доклады БГУИР). 2012. № 7 (69). С. 110–114.

References

1. Abdykadyrova O., Orazmammedov P. Harmonic voltage distortions in solar energy. *Issledovaniya i razrabotki v oblasti mashinostroeniya, energetiki i upravleniya: materialy XXIII Mezhdunarodnoj nauchno-tekhnicheskoy konferencii studentov, aspirantov i molodyh uchenyh* [Research and development in the field of mechanical engineering, energy and management : materials of the XXIII International Scientific and Technical Conference of Students, Postgraduates and Young Scientists, Gomel, April 27-28, 2023 : at 2 a.m.]. Ministry of Education of the Republic of Belarus, Gomel State Technical University named after P. O. Sukhoy;

under the general editorship of A. A. Boyko. Gomel': GGTU named after P. O. Sukhoi, 2023. Part 1. Pp. 288–291. Available at: <https://elib.gstu.by/handle/220612/29405> (accessed: 05.10.2024). (In Russ.)

2. Kasun M. Samarasinghe. Kasun M. Samarasinghe. *University of Cincinnati | UC Department of Electrical and Computer Engineering and Computer Science*. 2015. Available at: <https://www.researchgate.net/profile/Kasun-Samarasinghe> (accessed: 05.10.2024).

3. Tresh A. M. Simulation of solar panels in Matlab/Simulink. *Doklady Belorusskogo gosudarstvennogo universiteta informatiki i radioelektroniki (Doklady BGUIR) [Reports of the Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics (Reports of BSUIR)]*. 2012. No 7 (69). Pp. 110–114. (In Russ.)

Информация об авторах

Абдыкадырова Огулбабек Нургельдиевна, заведующий кафедрой «Электромеханика», Государственный энергетический институт Туркменистана (745400, Туркменистан, Мары, ул. Байрамхана, 62)

Алланов Балкан Шамырадович, студент, Государственный энергетический институт Туркменистана (745400, Туркменистан, Мары, ул. Байрамхана, 62)

Information about the authors

Ogulbabek N. Abdykadyrova, Head of the Electromechanics Department of the State Energy Institute of Turkmenistan (62, Bayramkhan str., Mary, 745400, Turkmenistan)

Balkan S. Allanov, Student of the State Energy Institute of Turkmenistan (62, Bayramkhan str., Mary, 745400, Turkmenistan)

Статья поступила в редакцию / The article was submitted	28.09.2024
Одобрена после рецензирования / Approved after reviewing	25.10.2024
Принята к публикации / Accepted for publication	25.10.2024

Научная статья / Article

УДК 621.895

<https://doi.org/10.34130/2306-6229-2024-4-74>

Обоснование возможностей изготовления и применения в местных условиях смазочно-охлаждающих жидкостей

Джуманазар Худайназарович Батманов, Алтымурат Мередович Агаджанов, Джумагозел Оразмырадовна Нурмырадова

Государственный энергетический институт Туркменистана, Мары, Туркменистан,
jumanazarbatmanow@gmail.com

Аннотация. В данной работе предлагается использовать отходы Байрамалийского масложирового комбината в качестве смазочно-охлаждающей жидкости для машиностроительной промышленности. Жидкость по химическому составу приемлема для использования при обработке металлов. В научной работе рекомендуется использовать твердую форму — смолу, при шлифовании следующими способами: 1) заполнением впадин круга прерывистой рабочей поверхностью смазки; 2) прижатием к рабочей поверхности вращающегося круга брусков. Применение твердых смазок позволит снизить расход энергии на шлифование и температуру.

Ключевые слова: обработка, чугуны, температура, резание, заготовка, смазочно-охлаждающая жидкость, раствор, структура, кислота, вода

Для цитирования: Батманов Д. Х., Агаджанов А. М., Нурмырадова Д. О. Обоснование возможностей изготовления и применения в местных условиях смазочно-охлаждающих жидкостей // Вест-

Justification of the possibilities of manufacturing and using cutting fluids in local conditions

Jumanazar H. Batmanov, Altymurat M. Agadzhanov, Dzhymagozel O. Nurmyradova

State Energy Institute of Turkmenistan, Mary city, Turkmenistan,
jumanazarbatmanow@gmail.com

Abstract. In this work, it is proposed to use waste from the Bayramaly oil and fat plant as a cutting fluid for the engineering industry. The chemical composition of the liquid is acceptable for use in metal processing. In scientific work, it is recommended to use a solid form — resin, when grinding in the following ways: 1. Filling the cavities of the wheel with an intermittent working surface of the lubricant; 2. By pressing the bars against the working surface of the rotating circle. The use of solid lubricants will reduce energy consumption for grinding and temperature.

Keywords: processing, cast iron, temperature, cutting, workpiece, cutting fluid, solution, structure, acid, water

For citation: Batmanov Ju. H., Agadzhanov A. M., Nurmyradova D. O. Justification of the possibilities of manufacturing and using cutting fluids in local conditions. *Vestnik Syktvykarskogo universiteta. Seriya 2: Estestvoznaniye. Medicina = Syktvykar University Bulletin. Series 2: Natural science. Medicine.* 2024. 4 (32): 74–79. (In Russ.) <https://doi.org/10.34130/2306-6229-2024-4-74>

Введение. В Туркменистане реализуются государственные программы, направленные на научные проекты и экспериментальную деятельность в важнейших областях экономики страны, и особенно на повышение значимости науки в нашем обществе [1].

Уделяется большое внимание вопросам привлечения молодежи к обучению и образованию. С этой точки зрения значительный прогресс в производстве сказывается на экономике страны. Мы будем рассматривать возможность производства местного сырья для смазочно-охлаждающих жидкостей, используемых при резке металлов.

В процессе резки металлов образуется тепло за счет расходуемой энергии. Трение между разрезаемым материалом, верхней частью, подлежащей обработке, а также верхней частью, которую нужно разрезать, и между передней и задней сторонами режущего инструмента является основным источником выделения тепла [2].

При обработке чугуна общее количество выделяемого тепла меньше, чем при резке стали, поскольку трение, возникающее при пластической деформации и разрушении

сплава, ниже. Это можно увидеть из формулы теплоемкости $Q = \frac{P \cdot v}{E}$ кал./мин., выраженной в механическом эквиваленте работы и тепла.

В процессе взаимодействия выделяемое тепло распространяется от объекта с высокой температурой к объекту с низкой температурой согласно законам физики. В ходе экспериментов было установлено, что количество выделяемой тепловой энергии распределяется на окружающие объекты, обрабатываемый объект и внешнюю среду через конвекцию и излучение при балансе тепловой энергии. В случае теплоотвода около 60–80 % тепловой энергии в зоне взаимодействия передается на окружающие объекты, 10–40 % — на обрабатываемый объект и 3–9 % — на другие объекты, и около 1 % уходит во внешнюю среду посредством излучения [3].

Интенсивность и глубина резания влияют на распределение тепла между объектами, находящимися рядом. В процессе обработки металла и других материалов большая часть тепла уходит на обрабатываемый объект. Передача тепла обрабатываемому объекту приводит к его нагреванию, что, в свою очередь, вызывает пластическую деформацию мате-

риала. Также под воздействием тепла происходят соответствующие изменения структуры различных материалов.

Тепло выделяется в зоне возникновения тепла на поверхностях, соприкасающихся с обрабатываемой деталью и режущим инструментом из-за интенсивного трения. Выделяемое тепло влияет на состояние этих поверхностей (повышение коэффициента трения), скорость обработки, а следовательно, и на общий процесс резки и связанные с ним явления (образование стружки, износ инструмента, изменение формы и т. д.). В итоге, необходимо понимать влияние различных факторов на выделение тепла, распределение температуры и методы регулирования температуры в процессе резки и обработки.

Выделяемое в процессе резания тепло распространяется от объекта с высокой температурой к объекту с более низкой температурой. Оно распределяется за счет работы пластической деформации и в основном влияет на окружающие объекты и частично на материал заготовки. Источники тепла и схема распространения теплового потока показаны на рисунке.

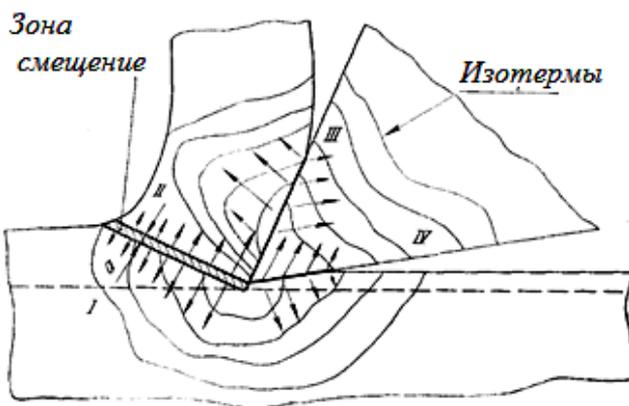


Рис. Источники тепла и схема распределения теплового потока

Тепло, выделяемое при трении режущих кромок зубьев III и IV задней и передней поверхностей, распределяется в основном на переднюю и заднюю поверхности, а также на окружающие объекты II и деталь I. Небольшое количество тепла уходит во внешнюю среду. Распределение тепла также зависит от интенсивности процесса резания, что было подтверждено экспериментами. В результате экспериментов установлено, что при скорости резания $v = 30-40$ м/мин. на окружающие объекты уходит 60 % тепла, на деталь — 35 %, на заготовку — 3 %. Эта ситуация объясняется теплопроводностью обрабатываемого материала, то есть чем меньше теплопроводность детали, тем больше тепла уходит в заготовку.

При обработке пластических материалов на передней поверхности заготовки образуется зона повышенного нагрева. Это явление является результатом работы трения по передней поверхности заготовки. Неравномерность нагрева по длине заготовки значительна. Условия, такие как концентрация тепла в местах, прилегающих к режущей кромке, наличие высоких напряжений, приводят к образованию трещин и разрушению металла на глубине обработанного слоя. Максимальная температура на участках, прилегающих к режущей кромке, достигает значений от 0.4 до 0.5 l . Максимальная температура на передней поверхности заготовки при резании металлов составляет примерно 540°C.

Для предотвращения потери свойств заготовки и обрабатываемой детали при резке металлов необходимо избегать их перегрева. В то же время возникающие силы трения при резке металлов также должны быть уменьшены. Кроме того, используемое охлажда-

ющее средство для резки должно быть жидким и не должно оставлять следов на режущем инструменте и детали. Поэтому используемая смазочно-охлаждающая жидкость должна соответствовать требованиям процесса резания.

Смазочно-охлаждающая жидкость, используемая при резании, оказывает значительное влияние на прочность заготовки, снижение температурной деформации, повышение точности обработки и позволяет выполнять операции резания при высоких скоростях. Она стабилизирует температуру обрабатываемого объекта.

Для повышения производительности обработки металлов, улучшения прочности заготовки, получения требуемой шероховатости обрабатываемой поверхности и уменьшения износа режущего инструмента важно использовать смазочно-охлаждающие жидкости, изготовленные из местного сырья. В данной статье подчеркивается практическая значимость использования смазочно-охлаждающих жидкостей, изготовленных из местного сырья, в процессах обработки металлов.

Таблица 1

Структура щелочных связей, образующихся при обработке соапстока

№ n/n	Компоненты	Доля в процентах
1	Общее масло	1.625 %
2	Щелочь (NaOH 100%)	0.085 %
3	Свободный раствор гидроксида натрия (NaOH)	0.085 %
4	Поваренная соль (NaCl)	7.500 %
5	Глицерин	2.078 %
6	Вода	88.18 %

Активными компонентами, находящимися на поверхности смазочно-охлаждающей эмульсии, создается возможность распада водорода, кислорода и атомов азота. Металл уплотняется и приобретает состояние «наклепа», уменьшается величина воздействующей силы и удельная работа резания. Смазочное действие смазочно-охлаждающей жидкости создает условия для взаимного смещения трущихся поверхностей и уменьшает силу трения. Охлаждающее действие жидкости заключается в отводе части тепла из зоны резания, что приводит к охлаждению обрабатываемой зоны.

В данной статье рассматриваются возможности использования материалов на основе местного сырья для создания смазочно-охлаждающих жидкостей при обработке металлов. Обсуждается возможность использования продуктов, произведенных на масложировом комбинате агропромышленного объединения «Азык» в Марыйском регионе, в качестве смазочно-охлаждающей жидкости в процессе обработки металлов.

Таблица 2

Структура ненасыщенных жирных кислот

№ n/n	Характеристика строения	Количество
1	Кислотность	180.7 mg
2	Влажность	2.43%
3	Серная кислота (H ₂ SO ₄) (H ₂ SO ₄)	нет
4	Затвердевание	28°C
5	Число омыления	170.3 mg

Описывается технологический процесс получения масла из хлопковых семян. После предварительной обработки хлопковых семян 8 %-ной серной кислотой образуется соапсток [4]. При повторной обработке соапстока образуется структура со щелочными связями (табл. 1).

В указанном соединении серы в серной кислоте обрабатывается ядро и получается кислый водный раствор. В структуре этого раствора образуются своеобразные твердые масла. Эти масла извлекаются с помощью специальной технологии. После полного извлечения масла образцы проходят контроль и испытания, затем нагреваются в вакууме при температуре 120–140°C, в результате чего сера отделяется от его структуры. Вещество, полученное в результате, называется ненасыщенными жирными кислотами. Оно имеет коричневый цвет. Структура ненасыщенных жирных кислот представлена в табл. 2.

Таблица 3

Структура дистиллированной жирной кислоты

№ п/п	Характеристика строения	Количество
1	Влажность	0.26 %
2	Серная кислота (H ₂ SO ₄) (H ₂ SO ₄)	нет
3	Затвердевание	32°C
4	Число омыления	180.2 mg

После обработки жирных кислот из хлопкового масла образуется черно-желтая дистиллированная жирная кислота. При отбелке образуются высокомолекулярные фракции, которые после полимеризации превращаются в нейтральные жиры, и гудронный остаток. Структура дистиллированной жирной кислоты показана в табл. 3.

Из очищенных путем кипячения жирных кислот с содержанием 70–76 % получают гудрон с содержанием 20–26 %. По внешнему виду гудрон является однородным и имеет черный цвет.

Соапсток имеет около 2 % содержания мыла. Необходимо снизить эту концентрацию до 1 %. Увеличение количества воды поможет достичь нужного состава. Дистиллированная вода, пропаренная для избегания образования солей, безусловно, даст хороший результат при использовании в качестве затворяющей жидкости.

Заключение. При вторичной обработке соапстока образуется продукт, который можно использовать в качестве смазочно-охлаждающей жидкости, добавив небольшое количество мыла и увеличив содержание серной кислоты до 2 %. Возможно ее использование в качестве твердого смазочного материала в процессе бурения скважин в нефтегазовой промышленности, в процессах литья.

Список источников

1. Gurbanguly Berdimuhamedow. *Türkmenistanyň durmuş-ykdysady ösüşiniň döwlet kadalaşdyrylyşy*. I tom. Aşgabat: Türkmen döwlet neşirýat gullugy (TDNG), 2010 ý. 248 с.
2. Ящерицын П. И., Фельдштейн Е. Э., Корниевич М. А. Теория резания : учебник. 2-е изд. М.: Новое знание, 2006. 512 с.
3. Верещака А. С., Кушнер В.С. Резание материалов : учебник. М: Высшая школа, 2009. 536 с.
4. Надьсев В. С. Очистка сточных вод предприятий масложировой промышленности. М.: Пищевая промышленность, 1976. 183 с.

References

1. Gurbanguly Berdimuhamedow. *Türkmenistanyň durmuş-ykdysady ösüşiniň döwlet kadalaşdyrylyşy*. I tom. Aşgabat: Türkmen döwlet neşirýat gullugy (TDNG), 2010 ý. 248 p. (In Turkmen.)
2. YAshchericyн P. I., Fel'dshtein E. E., Kornievich M. A. *Teoriya rezaniya : uchebник. 2-e. izd.* [Cutting theory : textbook. Ed. 2nd.]. Moscow: New knowledge, 2006. 512 p. (In Russ.)
3. Vereshchaka A. S., Kushner V.S. *Rezanie materialov : uchebник* [Cutting materials : textbook]. Moscow: Higher education, 2009. 536 p. (In Russ.)
4. Nadysev V. S. *Ochistka stochnyh vod predpriyatij maslozhirovoj promyshlennosti* [Wastewater treatment of oil and fat industry enterprises]. Moscow: Food industry, 1976. 183 p. (In Russ.)

Информация об авторах

Батманов Джуманазар Худайназарович, старший преподаватель, Государственный энергетический институт Туркменистана (745400, Туркменистан, Мары, ул. Байрамхана, 62)

Агаджанов Алтымурат Мередович, старший преподаватель, Государственный энергетический институт Туркменистана (745400, Туркменистан, Мары, ул. Байрамхана, 62)

Нурмырадова Джумагозел Оразмырадовна, студентка, Государственный энергетический институт Туркменистана (745400, Туркменистан, Мары, ул. Байрамхана, 62)

Information about the authors

Jumanazar H. Batmanov, Senior lecturer of the State Energy Institute of Turkmenistan (62, Bayramkhan str., Mary, 745400, Turkmenistan)

Altymyrat M. Agajanov, Senior lecturer of the State Energy Institute of Turkmenistan (62, Bayramkhan str., Mary, 745400, Turkmenistan)

Jumagozel O. Nurmyradova, Student of the State Energy Institute of Turkmenistan (62, Bayramkhan str., Mary, 745400, Turkmenistan)

Статья поступила в редакцию / The article was submitted

08.10.2024

Одобрена после рецензирования / Approved after reviewing

25.10.2024

Принята к публикации / Accepted for publication

25.10.2024

Педагогика

Pedagogy

Научная статья / Article

УДК 620.92

<https://doi.org/10.34130/2306-6229-2024-4-80>

Основы создания комплекса образовательных методик по предмету «Альтернативные источники энергии»

Огулгозель Ширлиева, Гулширин Гурбанова, Довлетгелди Бегендиков

Государственный энергетический институт Туркменистана, Мары, Туркменистан,
dowletbegenlikow@gmail.com.

***Аннотация.** В статье описываются методические основы создания учебно-методического комплекса по предмету «Альтернативные источники энергии» в высших учебных заведениях. Учебная программа состоит из четырех частей: учебника по альтернативным источникам энергии; учебного пособия по альтернативным источникам энергии; рабочей тетради; комплекса электронных практических работ.*

***Ключевые слова:** учебно-методический комплекс, альтернативные источники энергии, рабочая тетрадь*

Для цитирования: Ширлиева О., Гурбанова Г., Бегендиков Д. Основы создания комплекса образовательных методик по предмету «Альтернативные источники энергии» // Вестник Сыктывкарского университета. Серия 2: Естественные науки. Медицина. 2024. № 4 (32). С. 80–85. <https://doi.org/10.34130/2306-6229-2024-4-80>

The basics of creating a set of educational methods on the subject of “Alternative energy sources”

Ogulgozel Shirliyeva, Gulshirin Gurbanova, Dovletgeldi Begendikov

State Energy Institute of Turkmenistan, Mary, Turkmenistan, dowletbegenlikow@gmail.com.

***Abstract.** This article describes the methodological basis for creating an educational and methodological complex on the subject “Alternative energy sources” in higher educational institutions. This curriculum consists of four parts: a textbook on alternative energy sources in the format; textbook on alternative energy sources; workbook; complex of electronic practical works.*

***Keywords:** educational and methodological complex, alternative energy sources, workbook*

For citation: Shirliyeva O., Gurbanova G., Begendikov D. The basics of creating a set of educational methods on the subject of “Alternative energy sources”. *Vestnik Syktyvkarskogo universiteta. Seriya 2: Estestvoznaniye. Medicina = Syktyvkar University Bulletin. Series 2: Natural science. Medicine.* 2024. 4 (32): 80–85. (In Russ.) <https://doi.org/10.34130/2306-6229-2024-4-80>

15 сентября 2017 г. была принята Концепция развития системы цифрового образования в Туркменистане. В соответствии с принципами концепции работники системы образования должны использовать современные технические средства цифрового образования, информационные ресурсы, совершенствовать подготовку педагогов в этой сфере, обеспечивать доступность качественных образовательных ресурсов и услуг, использовать цифровые образовательные ресурсы, включая

электронное обучение, пособия на бумажном носителе. Исходя из этих задач магистры-преподаватели вузов используют различные методы обучения [1].

Чтобы успешно реализовать преподавание в своей профессиональной деятельности, преподавателям современных вузов необходимо искать учебники, которые должны быть подготовлены в соответствии с инновационными педагогическими технологиями, внедрять новые методы обучения как методически, так и через инновационные технологии.

В статье представлен учебно-методический комплекс по теме М«етодические основы создания учебно-методического комплекса» по предмету «Альтернативные источники энергии» в высших учебных заведениях. Данная учебная программа состоит из четырех частей.



Рис. 1. Схема теплового насоса



Рис. 2. Компрессор для теплового насоса

1. Учебник по альтернативным источникам энергии в формате PDF.

В этом разделе студентами в курсе альтернативных источников энергии будет использоваться учебник М. Данатаровой, М. Сариева, Ш. Аллакулыева «Теоретические основы нетрадиционной и возобновляемой энергетики» (в формате PDF). Курс альтернативных источников энергии изучается студентами Государственного энергетического института Туркменистана в течение всего второго курса.

2. Учебное пособие по альтернативным источникам энергии.

В учебном пособии по курсу «Альтернативные источники энергии» изложено более 60 тем. Содержание учебника будет дополнено информацией, полученной в ходе электронного

обучения. Рисунки, схемы, графики, цветные изображения, относящиеся к соответствующим темам, видам оборудования, техническим устройствам, будут анимированы. Также по темам будут предложены видеопосты. В качестве примера выбрана тема «Компоненты теплового насоса».

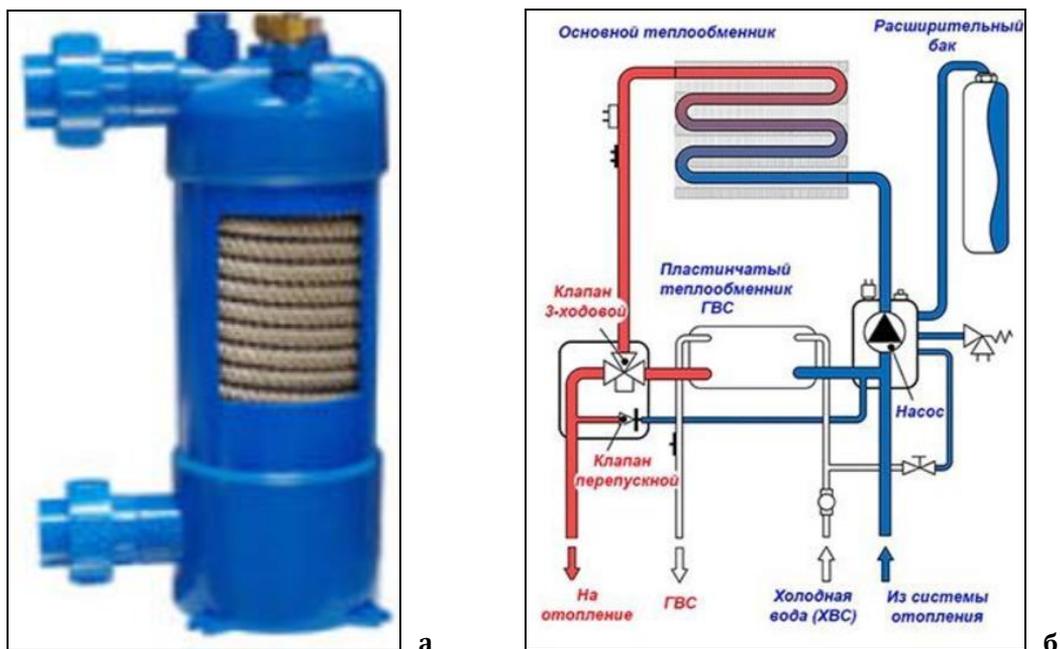


Рис. 3. Теплообменник.

а — теплообменник для теплового насоса; б — двухконтурный теплообменник

Компоненты теплового насоса. Радиатор представляет собой совокупность компонентов, соединенных между собой и собирающих тепловую энергию от низкопотенциального источника [2].

В состав теплового насоса входят теплообменники испарителя и конденсатора, компрессор, дроссель и хладагент.

Компрессор — воздуходувная машина, предназначенная для сжатия или подачи воздуха, а также любого другого газа. Компрессоры для теплонасосных установок делятся на две группы: для влажного и сухого пара. Пар с концентрацией частиц масла более 15 частей на миллион считается влажным. В большинстве случаев они занимают до 20 % общего объема. В сухих компрессорах масло не поступает снизу, и оно может попасть в компрессор только из-за утечек из компрессоров (обычно менее 5 частей на миллион).



Рис. 4. Дроссель для теплового насоса

Теплообменник. Конструкция, предназначенная для обмена тепла между рабочим телом — нагревателем и носителем, называется теплообменником. В тепловых насосах теплообменники расположены в испарителе и конденсаторе. В испарителе происходит теплообмен между низкопотенциальным источником и хладагентом, в результате чего последний испаряется. В конденсаторе происходит теплообмен между хладагентом и водой или другим теплоносителем, который затем нагревается и подается потребителю.

Дроссель уменьшает падение давления в конденсаторе до давления в испарителе. Выбор дросселя зависит от производительности теплоносителя и компрессора. Различают термостатические, электрические дроссели и капиллярные трубки [2].

3. **Рабочая тетрадь.** Данный раздел представляет собой рабочую тетрадь по альтернативным источникам энергии. Она состоит из двух частей: учебного материала, который необходимо усвоить студентам во время занятий, и домашнего задания [3]. Ниже приведен пример такого занятия.

" ___ " _____ 20__ г.

Компоненты теплового насоса



1. Заполните таблицу:

Н/п	Тепловой насос	Примеры
1.	Цель	
2.	Содержание	
3.	Компрессор	
4.	Теплообменники	
5.	Дроссель	
6.	Теплоноситель	
7.	Испаритель	

2. Назовите компоненты теплового насоса, изображенные на рисунке:

3. Объясните работу испарителя и конденсатора в тепловом насосе:

4. Разделите теплообменники по по типам и эффектам:



1) Прочитайте §9.6 учебника, страницы 247–250 и устно ответьте на вопросы.

2) Продолжить изучение ключевых понятий в таблице 9.1 на стр. 250.

3) Функция теплового насоса.

4) Назвать виды компрессоров, их специфику.

а) Поршневые компрессоры, динамический компрессор.

5) Хладагенты.

а) R12; б) R407C; в) R 290 рэндов; г) R 1270 рэндов; д) назовите типы R717.

а) _____

б) _____

в) _____

г) _____

д) _____

В начале занятия задается тема из учебной программы. Темы в рабочей тетради расположены в порядке, представленном в учебнике. Каждая страница разбита на две части: в первой представлены вопросы, связанные с разбираемой темой, во второй части изложена осваиваемая тема. Разбираемые вопросы раскрываются с помощью соответствующих схем, диаграмм, графиков, картинок и др. В качестве домашних заданий учащимся предлагается решать задачи по пройденной теме. Кроме того, ежемесячно проводятся студенческие викторины. Каждый тест включает четыре ответа, один из которых является правильным.

4. Следующий раздел учебно-методического комплекса содержит комплекс электронных практических работ по курсу. Всего к курсу «Альтернативные энергетические ресурсы» относится 10 практических работ, которые проводятся в форме виртуальных экспериментов с помощью подходящей компьютерной программы. Виртуальные стажировки по физике, математике, химии, а также технические курсы в высших учебных заведениях предоставляют возможности использования богатых инновационных технологий и цифровых методов.

Заключение. Данный учебно-методический комплекс облегчит работу учителей, позволяя им проводить уроки, используя возможности современных компьютерных технологий. Это поможет студентам последовательно освоить каждую часть изучаемого предмета.

Важная задача преподавателя — убедиться в значимости роли технологий в реализации образовательных программ, направленных на формирование навыков. Учебный план, основанный на данной методике, может стать элементом, создающим систему в подготовке высококвалифицированных мастеров-педагогов в сфере переподготовки. Такой подход повлияет на расширение кругозора учащихся, их мировоззрение, развитие их сознания. Это позволит учителям работать, используя наиболее передовые методы преподавания.

Список источников

1. Концепция развития системы цифрового образования в Туркменистане. Ашхабад, 2017. 24 с.
2. Данатарова М., Сарыев М., Аллакульев Ш. Теоретические основы нетрадиционной и возобновляемой энергетики. Ашхабад: Наука, 2020. 258 с.
3. Блинов В. И., Виненко В. Г., Сергеев И. С. Методика преподавания в высшей школе : учебно-практическое пособие. М.: Юрайт, 2024. 315 с.

References

1. *Konceptsiya razvitiya sistemy cifrovogo obrazovaniya v Turkmenistane* [The concept of development of the digital education system in Turkmenistan]. Ashgabat, 2017. 24 p. (In Russ.)
2. Danatarova M., Saryev M., Allakul'ev SH. *Teoreticheskie osnovy netradicionnoj i vozobnovlyaej energetiki* [Theoretical foundations of unconventional and renewable energy]. Ashgabat: Science, 2020. 258 p. (In Russ.)
3. Blinov V. I., Vinenko V. G., Sergeev I. S. *Metodika prepodovaniya v vysshej shkole : uchebno-prakticheskoe posobie* [Teaching methods in higher education : an educational and practical guide]. Moscow: "Yurayt" Publishing House, 2024. 315 p. (In Russ.)

Информация об авторах

Ширлиева Огулгозел, старший преподаватель, Государственный энергетический институт Туркменистана (745400, Туркменистан, Мары, ул. Байрамхана, 62)

Гурбанова Гулширин, старший преподаватель, Государственный энергетический институт Туркменистана (745400, Туркменистан, Мары, ул. Байрамхана, 62)

Бегендигов Довлетгелди, старший преподаватель, Государственный энергетический институт Туркменистана (745400, Туркменистан, Мары, ул. Байрамхана, 62)

Information about the authors

Ogulgozel Shirliyeva, Senior lecturer of the State Energy Institute of Turkmenistan (62, Bayramkhan str., Mary, 745400, Turkmenistan)

Gulshirin Gurbanova, Senior lecturer of the State Energy Institute of Turkmenistan (62, Bayramkhan str., Mary, 745400, Turkmenistan)

Dovletgeldi Begendikov, Senior lecturer of the State Energy Institute of Turkmenistan (62, Bayramkhan str., Mary, 745400, Turkmenistan)

Статья поступила в редакцию / The article was submitted
Одобрена после рецензирования / Approved after reviewing
Принята к публикации / Accepted for publication

21.09.2024
25.10.2024
25.10.2024

Рассказ / Story

Река каменных идолов

Геннадий Николаевич Доровских

Сыктывкарский государственный университет имени Питирима Сорокина, Сыктывкар, Россия,
dorovskg@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0001-7502-8989>

Экспедиционный выезд в национальный парк «Югыд ва». Первый маршрут. Двигаюсь вдоль русла реки Балбанью. Идет знакомство с местностью, рекогносцировка. Надо выбрать участки для сбора материала. Дело хлопотное, ответственное, необходимое. От того, как его проведешь, в значительной мере зависит успех экспедиции.



Работа шла под звуки быстро бегущей воды

Вот уже около трех часов в пути. Бесконечные забросы орудий лова, работа водным сачком, измерение температуры воды и воздуха, определение pH и т. д. Это обычная работа, без которой не обойтись. Необходимая, важная рутина.

Прошли десятки лет со времени моего обучения азам выбранного ремесла, но до сих пор с благодарностью вспоминаю учителей, что требовали скрупулезности в сборе материала и описании участков проведения работ. В дальнейшем, для осмысления полученных данных, это бесценное подспорье. Но это потом, а сейчас заброс, другой, третий... Сбор сопутствующих данных, записи, фотографирование и т. п.

Работа шла под звуки быстро бегущей воды и редкие крики птиц. Полная уверенность, что вокруг никого нет. И...

Человеческие голоса.

Показалось?

Подошел к очередному перекаату, шум воды усилился. Тропа пошла вверх.



Подошел к очередному перекаату, шум воды усилился

Показалось?!

Подымаюсь на возвышенность.

Нет, опять голоса. Вроде как переговариваются двое.

Неприятно. Один-один, и вдруг. Здесь не должно быть никого. Нас предупредили, что на этом участке мы одни.

Наверху, в направлении моего движения, показалась палатка. Через короткое время мелькнула лопата и выброшенный грунт.

Интересно, кто это может быть? Вижу, двое копают канаву по краю площадки, в центре которой возвышается останец.

Подхожу к «землекопам», здороваюсь. Отвечают, смотрят с настороженностью. Как потом выяснилось, они тоже были убеждены, что вокруг никого нет.

Завели разговор, такой, разведывательный. Выясняем кто есть кто и зачем.



Капище времен палеолита, а останец — «Золотая баба» или «Старик-хозяин»

Оказалось, что это археологи из Коми НЦ УрО РАН ведут раскопки по краю бывшего здесь капища еще со времен палеолита. А останец — это «Золотая баба», объект поклонения.

ния древних кочевников и манси. В 1930-х гг. здесь уже проводили раскопки. Слой охры, которой посыпали это священное место, в толщину доходил до полуметра. Затем капище разрушили золотодобытчики, повредили и останец. Археологи надеялись, что сохранилась хотя бы часть этого сакрального места. Им было необходимо кое-что уточнить.

Рассказали они и еще довольно много интересного о своей работе, пораспрашивали и меня. Потом еще дважды с ними встречались, общались. Выяснилось, что, к сожалению, от капища золотодобытчики ничего не оставили.



Вот и устье, на противоположном берегу реки безымянные останцы, которых студенты окрестили «Покимоны». Далее крутой поворот русла водотока, левый его берег скалистый красно-черного цвета с прожилками белого

Так и исчезают следы былых культур. Жаль. Этого уже не восстановить, потери не восполнить. А ведь это частица культуры, истории тех же манси, что и сейчас, иногда

проникают в места проживания своих предков. Знаю, приходилось с этим сталкиваться, доводилось и беседовать с такими путешественниками.

После узанного этот останец, имеющий, как оказалось, и другое имя, а именно «Старик-хозяин», совершенно по-другому стал восприниматься. Действительно, к нему в определенные дни года съезжались кочевники-оленоводы, жившие в этих местах уже десять-двенадцать тысяч лет назад, молились ему, одаривали и что-то просили, что-то важное для них. Наверное, просили о здоровье для своих близких и себя, бездетные наделись на возможность заполучить детей, умоляли уберечь от падежа скот и о прочих житейских вещах. Человек и есть человек, где бы и в какое бы время он ни жил, базовые потребности у него одни и те же. Поэтому нетрудно догадаться, что пришлось за эти тысячелетия выслушать этой «Бабе» или «Старику».

И зачем было из-за какого-то, явно небольшого, количества желтого металла разрушать это место?! Похоже, человек что-то недопонял, недодумал, не прочувствовал... Сколько совершенно подобных ошибок, сколько еще свершится...

Поговорили. Перекурили. Пожелали друг другу успехов и занялись своими делами. Они копать, а мне предстоял путь к устью Балбанью, а далее вниз по Кожиму.

Вот и устье, на противоположном крутом берегу реки группа безымянных останцев. Студенты почему-то их сразу окрестили «Покимоны».

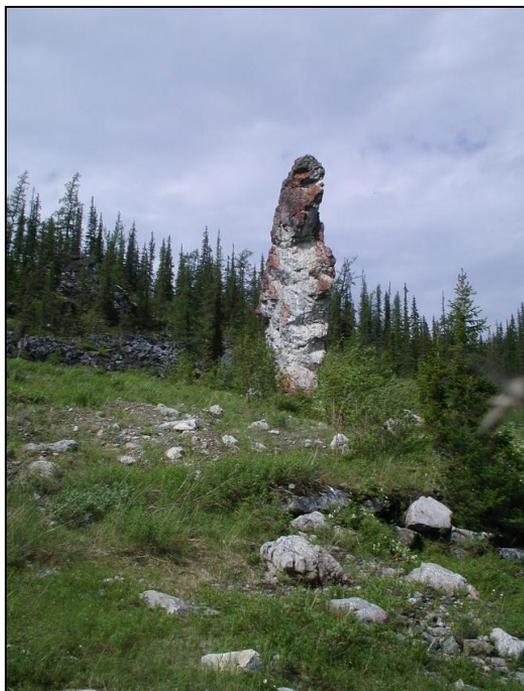
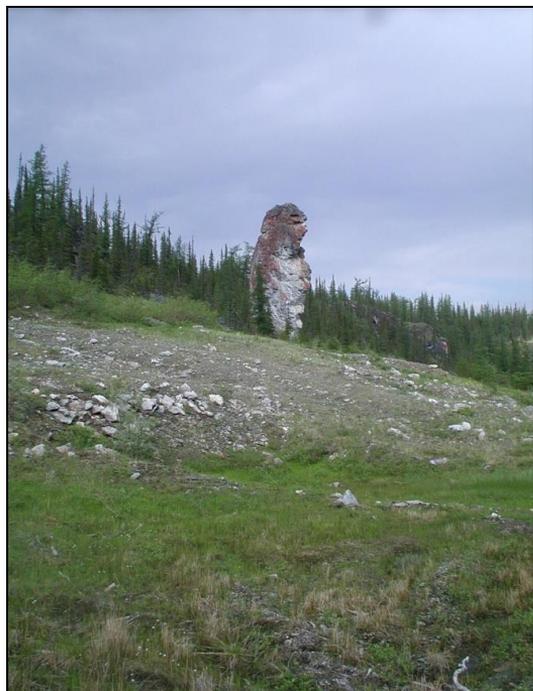
Не торопясь дошел до порогов с крутым поворотом русла водотока. Теперь левый берег скалистый, такой красно-черный с прожилками белого. Течение бьет воду в скалу. В этом месте, как в будущем довелось наблюдать, даже опытные байдарочники спешиваются и проводят свои суда осторожно вдоль правого берега.

За этими порогами видна какая-то «статуя». Отсюда непонятно, что это такое, напоминающее памятник.

Подымаюсь наверх, вхожу в лес. Издали он виделся разреженным, удобным для пешехода. На деле оказалось идти по нему непросто. Много подростка, густая высокая до пояса, порой по грудь, трава, кустарник. Однако свернуть некуда. Пришлось продираться сквозь эту чащу. Ориентиры в лесу потерял и сбился с выбранного направления. В итоге вышел к реке на полтора-два километра ниже, чем рассчитывал.



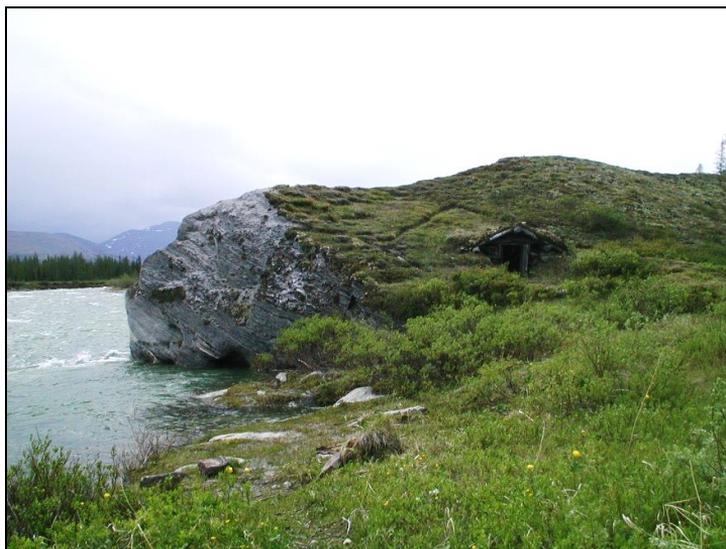
Течение бьет воду в скалу. В этом месте даже опытные байдарочники спешиваются и проводят свои суда осторожно вдоль правого берега. За порогами видна «статуя»



Спускаюсь к реке и слева вижу останец «Каменная баба». Возле него располагалось капище. Последнее разрушено золотодобытчиками

Пришлось возвращаться, идти вверх по течению, стараясь не углубляться в лес, а держаться вблизи берега Кожима. Прошел на триста-четыре метра дальше выбранной точки. Рельеф местности диктует свои условия.

Спускаюсь к реке и слева вижу останец, тот самый памятник. Как позже выяснил, это идол «Каменная баба». Возле него, как говорят, тоже располагалось капище. Последнее разрушено золотодобытчиками.





На землянку набрел на левом берегу Балбанью в месте впадения в нее ручья, вытекающего из-под скалы

Золото здесь искали и добывали издавна. До сих пор сохранились строения, в которых жили старатели еще в позапрошлом веке. Возможно, и ранее.

На одну такую землянку набрел на левом берегу Балбанью в месте впадения в нее ручья, вытекающего из-под скалы. За ней в то время, когда я там бродил, еще добывали золото.

Сфотографировал останец «Каменная баба», обошел его, осмотрел. Интересно. Завораживает.

Вокруг этой скалы все перерыто, перепахано, еще не везде восстановилась растительность. Да и осознание того, что натворили здесь люди, как-то не вдохновляло на долгое пребывание в этом месте.

Жаль. Очень жаль. И обидно, что не сохранили сакральные места. Это земное место-пребывание духов и богов, сосредоточение магических сил. Сакральное место — ценность высшего порядка особенно для людей, живущих рядом с ним с незапамятных времен.

