

Вестник Сыктывкарского университета (научный журнал)	Серия 2 Естествознание Медицина	Выпуск 2(30) 2024
---	--	--

СОДЕРЖАНИЕ

СТАТЬИ

Медицина / Medicine

Сварич В. Г., Сварич В. А., Соснин Е. В. Функциональные показатели работы сфинктеров прямой кишки у детей с суперкороткой формой болезни Гиршпрунга	
<i>Svarich V. G., Svarich V. A., Sosnin E. V.</i> Functional parameters of the rectal sphincters in children with the super-short form of Hirschsprung's disease	6
Ильиных Е. И., Корелина А. И. Распространенность гипервентиляционного синдрома у студентов медицинского института	
<i>Ilinykh E. I., Korelina A. I.</i> Prevalence of hyperventilation syndrome among medical students	10

Паразитология / Parasitology

Доровских Г. Н. Популяции карася <i>Carassius carassius</i> (Linnaeus, 1758) (Cypriniformes: Cyprinidae Bonaparte, 1832) и его паразита рачка <i>Lernaea cyprinacea</i> Linnaeus, 1758 (Copepoda: Lernaeidae Cobbold, 1879) из озера Длинное и в бассейне среднего течения реки Вычегды в 1979–2016 годах. Часть 6 (Заключительная)	
<i>Dorovskikh G. N.</i> Populations of <i>Carassius carassius</i> (Linnaeus, 1758) (Cypriniformes: Cyprinidae Bonaparte, 1832) and its parasite the Crustacean <i>Lernaea cyprinacea</i> Linnaeus, 1758 (Copepoda: Lernaeidae Cobbold, 1879) from Dlinnoye Lake and in the middle course of the Vychegda River in 1979–2016 years. Part 6 (The Final)	17
Доровских Г. Н. Биология <i>Diplozoon scardinii</i> Komarova, 1966 (Monogenea Carus, 1863: Diplozoidae Palombi, 1949) с красноперки <i>Scardinius erythrophthalmus</i> (Linnaeus, 1758) (Cypriniformes: Cyprinidae Bonaparte, 1832)	
<i>Dorovskikh G. N.</i> Biology of <i>Diplozoon scardinii</i> Komarova, 1966 (Monogenea Carus, 1863: Diplozoidae Palombi, 1949) from the rudd <i>Scardinius erythrophthalmus</i> (Linnaeus, 1758) (Cypriniformes: Cyprinidae Bonaparte, 1832)	34

Экология / Ecology

Джумаев А. Я. Экологический аспект производства «зеленого» водорода на территории Туркменистана	
<i>Jumayev A. Y.</i> The ecological aspect of the production “green” hydrogen in the territory of Turkmenistan	45

<i>Алланазаров Н. А., Агаджанов А. М., Атаева Н. Д.</i> Особенности проектирования ветроэлектрической станции мощностью 1.5 МВт	
<i>Allanazarov N. A., Agajanov A. M., Atayeva N. D.</i> Design features of a 1.5 MW wind farm	51
<i>Ханчаев Б. А.</i> Цифровая система для организации производства водорода на территории Туркменистана	
<i>Hanchayev B. A.</i> Digital system for the organization of hydrogen production in the territory of Turkmenistan	59
<i>Якубов Я. Д., Рахманов С. Б.</i> Методика определения срока окупаемости солнечного коллектора в климатических условиях Туркменистана	
<i>Yakubov Y. D., Rahmanov S. B.</i> Methodology for determining the payback period of a solar collector in the climatic conditions of Turkmenistan	69

Педагогика / Pedagogy

<i>Рогачевская О. В., Репина Е. Н.</i> Формы педагогической деятельности по воспитанию у младших школьников компетентности безопасного поведения на открытых водных объектах в разные сезоны года	
<i>Rogachevskaya O. V., Repina E. N.</i> Forms of pedagogical activity to develop safe behavior skills in primary schoolchildren on open water bodies in different seasons of the year	75

Экспедиционная жизнь / Expedition life

<i>Доровских Г. Н.</i> Ночь на плато Маньпупунёр	83
--	----

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 2 (30). 96 с.

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», заведующий 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 им. 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 (г. 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 им. И. Д. Папанина», заведующий лабораторией экологической паразитологии (Борок, Россия)

- А. Н. Захарова**, канд. психол. наук, ФГБОУ ВО «Чувашский государственный университет им. 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 им. 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 им. 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 им. М. Горького», зав. кафедрой детской и общей неврологии Факультета интернатуры и последипломного образования (Донецк, ДНР)
- В. В. Мазур**, канд. геогр. наук, начальник отдела планирования организации научно-исследовательской деятельности, преподаватель колледжа экономики, права и информатики (Сыктывкар, Россия)
- А. Л. Максимов**, д-р мед. наук, профессор, член-корреспондент РАНРАН, 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, заведующий 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 23.08.2024. Дата выхода в свет 25.09.2024.
Формат 70×108/16. Усл.-печ. л. 11,2.
Заказ № 44. 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
E-mail: ceo@komitip.ru
Сайт: komitip.ru

**Функциональные показатели работы сфинктеров прямой кишки
у детей с суперкороткой формой болезни Гиршпрунга**

**Вячеслав Гаврилович Сварич¹, Виолетта Анатольевна Сварич²,
Евгений Владимирович Соснин³**

^{1,3} Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский институт,
Санкт-Петербург, Россия, ¹ svarich61@mail.ru

² Главное бюро медико-социальной экспертизы по Республике Коми Министерства труда
и социальной защиты, Сыктывкар, Россия, ² svarich61@mail.ru

Аннотация. В работе исследованы функциональные показатели работы сфинктеров прямой кишки при суперкороткой форме болезни Гиршпрунга у детей.

Проведено одноцентровое ретроспективное нерандомизированное сравнительное исследование вмешательства. Из 346 детей с болезнью Гиршпрунга, находившихся под нашим наблюдением, в исследуемую группу были включены 203 пациента в возрасте от 0 до 17 лет с суперкороткой зоной аганглиоза. Критерий исключения: пациенты с остальными формами болезни Гиршпрунга. Всем пациентам проведена профилометрия с использованием компьютерной системы исследования моторики желудочно-кишечного тракта «Дупо Smart» производства Мемфис Биомедика (Италия). У всех детей исследуемой группы обследование проведено перед операцией.

Обратный ректоанальный ингибиторный рефлекс выявлялся у всех детей с суперкороткой формой болезни Гиршпрунга. Длительность РАИР составила от 7.9 до 12.1 (M=10.7) секунды. Амплитуда рефлекса была в интервале от 71.1 до 89.0 % (M=77.8 %). Время от начала рефлекса до максимального сокращения было в пределах 4.1–5.9 (M=4.9) секунд. Время от максимального сокращения до восстановления исходного тонуса составило от 3.8 до 7.3 (M=5.2) секунд. Почти у половины детей (46.6 %) временной интервал от начала РАИР до достижения его максимума и возврата к исходным параметрам делился примерно пополам.

Таким образом, удлинение анального канала как одного из механизмов удержания кишечного содержимого происходит за счет наружного сфинктера прямой кишки. Супрастенотическое расширение прямой кишки при суперкороткой форме болезни Гиршпрунга за счет укорочения анального канала не позволяет в полной мере реализовать вышеуказанный механизм удержания кишечного содержимого.

Ключевые слова: болезнь Гиршпрунга, суперкороткая форма, профилометрия, анальный канал

Для цитирования: Сварич В. Г., Сварич В. А., Соснин Е. В. Функциональные показатели работы сфинктеров прямой кишки у детей с суперкороткой формой болезни Гиршпрунга // Вестник Сыктывкарского государственного университета. Серия 2: Естественные науки. Медицина. 2024. Вып. 2 (30). С. 6–10. <https://doi.org/10.34130/2306-6229-2024-2-6>

**Functional indicators of the rectal sphincters
in children with the super-short form of Hirschsprung's disease**

Vyacheslav G. Svarich¹, Violetta A. Svarich², Evgeny V. Sosnin³

^{1,3} St. Petersburg State Pediatric Medical Institute, St. Petersburg, Russia, ¹ svarich61@mail.ru

² Main Bureau of Medical and Social Expertise in the Komi Republic Ministry of Labor
and Social Protection, Syktывkar, Russia, ² svarich61@mail.ru

Abstract. The paper investigates the functional parameters of the rectal sphincters in the super-short form of Hirschsprung's disease in children.

A single-center retrospective non-randomized comparative study of the intervention was conducted. Of the 346 children with Hirschsprung's disease who were under our supervision, 203 patients aged 0 to 17 years with a super-short zone of agangliosis were included in the study group. Exclusion criterion: patients with other forms of Hirschsprung's disease. All patients underwent profilometry using the Dyno Smart gastrointestinal motility computer system manufactured by Memphis Biomedica (Italy). All children in the study group were examined before surgery.

The reverse rectoanal inhibitory reflex was detected in all children with the super-short form of Hirschsprung's disease. The duration of the RAIR ranged from 7.9 to 12.1 (M= 10.7) seconds. The amplitude of the reflex was in the range from 71.1 to 89.0% (M=77.8%). The time from the beginning of the reflex to the maximum contraction was in the range of 4.1–5.9 (M=4.9) seconds. The time from maximum contraction to restoration of the initial tone ranged from 3.8 to 7.3 (M= 5.2) seconds. In almost half of the children (46.6%), the time interval from the beginning of RAR to reaching its maximum and returning to the initial parameters was divided approximately in half.

Thus, the lengthening of the anal canal, as one of the mechanisms for retaining intestinal contents, occurs due to the external sphincter of the rectum. Suprastenotic expansion of the rectum in the super-short form of Hirschsprung's disease due to shortening of the anal canal does not allow the above-mentioned mechanism of retention of intestinal contents to be fully realized.

Keywords: Hirschsprung's disease, super short form, profilometry, anal canal

For citation: Svarich V. G., Svarich V. A., Sosnin E. V. Functional parameters of the rectal sphincters in children with the super-short form of Hirschsprung's disease. *Vestnik Syktyvkar'skogo universiteta. Seriya 2: Estestvoznaniye. Medicina = Syktyvkar University Bulletin. Series 2. Natural Science. Medicine.* 2024. 2 (30): 6–10 (In Russ.). <https://doi.org/10.34130/2306-6229-2024-2-6>

Введение. Значение сфинктерного аппарата прямой кишки для удержания кишечного содержимого является очевидным фактом. Физиология его работы исследована достаточно глубоко [1; 2]. В отечественной и зарубежной литературе данные о работе сфинктерного аппарата прямой кишки при суперкороткой форме болезни Гиршпрунга у детей практически не встречаются [3].

Цель работы: исследовать функциональные показатели работы сфинктеров прямой кишки при суперкороткой форме болезни Гиршпрунга у детей.

Дизайн исследования. Это было одноцентровое ретроспективное нерандомизированное сравнительное исследование вмешательства.

Этическая экспертиза. Перед исследованием у всех пациентов или их законных представителей было получено письменное информированное согласие, а также одобрение этического комитета.

Выборка. Размер выборки предварительно не рассчитывался.

Статистический анализ. Расчет произведен с использованием пакета статистического анализа данных Statistica 5.1 for Windows (StatInc, USA). Проверка гипотезы нормальности распределения вариационного ряда проводилась с использованием критерия Пирсона. При нормальном распределении количественных данных считалось среднее (M) и среднеквадратичное отклонение (σ), а при ненормальном — медиана с квантилями. Сравнение количественных данных при нормальном распределении проводили с использованием критерия Стьюдента (t), а при ненормальном — критерия Манна — Уитни (U). Номинальные данные описывались с указанием абсолютных значений и процентных долей. Сравнение долей проводилось с использованием критерия χ^2 . Уровень статистической значимости $p < 0.05$.

Пациенты и методы. Из 346 детей с болезнью Гиршпрунга, находившихся под нашим наблюдением, в исследуемую группу были включены 203 пациента в возрасте от 0 до 17 лет с суперкороткой зоной аганглиоза. В данной группе мальчиков было 140

(68,9 %), девочек — 63 (31.1 %). Медиана возраста детей составила 4.3 года ($Q_1= 2.2$; $Q_3= 6.5$). Критерий исключения: пациенты с остальными формами болезни Гиршпрунга.

Методы диагностики. Всем пациентам проведена профилометрия с использованием компьютерной системы исследования моторики желудочно-кишечного тракта «Дупо Smart» производства Мемфис Биомедика (Италия). Для этого в прямую кишку вводили 8-канальный одноразовый пластиковый катетер с радиальным расположением каналов (9R — 12 — 100 C) на глубину 10 сантиметров. Затем с помощью пулера начинали протяжку катетера со скоростью 1 миллиметр в секунду. После записи профиля давления покоя вышеописанное исследование повторяли с той разницей, что при вхождении отверстий регистрационных каналов в проекцию сфинктера пациента просили максимально сжать последний и сохранять усилие до выхождения катетера за пределы прямой кишки. Полученные данные сравнивали с нормальными показателями [4; 5].

Результаты и обсуждение. У всех детей исследуемой группы обследование проведено перед операцией. Проведение профилометрии дистального отдела прямой кишки показало повышение тонуса внутреннего сфинктера в покое у всех пациентов в среднем на 59.8 % от нормальных показателей. Волевое усилие наружного сфинктера было ниже нормы в среднем на 5.8 % (табл. 1).

Таблица 1

Показатели профилометрии у детей с суперкороткой формой болезни Гиршпрунга

Показатель	Возраст больных, год			
	0-1 (n=0)	2-4 (n=40)	5-7 (n=97)	8-17 (n=64)
Тонус внутреннего сфинктера, М±σ, мм. рт. ст.	-	62.6±11.3	31.0±11.0	40.2±6.5
Тонус внутреннего сфинктера, М±σ, мм. рт. ст. (норма)	-	27.9±6.5	27.9±6.5	27.9±6.5
Волевое усилие наружного сфинктера, М±σ, мм. рт. ст.	-	129.1±9.4	128.6±9.4	125.0±13.6
Волевое усилие наружного сфинктера, М±σ, мм. рт. ст. (норма)	-	135.4±8.1	135.4±8.1	135.4±8.1

Из вышеприведенных данных следует, что волевое усилие наружного сфинктера прямой кишки у всех пациентов слабее, чем в норме, что также способствует возникновению энкопреза.

Сравнительное исследование длины анального канала в покое и при волевом сокращении заднего прохода показало его удлинение при сжатии, что относится к одному из механизмов экстренного удержания кишечного содержимого (табл. 2).

Таблица 2

Длина анального канала в покое и при сжатии заднего прохода у пациентов с суперкороткой формой болезни Гиршпрунга

Показатель	Возраст больных, год			
	0-1 (n=0)	2-4 (n=40)	5-7 (n=97)	8-17 (n=64)
Длина анального канала в покое, М±σ, см	-	2.9±1.3	2.8±0.6	2.7±0.4
Длина анального канала при сжатии, М±σ, см	-	3.6±0.6	3.9±0.7	3.3±0.6

Установлено, что длина анального канала при волевом сжатии заднего прохода увеличивалась по сравнению с длиной последнего в покое в среднем на 28.6 %, причем минимальное увеличение на 22.2 % было в возрасте от 8 до 17 лет, а максимальное — на 39.3 % в возрасте от 5 до 7 лет. Вышеописанное объясняется близостью к анальному каналу супрастенотической зоны, которая увеличивалась пропорционально возрасту суще-

ствования и мешала удлинению анального канала при сжатии наружного сфинктера. Длительность произвольного сжатия заднего прохода не зависела от возраста и была в возрасте 2–4 года в пределах 33.0 ± 4.0 ; 5–7 лет — 34.0 ± 3.0 ; 8–17 лет — 36.0 ± 3.0 , то есть в среднем $33.0\text{--}36.0$ ($M=34.0 \pm 3.0$) секунд.

Выводы. 1. Удлинение анального канала как одного из механизмов удержания кишечного содержимого происходит за счет наружного сфинктера прямой кишки. 2. Супрастенотическое расширение прямой кишки при суперкороткой форме болезни Гиршпрунга укорочение анального канала не позволяет в полной мере реализовать вышеуказанный механизм удержания кишечного содержимого.

Список источников

1. Рытикова Н. В. Морфофункциональная характеристика толстой кишки при болезни Гиршпрунга у детей : дис. ... канд. биол. наук. Симферополь, 1992. 58 с.
2. Стендаль Ш. Практическое руководство по функциональным исследованиям желудочно-кишечного тракта. М., 1999. 51 с.
3. Ситко Л. А., Писклаков А. В., Олейник А. Н., Шевчук В. И. Функциональные показатели ректоанальной зоны при некоторых формах мегаколон у детей // *Детская хирургия*. 2001. № 2. С. 33–36.
4. Шахтарин А. В., Волгина С. Я. Клинические особенности функционального энкопреза у детей с хроническими запорами // *Педиатрия. Журнал им. Г. Н. Сперанского*. 2010. Т. 89. № 2. С. 49–53.
5. Сварич В. Г. Оптимизация диагностики и хирургического лечения болезни Гиршпрунга у детей : автореф. дис. ... д-ра мед. наук. Ростов н/Д, 2017. 13 с.

References

1. Rytikova N. V. *Morfofunkcional'naya harakteristika tolstoj kishki pri bolezni Girshprunga u detej* [Morphofunctional characteristics of the colon in Hirschsprung's disease in children] : dis. ... cand. biol. sciences. Simferopol', 1992. 58 p. (In Russ.)
2. Stendal' SH. *Prakticheskoe rukovodstvo po funkcional'nyim issledovaniyam zheludochno-kishechnogo trakta* [Practical guide to functional studies of the gastrointestinal tract]. Moscow, 1999. 51 p. (In Russ.)
3. Sitko L. A., Pisklavok A. V., Olejnik A. N., Shevchuk V. I. Functional indicators of the rectoanal zone in some forms of megacolones in children. *Detskaya hirurgiya* [Russian journal of pediatric surgery]. 2001. No 2. Pp. 33–36. (In Russ.)
4. SHahtarin A. V., Volgina S. YA. Clinical features of functional encopresis in children with chronic constipation. *Pediatriya. Zhurnal im G. N. Speranskogo* [Pediatrics. The magazine named after G. N. Speransky]. 2010. Vol. 89. No 2. Pp. 49–53. (In Russ.)
5. Svarich V. G. *Optimizaciya diagnostiki i hirurgicheskogo lecheniya bolezni Girshprunga u detej* [Optimization of diagnosis and surgical treatment of Hirschsprung's disease in children] : Abstract of the dissertation... Doctor of Medical Sciences. Rostov-na-Donu, 2017. 13 p. (In Russ.)

Информация об авторах

Сварич Вячеслав Гаврилович, доктор медицинских наук, доцент, профессор кафедры хирургических болезней детского возраста им. Г. А. Баирова, Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский институт (194100, Россия, Санкт-Петербург, ул. Литовская, 2)

Сварич Виолетта Анатольевна, заместитель главного эксперта по клинико-экспертной работе, Главное бюро медико-социальной экспертизы по Республике Коми Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации (167000, Россия, Сыктывкар, ул. Интернациональная, 100)

Соснин Евгений Владимирович, кандидат медицинских наук, доцент, доцент кафедры хирургических болезней детского возраста им. Г. А. Баирова, Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский институт (Санкт-Петербург, Россия, 194100, ул. Литовская, 2)

Information about the authors

Vyacheslav G. Svarich, Doctor of Medical Sciences, Associate Professor, Professor of the Department of Surgical Diseases of Childhood named after G. A. Bairov (2, Litovskaya str., St. Petersburg, 194100, Russia)

Violetta A. Svarich, Deputy Chief Expert on Clinical Expert Work Federal State Institution «The Principal Office a Medical Social Examination on the Komi Republic of the Ministry of Labour and Social Protection of the Russian Federation» (100, Internatsionalnaya str., Syktyvkar, 167000, Russia)

Evgeny V. Sosnin, Candidate of Medical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Surgical Diseases of Childhood named after G. A. Bairov (2, Litovskaya str., St. Petersburg, 194100, Russia)

Статья поступила в редакцию / The article was submitted	09.03.2024
Одобрена после рецензирования / Approved after reviewing	09.04.2024
Принята к публикации / Accepted for publication	12.04.2024

Научная статья / Article

УДК 616.348-007.61.612.336.3
<https://doi.org/10.34130/2306-6229-2024-2-10>

Распространенность гипервентиляционного синдрома у студентов медицинского института

Елена Игоревна Ильиных¹, Анна Игоревна Корелина²

^{1,2} Сыктывкарский государственный университет имени Питирима Сорокина, Сыктывкар, Россия, ¹anel73@inbox.ru; ²korelina_anya@mail.ru

Аннотация. В статье представлены результаты одномоментного поперечного исследования распространенности симптомов гипервентиляционного синдрома у студентов медицинского института, которое составило 23 %, что совпадает с результатами аналогичных исследований. Также в статье обсуждаются современные представления об этиологии, патофизиологии гипервентиляционного синдрома и проблемы клинической диагностики.

Ключевые слова: гипервентиляционный синдром, Неймегенский опросник, гипокания, дыхательный алкалоз

Для цитирования: Ильиных Е. И., Корелина А. И. Распространенность гипервентиляционного синдрома у студентов медицинского института // Вестник Сыктывкарского государственного университета. Серия 2: Естествознание. Медицина. 2024. Вып. 2 (30). С. 10–16. <https://doi.org/10.34130/2306-6229-2024-2-10>

Prevalence of hyperventilation syndrome among medical students

Elena Igorevna Ilinykh¹, Anna Igorevna Korelina²

^{1,2} Pitirim Sorokin Syktyvkar State University, Syktyvkar, Russia, ¹anel73@inbox.ru; ²korelina_anya@mail.ru

Abstract. The article presents the results of a cross-sectional study of the prevalence of symptoms of hyperventilation syndrome among medical students, which was 20 %, which coincides with the results of similar studies. The article also discusses modern ideas about the etiology, pathophysiology of hyperventilation syndrome and the problems of clinical diagnosis.

Keywords: hyperventilation syndrome, Nijmegen questionnaire, hypocapnia, respiratory alkalosis

For citation: Ilinykh E. I., Korelina A. I. Prevalence of hyperventilation syndrome among medical students. *Vestnik Syktyvkarского университета. Seriya 2: Estestvoznaniye. Medicina = Syktyvkar University Bulletin. Series 2. Natural Science. Medicine.* 2024. 2 (30): 10–16. (In Russ.). <https://doi.org/10.34130/2306-6229-2024-2-10>

Введение. Гипервентиляционный синдром определяется как состояние, при котором минутная вентиляция легких превышает метаболические потребности, что приводит к гемодинамическим и химическим изменениям, вызывающим характерные симптомы вследствие дыхательного алкалоза и острой гипокальциемии. Эти симптомы воспроизводятся при произвольной гипервентиляции, которая приводит к снижению парциального давления углекислого газа (PaCO_2) [1; 2]. Гипервентиляционный синдром может быть самостоятельной проблемой, но часто ассоциирован с тревожным расстройством и паническими атаками.

Распространенность гипервентиляционного синдрома трудно оценить точно, поскольку оценки основаны на небольших размерах выборки, различных диагностических критериях и их связи с психологическими симптомами. Наиболее часто используемым методом скрининга гипервентиляционного синдрома является Неймегенский опросник [3; 4]. При использовании этого опросника в эпидемиологических исследованиях распространенность гипервентиляционного синдрома оценивается в пределах 6–10 % среди населения в целом [1]. Обращает внимание увеличение распространенности гипервентиляционного синдрома до 20 % у людей, перенесших новую коронавирусную инфекцию, что может быть одним из симптомов постковидного синдрома и проявляется в виде одышки и длительного снижения толерантности к физической нагрузке у пациентов с полным восстановлением легочной функции [5–7]. Распространенность гипервентиляции у пациентов с тревожным расстройством составляет от 35 до 83 % [2]. Среди пациентов, которые были доставлены в отделения неотложной помощи, гипервентиляционный синдром был выявлен в 0.3 % случаев [8].

Причина возникновения гипервентиляционного синдрома неизвестна, но у некоторых пациентов с этим синдромом наблюдается аномальная респираторная реакция на стресс и эмоциональные триггеры, что приводит к избыточной минутной вентиляции и гипокапнии. Синдром гипервентиляции может быть обусловлен гиперактивацией ретикулярной активирующей системы ствола головного мозга, которая регулирует характер дыхания в период бодрствования [2]. Также повышение чувствительности дыхательного центра к диоксиду углерода (CO_2) или гиперчувствительность нейронной сети, отвечающей за формирование чувства страха (гиппокамп, медиальная префронтальная кора, миндалина и их связи со стволом головного мозга), могут рассматриваться как возможные механизмы для развития гипервентиляции [9]. Активированная сверхчувствительная нейронная сеть страха может привести к усилению центрального респираторного драйва с избыточной активацией дыхательного центра как проявление реакции «бей или беги». Необходимо отметить, что у пациентов с гипервентиляционным синдромом не находят никаких органических изменений при визуализирующих исследованиях головного мозга.

Главным патофизиологическим нарушением при гипервентиляционном синдроме является дыхательный алкалоз из-за избыточного выведения CO_2 с выдыхаемым воздухом, когда минутная вентиляция легких становится выше, чем необходимо при данном уровне метаболической продукции CO_2 . Дыхательный алкалоз приводит к спазму артериол, в том числе мозговых, что может проявляться пароксизмальной неврологической симптоматикой, включающей парестезии, головокружение или потемнение в глазах, преинкопальное состояние и, нередко, кратковременную потерю сознания, а также головную боль. Церебральный кровоток уменьшается на 2 % на каждые 1 мм рт. ст. снижения PaCO_2 [2]. Также у пациентов с гипервентиляцией могут появляться ощущения деперсонализации, замешательства в окружающей обстановке (дереализация) и визуальные галлюцинации. Парестезии чаще встречаются в верхних конечностях и обычно носят двусторонний характер. Периоральные парестезии (чувство покалывания) и онемение также очень распространены при гипервентиляции. Из-за спазма периферических артериол у пациентов во время приступа гипервентиляции отмечается выраженное похолодание

конечностей. Также дыхательный алкалоз приводит к перемещению ионизированного кальция в альбумин, что способствует снижению уровня ионизированного кальция и функциональной гипокальциемии [10]. С функциональной гипокальциемией связаны такие симптомы, как карпепедальный спазм (мышечный спазм в кистях рук и стопах), мышечный спазм скелетных мышц, который может проявляться болью в груди или ощущением сдавления в груди, и тремор. Мышечный спазм может привести к спазму мышц голосовых связок и ощущению затрудненного дыхания, нарушению голоса и ощущению «кома в горле». Гипокальциемия также может приводить к появлению парестезий. Из респираторных симптомов часто встречается одышка, однако большинство пациентов с гипервентиляцией не распознает у себя чрезмерной активации дыхания. Частота симптомов у пациентов с гипервентиляционным синдромом, которые были вынуждены обратиться в отделение неотложной помощи, была следующая: одышка встречалась в 60 % случаев, головокружение — в 50 %, боль в груди или напряжение / сдавление в груди — в 43 %, парестезии — в 60 %, сердцебиение — в 13 %, карпепедальный спазм и судороги — в 9 % случаев [8]. Также при гипервентиляционном синдроме могут встречаться гастроэнтерологические симптомы, такие как ощущение вздутия живота и боль в животе. Приступ гипервентиляции часто сопровождается чувством сильного страха. Длительность приступов гипервентиляции может быть от нескольких минут до нескольких часов, в последнем случае пациенты часто обращаются в систему неотложной помощи. Частота повторных приступов гипервентиляции может быть от единичных эпизодов при чрезвычайном психоэмоциональном стрессе до ежедневных эпизодов, которые возникают без явных провоцирующих факторов, в этом случае предполагается хронический гипервентиляционный синдром, который имеет наибольшие трудности в диагностике.

У большинства пациентов, обращающихся за медицинской помощью, гипервентиляционный синдром длительное время остается нераспознанным [11]. Диагностика гипервентиляционного синдрома часто представляет сложную диагностическую задачу, потому что симптомы этого состояния, такие как одышка в покое, боль в груди, нарушение сознания, могут быть признаками других заболеваний, в том числе жизнеугрожающих. В этой связи диагноз гипервентиляционного синдрома в большинстве случаев является диагнозом исключения, когда проводится первичное обследование для исключения других диагнозов, в первую очередь, таких как бронхиальная астма, тромбоэмболия легочной артерии, обструкция верхних дыхательных путей, острый коронарный синдром, состояния, сопровождающиеся метаболическим ацидозом [2]. Поэтому врачи склонны в первую очередь искать органическую причину подобных жалоб, иницируя диагностический поиск, который ничего не выявляет у таких пациентов, за исключением изменений в анализе газов артериальной крови (гипокапния и дыхательный алкалоз при нормальном уровне оксигенации), но, как правило, именно этот анализ и не назначается, так как по пульсоксиметрии у таких пациентов сатурация гемоглобина 99–100 %. Диагностика гипервентиляционного синдрома зависит от вида обращения пациента за медицинской помощью: в неотложном или плановом порядке. Возраст пациента также играет большое значение, поскольку гипервентиляционный синдром лучше распознается у молодых пациентов, а у пациентов старшей возрастной группы с большей вероятностью врачи будут искать органические причины жалоб и обследовать их по принятым диагностическим алгоритмам боли в груди, одышки или неврологических нарушений. При выраженных клинических проявлениях такие пациенты нередко вызывают бригаду скорой помощи и направляются в приемные отделения стационаров. Дальнейшая диагностическая тактика зависит от осведомленности медицинского персонала о проявлениях гипервентиляционного синдрома, поэтому часть пациентов с нераспознанным гипервентиляционным синдромом госпитализируется и подвергается ненужным исследованиям, в том числе инвазивным, включая коронарную ангиографию. Нередко при гипервентиляции на электрокардиограмме отмечается неспецифическая инверсия зубца Т, которая в данной ситуации

принимается за ишемическую. Часть пациентов с гипервентиляционным синдромом при выраженной одышке будет обследоваться по алгоритму диагностики тромбоэмболии легочной артерии, который включает использование Уэльской или Женевской шкалы, и далее, учитывая низкую вероятность тромбоэмболии у этой категории пациентов, исследование уровня D-димера (нормальный уровень D-димера в данной ситуации позволяет надежно исключить тромбоэмболию). Если у пациента в большей степени выражена неврологическая симптоматика (синкопе, парестезии, онемение), то нередко таким пациентам проводится компьютерная томография или магнитно-резонансная томография головного мозга с целью исключения мозгового инсульта. Если врач неотложной помощи распознает гипервентиляционный синдром, то доказательством гипервентиляции будут изменения в газовом составе крови: нормальный показатель сатурации гемоглобина (StO_2 99–100%) и нормальный или немного повышенный уровень парциального давления кислорода, гипокапния ($PaCO_2 < 35$ мм рт. ст.) и дыхательный алкалоз ($pH > 7.45$) [2].

При менее выраженных симптомах гипервентиляционного синдрома пациенты обследуются амбулаторно, обращаясь, в первую очередь, к терапевтам и неврологам. Но в большинстве случаев при первичном обращении гипервентиляционный синдром остается недиагностированным, что приводит к дальнейшим многократным посещениям врачей и проведению множества ненужных обследований, в том числе магнитно-резонансной томографии головного мозга [11]. Если врач амбулаторной практики предполагает, что жалобы пациента могут быть обусловлены гипервентиляционным синдромом, то для скринингового теста пациенту предлагается заполнить Неймегенский опросник, который включает 16 пунктов по следующим симптомам гипервентиляции: боль в груди, чувство внутреннего напряжения, затемнение зрения, головокружение, замешательство в окружающей обстановке, ускоренное дыхание, короткое (поверхностное) дыхание, чувство давления в груди, ощущение вздутого живота, дрожание пальцев, невозможность глубоко вздохнуть, напряжение мышц пальцев рук, холодные руки и ноги, учащенное сердцебиение, чувство страха. За каждый пункт присваивается от 0 до 4 баллов в зависимости от частоты симптомов (0 — никогда, 1 — редко, 2 — иногда, 3 — часто, 4 — очень часто). Если по опроснику сумма баллов составляет ≥ 23 баллов, то вероятность гипервентиляционного синдрома очень высокая. В качестве подтверждающего теста может проводиться проба с произвольной гипервентиляцией, которая воспроизводит большинство симптомов, беспокоящих пациента, что позволяет убедить его в том, что жалобы связаны с гипервентиляцией, и прекратить дальнейший диагностический поиск.

Лечение приступа гипервентиляции направлено на восстановление контроля дыхания, что может быть достигнуто за счет переключения на диафрагмальное дыхание и замедления частоты дыхания (вдох 4 секунды, пауза, выдох 7 секунд). Обычно после проведения 5–10 таких дыхательных циклов наступает отчетливое клиническое улучшение, так как после прекращения гипервентиляции быстро исчезают гипокапния, алкалоз и гипокальциемия. Если дыхательные упражнения оказались недостаточно эффективными для купирования гипервентиляции, то возможно применение короткодействующих бензодиазепинов. Ранее для купирования гипервентиляции рекомендовалось дыхание в пакет, которое быстро устраняет гипокапнию и симптомы гипервентиляции. В настоящее время этот метод не рекомендуется использовать для купирования гипервентиляции при оказании неотложной помощи, так как при неправильной оценке клинической ситуации, когда предполагается первичная гипервентиляция, а у пациента имеет место вторичная гипервентиляция (при метаболическом ацидозе или тромбоэмболии легочной артерии), дыхание в пакет может серьезно ухудшить состояние пациента [2; 8]. Для профилактики приступов гипервентиляции применяется поведенческая терапия и дыхательные упражнения. Некоторым пациентам могут быть назначены антидепрессанты из группы селективных ингибиторов обратного захвата серотонина [2]. Поскольку часть пациентов с гипервентиляционным синдромом также имеет тревожное расстройство, то дальнейшее их лечение проводится с привлечением психиатра.

Материал и методы. С целью оценки распространенности гипервентиляционного синдрома в 2022 г. проведено одномоментное поперечное исследование среди студентов Медицинского института СГУ им. Питирима Сорокина. Студенты заполняли скрининговый Неймегенский опросник. Всего приняло участие в исследовании 215 студентов (59 % от всех обучающихся), из них 53 (25 %) юношей и 162 (75 %) девушки. Если в опроснике сумма баллов составляла ≥ 23 , то в этом случае опросник соотносился со случаем гипервентиляционного синдрома. Для статистической обработки результатов использовали χ^2 -тест для сравнения групп по качественным признакам. При уровне $p < 0.05$ межгрупповые различия считали статистически значимыми.

Результаты и обсуждение. В общей группе студентов распространенность гипервентиляционного синдрома составила 23 % (50 положительных опросников из 215). Среди юношей распространённость гипервентиляционного синдрома была 17 % (9 случаев из 53), среди девушек — 25 % (41 случай из 162). При сравнении частоты гипервентиляционного синдрома между юношами и девушками не было получено статистически значимых различий ($p = 0.2$). Более 40 баллов было выявлено в опросниках у 7 девушек (4 % от всех девушек), что связано с выраженными проявлениями гипервентиляционного синдрома. Частота симптомов гипервентиляционного синдрома была следующая: сердцебиение — 74 % случаев, холодные руки и ноги — 72 %, чувство страха — 58 %, чувство внутреннего напряжения — 54 %, тремор пальцев рук — 54 %, ощущение вздутого живота — 44 %, головокружение — 36 %, затемнение зрения — 32 %, замешательство в окружающей обстановке — 26 %, ускоренное дыхание — 26 %, короткое дыхание — 26 %, боль в груди — 24 %, ощущение давления в груди — 22 %, невозможность глубоко вдохнуть — 22 %, тугие пальцы рук — 14 %, спазм вокруг рта — 4 %.

Таким образом, результаты нашего исследования близки к результатам похожих наблюдений. Так, например, в исследовании распространенности гипервентиляционного синдрома у детей и подростков его частота составила 21 % (среди юношей — 16 %, среди девушек — 25 %) [12]. Также в эпидемиологических исследованиях распространенности гипервентиляционного синдрома после перенесенной новой коронавирусной инфекции частота гипервентиляционного синдрома указывается в пределах 20 % [5–7]. Поскольку наше исследование проходило в 2022 г., большинство студентов к моменту исследования перенесли новую коронавирусную инфекцию, в связи с этим показатели распространенности гипервентиляционного синдрома могли оказаться выше, что требует дополнительной оценки.

Заключение. Распространенность гипервентиляционного синдрома среди студентов Медицинского института оказалась высокой и составила 23 %. Между юношами и девушками не выявлено статистически значимых различий в распространенности гипервентиляционного синдрома.

Диагностика гипервентиляционного синдрома часто является сложной задачей и требует от студентов-медиков и врачей хорошего понимания этой проблемы, чтобы не допускать избыточного и ненужного обследования пациентов с очевидными признаками гипервентиляционного синдрома. С другой стороны, с проблемой гипервентиляционного синдрома также должны быть ознакомлены учителя и преподаватели, так как распространенность гипервентиляционного синдрома является высокой среди детей, подростков и молодых взрослых, а клинические проявления гипервентиляции, в том числе потеря сознания, часто ассоциированы с психологическим стрессом, который неизбежен на экзаменах, зачетах, публичных выступлениях.

Список источников

1. Boulding R., Stacey R., Niven R., Fowler S. Dysfunctional breathing: a review of the literature and proposal for classification // *Eur Respir Rev.* 2016. No 25. Pp. 287–294. doi: 10.1183/16000617.0088-2015. PMID: 27581828; PMCID: PMC9487208.

2. Schwartzstein R., Richards J., Edlow J., Roy-Byrne P. Hyperventilation syndrome in adults // UpToDate. 2024. URL: <https://www.uptodate.com/contents/hyperventilation-syndrome-in-adults> (дата обращения: 30.03.2024).
3. Tiotiu A., Ioan I., Poussel M. et al. Comparative analysis between available challenge tests in the hyperventilation syndrome // *Respir Med*. 2021. Vol. 179. Pp. 1–8. doi: 10.1016/j.rmed.2021.106329. Epub 2021 Feb 12. PMID: 33610050.
4. Azizmohammad Looha M., Masaebi F., Abedi M. et al. The Optimal Cut-off Score of the Nijmegen Questionnaire for Diagnosing Hyperventilation Syndrome Using a Bayesian Model in the Absence of a Gold Standard // *Galen Med J*. 2020. No 9. Pp. 1–7. doi: 10.31661/gmj.v9i0.1738. PMID: 34466581; PMCID: PMC8397298.
5. Motiejunaite J., Balagny P., Arnoult F. et al. Hyperventilation: A Possible Explanation for Long-Lasting Exercise Intolerance in Mild COVID-19 Survivors? // *Front Physiol*. 2021. No 11. Pp. 1–8. doi: 10.3389/fphys.2020.614590. PMID: 33536937; PMCID: PMC7849606.
6. Allado E., Poussel M., Hamroun A. et al. Is There a Relationship between Hyperventilation Syndrome and History of Acute SARS-CoV-2 Infection? A Cross-Sectional Study // *Healthcare (Basel)*. 2022. No 10. Pp. 1–10. doi: 10.3390/healthcare10112154. PMID: 36360494; PMCID: PMC9690850.
7. Motiejunaite J., Balagny P., Arnoult F. et al. Hyperventilation as one of the mechanisms of persistent dyspnoea in SARS-CoV-2 survivors // *Eur Respir J*. 2021. No 2. Pp. 1–5. doi: 10.1183/13993003.01578-2021. PMID: 34385265; PMCID: PMC8361302.
8. Pfortmueller C., Pauchard-Neuwerth S., Leichtle A. et al. Primary Hyperventilation in the Emergency Department: A First Overview // *PLoS One*. 2015. No 6. Pp. 1–8. doi: 10.1371/journal.pone.0129562. PMID: 26110771; PMCID: PMC4482441.
9. Nardi A., Freire R., Zin W. Panic disorder and control of breathing // *Respir Physiol Neurobiol*. 2009. No 1. Pp. 133–143. doi: 10.1016/j.resp.2008.07.011. Epub 2008 Jul 25. PMID: 18707030.
10. McGillicuddy C., Molins C. The Effect of Hyperventilation Syndrome on Ionized and Serum Calcium: A Case Presentation in the Emergency Department // *Cureus*. 2023. No 7. Pp. 1–3. doi: 10.7759/cureus.42310. PMID: 37614278; PMCID: PMC10442464.
11. Tavel M. E. Hyperventilation Syndrome: A Diagnosis Usually Unrecognized // *J Intern Med Prim Healthcare*. 2017. No 1. Pp. 1–4. doi: 10.24966/IMPH-2493/100006.
12. Gridina I., Bidat E., Chevallier B., Stheneur C. Prévalence du syndrome d'hyperventilation chronique chez les enfants et les adolescents [Prevalence of chronic hyperventilation syndrome in children and teenagers] // *Arch Pediatr*. 2013. No 3. Pp. 265–268. French. doi: 10.1016/j.arcped.2012.12.016. Epub 2013 Feb 1. PMID: 23375424.

References

1. Boulding R., Stacey R., Niven R., Fowler S. Dysfunctional breathing: a review of the literature and proposal for classification. *Eur Respir Rev*. 2016. No 25. Pp. 287–294. doi: 10.1183/16000617.0088-2015. PMID: 27581828; PMCID: PMC9487208.
2. Schwartzstein R., Richards J., Edlow J., Roy-Byrne P. Hyperventilation syndrome in adults. *UpToDate*. 2024. Available at: <https://www.uptodate.com/contents/hyperventilation-syndrome-in-adults> (accessed: 30.03.2024).
3. Tiotiu A., Ioan I., Poussel M. et al. Comparative analysis between available challenge tests in the hyperventilation syndrome. *Respir Med*. 2021. Vol. 179. Pp. 1–8. doi: 10.1016/j.rmed.2021.106329. Epub 2021 Feb 12. PMID: 33610050.
4. Azizmohammad Looha M., Masaebi F., Abedi M. et al. The Optimal Cut-off Score of the Nijmegen Questionnaire for Diagnosing Hyperventilation Syndrome Using a Bayesian Model in the Absence of a Gold Standard. *Galen Med J*. 2020. No 9. Pp. 1–7. doi: 10.31661/gmj.v9i0.1738. PMID: 34466581; PMCID: PMC8397298.
5. Motiejunaite J., Balagny P., Arnoult F. et al. Hyperventilation: A Possible Explanation for Long-Lasting Exercise Intolerance in Mild COVID-19 Survivors? *Front Physiol*. 2021. No 11. Pp. 1–8. doi: 10.3389/fphys.2020.614590. PMID: 33536937; PMCID: PMC7849606.
6. Allado E., Poussel M., Hamroun A. et al. Is There a Relationship between Hyperventilation Syndrome and History of Acute SARS-CoV-2 Infection? A Cross-Sectional Study. *Healthcare (Basel)*. 2022. No 10. Pp. 1–10. doi: 10.3390/healthcare10112154. PMID: 36360494; PMCID: PMC9690850.
7. Motiejunaite J., Balagny P., Arnoult F. et al. Hyperventilation as one of the mechanisms of persistent dyspnoea in SARS-CoV-2 survivors. *Eur Respir J*. 2021. No 2. Pp. 1–5. doi: 10.1183/13993003.01578-2021. PMID: 34385265; PMCID: PMC8361302.

8. Pfortmueller C., Pauchard-Neuwerth S., Leichtle A. et al. Primary Hyperventilation in the Emergency Department: A First Overview. *PLoS One*. 2015. No 6. Pp. 1–8. doi: 10.1371/journal.pone.0129562. PMID: 26110771; PMCID: PMC4482441.
9. Nardi A., Freire R., Zin W. Panic disorder and control of breathing. *Respir Physiol Neurobiol*. 2009. No 1. Pp. 133-143. doi: 10.1016/j.resp.2008.07.011. Epub 2008 Jul 25. PMID: 18707030.
10. McGillicuddy C., Molins C. The Effect of Hyperventilation Syndrome on Ionized and Serum Calcium: A Case Presentation in the Emergency Department. *Cureus*. 2023. No 7. Pp. 1–3. doi: 10.7759/cureus.42310. PMID: 37614278; PMCID: PMC10442464.
11. Tavel M. E. Hyperventilation Syndrome: A Diagnosis Usually Unrecognize. *J Intern Med Prim Healthcare*. 2017. No 1. Pp. 1–4. doi: 10.24966/IMPH-2493/100006.
12. Gridina I., Bidat E., Chevallier B., Stheneur C. Prévalence du syndrome d'hyperventilation chronique chez les enfants et les adolescents [Prevalence of chronic hyperventilation syndrome in children and teenagers]. *Arch Pediatr*. 2013. No 3. Pp. 265–268. French. doi: 10.1016/j.arcped.2012.12.016. Epub 2013 Feb 1. PMID: 23375424.

Информация об авторах

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

Корелина Анна Игоревна, преподаватель кафедры терапии, 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, 167000, Russia)

Anna I. Korelina, Assistant at the Department of Therapy, Pitirim Sorokin Syktyvkar State University (55, Oktyabrsky prosp., Syktyvkar, 167000, Russia)

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

01.04.2024
09.04.2024
12.04.2024

Научная статья / Article

УДК 576.89

<https://doi.org/10.34130/2306-6229-2024-2-17>

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 6 (Заключительная)

Геннадий Николаевич Доровских

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

Аннотация. Исследована роль разных половых группировок карася *Carassius carassius* в поддержании численности рачка *Lernaea cyprinacea* из оз. Длинное в бассейне среднего течения р. Вычегды при изменении структуры популяции хозяина и экологического состояния водоема.

Сбор материала осуществлен в июне 1984, 1996–2003, 2007, 2013–2016 гг. по общепринятой методике. Рыба отловлена из пойменного оз. Длинное на территории биостанции СыктГУ, находящейся в 60 км от г. Сыктывкара вверх по течению р. Вычегды.

В июне 1984 г. у самцов и самок с наименьшей длиной тела, а также у группы самок со средней и наибольшей длиной тела частоты встречаемости лерней удовлетворительно аппроксимируются кривой отрицательного биномиального распределения. При этом коэффициент агрегации «к» у рыб малых размеров обоего пола по своему значению близки, тогда как у группы самок с большей длиной тела значение коэффициента «к» выше, чем у рыбы с малой длиной тела, почти в 16 раз. У самцов с крупными размерами тела и у таковых в группе со всеми размерами распределение рачка описывается биномиальным распределением.

В 1996–2007 гг. уровень инвазированности лернеями самок и самцов оставался статистически одинаковым, как и размеры тела рыбы обоего пола. В эти годы частоты встречаемости лерней у хозяина обоего пола удовлетворительно аппроксимируются кривой отрицательного биномиального распределения. Исключение отмечены только в конце июня 1997 г. и 2007 г., когда распределение рачка у самцов карася соответствовало биномиальному распределению, как и в июне 1984 г.

К 2007 г. в исследуемом водоеме плотность популяции *L. cyprinacea* существенно снизилась. Однако сохранившийся агрегированный характер распределения паразита, который достоверно соответствует кривой негативного биномиального распределения, доказывает устойчивый характер отношений в системе «паразит–хозяин».

С появлением в 2008 г. в водоеме серебряного карася *Carassius gibelio*, что указывает на изменение условий обитания золотого карася и его паразита, плотность поселения копеподы упала до минимальных значений. Находки рачка стали крайне редким событием, описываемым пуассоновским распределением. С исчезновением *C. gibelio* зараженность *L. cyprinacea* обыкновенного карася подскочила и их взаимоотношения вновь стали перестраиваться. Последнее выразилось в изменении характера распределения рачка в популяции хозяина и его половых группировках.

Ключевые слова: карась золотой, *Carassius carassius*, карась серебряный, *Carassius auratus*, паразит, рачок, *Lernaea cyprinacea*, копеподы, Copepoda, лернеи, Lernaeidae, негативно биномиальное распределение, биномиальное распределение, распределение Пуассона, нормальное распределение

Для цитирования: 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 и бассейне среднего течения реки Вычегды в

**Populations of *Carassius carassius* (Linnaeus, 1758)
(Cypriniformes: Cyprinidae Bonaparte, 1832) and its parasite
the Crustacean *Lernaea cyprinacea* Linnaeus, 1758 (Copepoda: Lernaecidae Cobbold,
1879) from Dlinnoye Lake in the middle Course of the Vychegda River
in 1979–2016 years. Part 6 (The Final)**

Gennady N. Dorovskikh

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

Abstract. *The role of the carp *Carassius carassius* from Lake Baikal in maintaining the number of crustaceans *Lernaea cyprinacea* of different sex groups has been studied. It is long in the basin of the middle course of the Vychegda River with a change in the structure of the host population and the ecological state of the reservoir.*

The material was collected in June 1984, 1996–2003, 2007, 2013–2016 according to the generally accepted methodology. The fish was caught from the floodplain lake. It is long on the territory of the Syktывkar bio-station, located 60 km from Syktывkar upstream of the Vychegda River.

In June 1984, in males and females with the smallest body length, as well as in a group of females with the average and largest body length, the frequencies of lernae were satisfactorily approximated by the curve of the negative binomial distribution. At the same time, the aggregation coefficient "k" in small fish of both sexes is close in value, whereas in the group of females with a longer body length, the value of the coefficient "k" is almost 16 times higher than in fish with a small body length. In males with large body sizes and in those in the group with all sizes, the distribution of the crustacean is described by a binomial distribution.

In 1996–2007, the level of larval infestation of females and males remained statistically the same, as well as the body size of fish of both sexes. During these years, the frequency of occurrence of larvae in the host of both sexes is satisfactorily approximated by the curve of the negative binomial distribution. An exception was noted only at the end of June 1997 and 2007, when the distribution of crustaceans in male carp corresponded to the binomial distribution, as in June 1984.

*By 2007, the population density of *L. cyprinacea* in the studied reservoir had significantly decreased. However, the preserved aggregated nature of the parasite distribution, which reliably corresponds to the curve of the negative binomial distribution, proves the stable nature of the relations in the "parasite–host" system.*

*With the appearance of the silver carp *Carassius gibelio* in the reservoir in 2008, which indicates a change in the habitat conditions of the golden carp and its parasite, the density of the copepod settlement fell to minimum values. Crustacean finds have become an extremely rare event described by the Poisson distribution. With the disappearance of *C. gibelio*, the infestation of *L. cyprinacea* of the common carp jumped and their relationship began to rebuild again. The latter was expressed in a change in the distribution of the crustacean in the host population and its sexual groupings.*

Keywords: *golden carp, *Carassius carassius*, silver carp, *Carassius auratus*, parasite, crustacean, *Lernaea cyprinacea*, copepods, Copepoda, lernae, Lernaecidae, negative binomial distribution; binomial distribution, Poisson distribution, normal distribution*

For citation: Dorovskikh G. N. Populations of *Carassius carassius* (Linnaeus, 1758) (Cypriniformes: Cyprinidae Bonaparte, 1832) and its parasite the Crustacean *Lernaea cyprinacea* Linnaeus, 1758 (Copepoda: Lernaecidae Cobbold, 1879) from Dlinnoye Lake and in the middle Course of the Vychegda River in 1979–2016 years. Part 6 (The Final). *Vestnik Syktывkarskogo universiteta. Seriya 2. Natural science. Medicine.* = *Syktывkar University Bulletin. Series 2. Natural Science. Medicine.* Syktывkar: Publishing house of the Syktывkar State University, 2024. 2 (30): 17–34 (In Russ.). <https://doi.org/10.34130/2306-6229-2024-2-17>

Введение. Различия в зараженности паразитами хозяев разного пола могут отсутствовать, а могут и иметь место. Одними и теми же видами паразитов в одних водоемах сильнее поражены самки, в других — самцы. У самок, по сравнению с самцами, чаще

встречаются виды паразитов, представленные единичными особями. Обсуждаемые различия, возможно, проявляются только в определенном сезонном состоянии рыбы [1–4].

Рассмотрим роль в поддержании численности рачка *Lernaea cyprinacea* Linnaeus, 1758 (Copepoda: Lernaeidae Cobbold, 1879) разных половых группировок карася *Carassius carassius* (Linnaeus, 1758) (Cypriniformes: Cyprinidae Fleming, 1822) из оз. Длинное в бассейне среднего течения р. Вычегды при изменении структуры популяции хозяина и экологического состояния водоема.

В условиях озер бассейна среднего течения р. Вычегды *L. cyprinacea* имеет только одну генерацию в год [5–7]. К июню уровень инвазии рачками карася устанавливается на определенном для данного года уровне. К этому времени паразиты созревают и их число стабилизируется [6]. Поэтому для работы взяты материалы, собранные в июне разных лет.

Материал и методы. Сбор материала осуществлен в июне 1984, 1996–2003, 2007, 2013–2016 гг. по общепринятой методике [8]. Рыба отловлена из пойменного оз. Длинное на территории биостанции СыктГУ, находящейся в 60 км от г. Сыктывкара вверх по течению р. Вычегды [9]. Озеро подробно описано в цитируемой статье, в ней и последующих работах приведены фотографии, отражающие состояние водоема в разные годы. Состояние озера в конце периода наблюдения отражено на рис. 1–3.

Все материалы обработаны статистически [10–17]. Согласование теоретических и эмпирических кривых численности в тех случаях, где для этого было достаточно данных, определяли по критерию хи-квадрат, в случаях, когда данных не хватало для подсчета числа степеней свободы, это соответствие определяли по критерию Колмогорова с привлечением таблицы «Критические значения для наибольшего отклонения эмпирического распределения от теоретического (критерий Колмогорова)» [18].

Результаты. В июне 1984 г. у самцов и самок с наименьшей длиной тела, а также у группы самок со средней и наибольшей длиной тела частоты встречаемости лерней удовлетворительно аппроксимируются кривой отрицательного биномиального распределения. При этом коэффициент агрегации «*k*» у рыб малых размеров обоего пола по своему значению близки, тогда как у группы самок с большей длиной тела значение коэффициента «*k*» выше, чем у рыб с малой длиной тела, почти в 16 раз (табл.). У самцов с крупными размерами тела и у таковых в группе со всеми размерами распределение рачка описывается биномиальным распределением.

В 1996–2007 гг. уровень инвазированности лернеями самок и самцов оставался статистически одинаковым, как и размеры тела рыбы обоего пола [9; 19]. В эти годы частоты встречаемости лерней у хозяина обоего пола удовлетворительно аппроксимируются кривой отрицательного биномиального распределения. Исключение отмечены только в конце июня 1997 г. и 2007 г., когда распределение рачка у самцов карася соответствовало биномиальному распределению, как и в июне 1984 г.

В июне 2013 г. инвазированность рачками карася снизилась почти в 10 раз по сравнению с предыдущими годами.

В 2013 г. с 13 по 18 июня у самцов карася ($n=25$ экз.) рачки отсутствовали. Только 22–23 июня у одного самца из 33-х исследованных отметили один экземпляр лерней. Распределение паразита у самцов соответствует распределению Пуассона. У самок лерней присутствовали с 13 по 23 июня. Частоты встречаемости лерней у хозяина женского пола 13 и 18 июня удовлетворительно аппроксимируются кривой распределения Пуассона, а 18 июня оно статистически достоверно описывается и биномиальным распределением. Однако 22–23 июня встречаемость лерней у самок хозяина соответствует отрицательному биномиальному распределению. Величина экспоненты распределения «*k*» достигла своих минимальных значений по сравнению с другими годами.

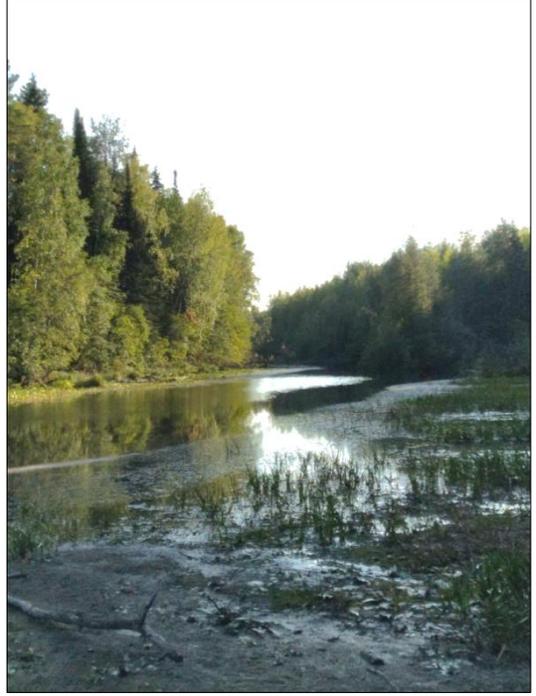
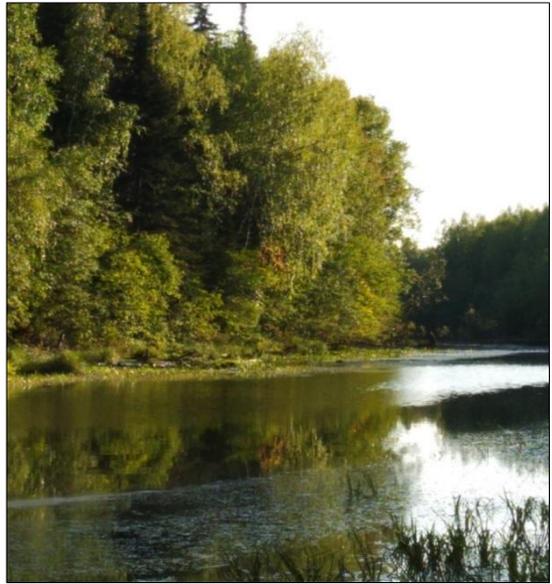


Рис. 1. Озеро Длинное в своей ближней к биобазе части
(фото сделано 28.08.2021)



Песчаные наносы, сформированные рекой
в половодье



Озеро в средней своей части

Рис. 2. Озеро Длинное (фото сделаны 29.08.2021)

При объединении выборок самок и самцов золотого карася, исследованного в 2013 г., характер распределения рачка в его популяции моделируется одинаково хорошо отрицательно биномиальным и пуассоновским распределениями [7].

В июне 2014 г. зараженность рачком карася увеличилась в 4.5–29 раз в сравнении с предыдущим годом. Тип распределения *L. suprinasea* и у самок, и у самцов соответствовал биномиальному распределению. В то же время у самок распределение лерней удовлетворительно аппроксимируется и кривой пуассоновского распределения. При объединении выборок самок, отловленных в июне 2014 г., распределение рачка соответствует отрицательно биномиальному распределению. Величина коэффициента агрегации «*k*» приблизилась к таковым, наблюдавшимся в 1984, 1996 и 1997 гг.

В 2015 и 2016 гг. плотность популяции рачка по сравнению с 2014 г. выросла в два раза. Его распределение у самок и самцов карася в 2015 г. стало соответствовать биномиальному распределению, а в 2016 г. — распределению Пуассона. Распределение лерней в популяции карася в эти годы при объединении выборок самок и самцов удовлетворительно аппроксимируется нормальным распределением [7].

Обсуждение. Разные типы распределения частот встречаемости паразита у хозяина, исследованного в июне разных лет, в конечном счете свидетельствуют о разной интенсивности заражения копеподами карася, то есть об изменении его роли в поддержании численности лерней. Действительно, тип и параметры распределения паразитов в популяции хозяина являются наиболее общим статистическим выражением определенного типа хозяино-паразитных отношений [20], а роль хозяина как регулятора численности и структуры популяции паразита проявляется в хорошем согласовании с кривой негативно биномиального распределения [21; 22]. Отсутствие же выраженного согласования распределения численности инвадента с названным распределением свидетельствует о нарушении устойчивых отношений взаимодействия популяций паразита и хозяина [23].



а



б



в

Рис. 3. Оз. Длинное в средней своей части (а) и дальней (б). Зарастающая часть озера (в)

Таблица

Параметры распределения лерней у самцов и самок карася из оз. Длинное

<i>Дата</i>	<i>Пол карася</i>	<i>n</i>	<i>Экстенсивность заражения, %</i>	<i>M±m</i>	<i>s²</i>	<i>s²/M</i>	<i>k</i>	<i>χ²</i>	<i>K(λ)</i>	<i>P(%)</i>	<i>Тип распределения</i>
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>	<i>11</i>	<i>12</i>
25–30.06.1984 (все группы рыбы)	Самцы	36	47.2±8.3	0.75±0.16	0.56	0.75	-	6.79	-	>99	НР
	Самки	38	65.8±7.7	1.55±0.26	2.52	1.63	2.18	3.54	-	>99	НБР
1–30.06.1984 (мелкая рыба)	Самцы	23	26.1±9.2	0.43±0.18	0.71	1.64	0.44	-	0.20	>>20	НБР
	Самки	16	31.25±11.6	0.63±0.29	1.32	2.11	0.39	-	0.23	>>20	НБР
1–30.06.1984 (средняя и крупная рыба)	Самцы	11	90.9±8.7	1.36±0.24	0.65	0.48	-	-	0.30	>>20	БР
	Самки	25	84.0±7.3	2.04±0.33	2.71	1.33	6.21	0.05	-	>80	НБР
21–25.06.1996	Самцы	10	50.0±15.8	0.90±0.35	1.21	1.34	2.61	-	1.20	>99	НБР
	Самки	27	85.2±6.83	2.62±0.42	4.85	1.85	3.15	2.40	-	>99	НБР
20–24.06.1997	Самцы	27	33.3±9.1	0.37±0.11	0.32	0.86	-	-	0.07	>>20	БР
	Самки	15	60.0±12.6	1.20±1.34	1.70	1.45	2.67	-	0.23	82	НБР
21–23.06.1998	Самцы	50	26.0±6.2	0.38±0.10	0.53	1.39	0.79	-	0.18	86	НБР
	Самки	32	43.8±8.8	0.81±0.19	1.19	1.47	0.91	-	0.53	59	НБР
21–28.06. 1999–2003	Самцы	28	25.0±8.19	0.57±0.25	1.74	3.05	0.23	-	0.21	>90	НБР
	Самки	22	27.3±9.50	0.41±0.16	0.54	1.31	0.70	-	0.28	>66	НБР
30.06.2007	Самцы	9	22.2±13.86	0.22±0.14	0.19	0.86	-	-	0.67	>99	БР
	Самки	19	31.6±9.49	0.63±0.24	1.13	1.79	0.41	-	0.34	>99	НБР
13.06.2013	Самцы	14	0	0	0	0	-	-	-	-	-
	Самки	27	3.7±3.63	0.037±0.037	0.04	1	-	-	0.05	>>95	РП
18.06.2013	Самцы	11	0	0	0	0	-	-	-	-	-
	Самки	27	18.5±7.47	0.185±0.076	0.16	0.85	-	-	0.06 0.65	>>95 >95	БР РП
13–18.06.2013	Самцы	25	0	0	0	0	-	-	-	-	-
	Самки	54	7.4±3.56	0.074±0.036	0.07	0.95	-	-	0.05	>>95	РП
22–23.06.2013	Самцы	33	3.03±2.98	0.03±0.03	0.03	1	-	-	0.01	>>95	РП
	Самки	56	3.57±2.48	0.053±0.039	0.09	1.64	0.08	-	0.11	>>95	НБР

Окончание табл.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
21–22.06.2014	Самцы	9	66.7±15.71	0.889±0.26	0.61	0.69	-	-	0.13	>>95	БР
	Самки	42	57.1±7.63	0.738±0.12	0.64	0.86	-	-	0.42 0.65	>95 >95	БР РП
14–22.06.2014	Самки	43	58.1±7.52	0.837±0.15	1.04	1.25	3.38	-	0.87	>95	НБР
18.06.2015	Самцы	15	80.0±10.3	1.53±0.29	1.27	0.83	-	2.17	-	10<P<20	БР
	Самки	15	93.3±6.45	1.93±0.27	1.07	0.55	-	0.16	-	>99	БР
20.06.2016	Самцы	21	71.4±9.86	1.29±0.26	1.41	1.10	-	-	0.78	>95	РП
	Самки	18	72.2±10.6	1.28±0.28	1.39	1.08	-	-	0.94	>95	РП

Примечание. n — исследовано рыб; M — индекс обилия; m_m — ошибка индекса обилия; s² — дисперсия; k — коэффициент агрегированности; χ^2 — хи-квадрат; K(λ) — критерий Колмогорова — Смирнова; P — вероятность; НБР — негативно биномиальное распределение; БР — биномиальное распределение; НР — нормальное распределение; РП — распределение Пуассона; F_{αβ} — критерий Фишера.

Следовательно, можно заключить, что до 2007 г. включительно взаимодействие популяций *L. cyprinacea* и *C. carassius* оставалось устойчивым, но снижение абсолютной величины «к» указывает на ослабление защитной реакции особей карася на инвазию рачками. При этом в 1984 г. рыба с малой длиной тела, а также самцы и самки карася со средней и наибольшей длиной тела, видимо, представляли собой три отличные друг от друга по выполняемой ими роли в поддержании численности лерней группировки хозяина. Основной из них являлась группа самок со средней и наибольшей длиной тела [24]. В последующие после 1996 г. эта группа карася в рассматриваемой популяции содержала только самок среднего размера [9].

В 2008 г. эти отношения изменились и стали характеризоваться распределением Пуассона [7]. В паразитологии это распределение встречается, когда вероятность заражения тем или иным числом особей паразита незначительна и близка для всех членов популяции хозяина и когда инвазирование хозяина одной или несколькими особями паразита практически не влияет на возможность дальнейшего заражения и выживания паразита [10, с. 20]. Следовательно, в случаях распределения *L. cyprinacea* в соответствии с пуассоновским законом можно предполагать равную вероятность заражения и устойчивость членов популяции карася к инвазии, т. е. вероятность его заражения рачками невелика и практически одинакова для всех особей популяции. Главная особенность перерасеянного распределения — неодинаковая вероятность инвазии хозяев, следствием чего является сосредоточение паразитов на минимальном числе его особей [25; 26], т. е. в популяции хозяина паразит распределен агрегировано. Причиной сказанного служит неодинаковая индивидуальная восприимчивость особей хозяина к заражению [10; 27–30], которая, как показали проведенные скрещивания, в определенной степени контролируется генетически [31; 32]. Когда паразиты распределяются в соответствии с распределением Пуассона, различия между рыбами разных генотипов по инвазированности несущественны, а при перерасеянной форме распределения такие различия статистически достоверны [32]. В частности, на примере зараженных *L. cyprinacea* и *Dactylogyrus vastator* Nybelin, 1924 годовиков карпа *Cyprinus carpio carpio* (Linnaeus, 1758) показано, что при моно- и смешанной инвазиях у рыбы увеличивается степень фрагментации ДНК лимфоцитов крови, существенно снижается активность антиоксидантных ферментов супероксиддисмутазы, глутатионпероксидазы и каталазы в тканях гепатопанкреаса, скелетных мышцах и жабрах [33]. На основании изучения изоферментов малик-энзима (Me) и карбоангидразы (β -Est-2) показано, что гетерозиготные особи леща в 1.6 раза заражены плероцеркоидами *Digrama interrupta* (Rudolphi, 1810) сильнее, чем гомозиготные [27]. Видимо, в системе «паразит – хозяин» большая роль отводится регулированию взаимоотношений на организменном уровне, так как у рыб с различным генотипом степень патогенности паразитов различна. В случае *L. cyprinacea* причиной агрегированного распределения рачков на особях хозяина, что вызывается случайной изменчивостью вероятности события в пределах определенного множества [34], также может служить неслучайное распределение его свободноживущих копепоидитных стадий [35].

В 2014 г. распределение копепод в популяции *C. carassius* наряду с биномиальным и пуассоновским распределениями может быть представлено кривой нормального распределения [36]. В 2015 и 2016 гг. распределение частот встречаемости *L. cyprinacea* у карася моделируется распределением Гаусса – Лапласа [7]. В 2015 г. у хозяина обоих полов распределение рачка аппроксимируется биномиальным законом, а в 2016 г. — пуассоновским распределением. В пределе биномиальное и пуассоновское распределения приближаются к нормальному распределению [37]. Более того, даже дискретные распределения бывают близки к нормальному [36]. Согласно же теории вероятностей, к нормальному распределению в конечном счете стремятся все известные типы распределений [13, с. 72]. Такое имеет место в условиях, когда на некую случайную величину, в этом случае это число копепод, приходящееся на конкретную особь хозяина, действует больше число

разнообразных факторов и доля воздействия каждого из них одинаково мала по сравнению с их числом [12, с. 66; 16, с. 122]. По-другому говоря, индивидуальная изменчивость этого свойства есть следствие действия множества причин [17, с. 51]. Не приходится сомневаться, что распределение численности копепод в популяции карася контролируется комплексом факторов. Важнейшие из них: частота встреч карася с личинками рачков и защитные реакции, определяющие величину возможного максимального скопления инвадента на хозяине, а также температурные и другие условия водоема. В системе «паразит — хозяин» большая роль отводится регулированию взаимоотношений на организменном уровне, выражающаяся в том, что у рыб с различным генотипом неодинакова зараженность паразитом и степень патогенности последнего различна. Влияет на зараженность паразитами рыбы и ее половая принадлежность.

У рыбы обычно отмечают более высокую инвазированность паразитами самок [29; 38–40], реже регистрируют большую встречаемость паразитов у самцов [41–44]. Обсуждаемые различия проявляются в определенном возрасте или сезонном состоянии рыбы, при этом ее пол может влиять на паразита как непосредственно через физиологические особенности хозяина, так и опосредованно в результате отличий в экологии самок и самцов [29; 38; 39; 41–44].

Результаты наших работ показали, что одними и теми же видами паразитов в одних водоемах сильнее поражены самки, в других — самцы. У самок, по сравнению с самцами, чаще встречаются виды паразитов, представленные единичными особями. Обсуждаемые различия, возможно, проявляются только в определенном сезонном состоянии рыбы (1–4), при изменении гормонального состояния их организма.

Показано, что женские половые гормоны, например, у лягушек ограничивают развитие паразитов [45], у крыс усиливают устойчивость животных к заражению, а мужские гормоны вызывают некоторое увеличение уровня инвазии [46]. Однако зараженность тремя видами червей взрослых самок рыжей полевки *Myodes glareolus* (Schreber, 1780) (syn. *Clethrionomys glareolus*) выше, чем самцов [47], хотя у мышевидных грызунов обычно отмечают более высокую инвазированность паразитами самцов, а не самок [48]. Имеются указания и на отсутствие разницы в инвазированности паразитами хозяев разного пола [49; 50].

Что же могло повлиять на изменение численности лерней в разные годы и на характер их распределения у половых группировок карася?

До 1996 г. оз. Длинное каждую весну заливалось рекой и соединялось с другими озерами, расположенными в окрестностях биобазы, лов рыбы в них происходил от случая к случаю. В 1996 г. из-за низкого уровня воды озеро не сообщалось с рекой. В июле в нем обнажилась довольно значительная часть дна, озеро разделилось на две части. Карась подвергся интенсивному облову. Особенно значительному вылову подвергли наиболее крупных его особей, среди которых преобладали самки (51). Затем вплоть до 2007 г. соединения оз. Длинное с рекой не происходило, прекратился и лов рыбы. В водоеме обычными стали особи обыкновенного карася с длиной тела 145–160 мм, соотношение самок и самцов сместилось в пользу последних. Плотность популяции паразита, выраженная через коэффициент агрегации «k», в 1998 г. уменьшилась по сравнению с 1996 г. в 4.6 раза. С 2001 г. значение экспоненты «k» стало меняться в небольших пределах, что говорит о близком из года в год характере отношений карася и его паразита [52]. Таким образом, можно заключить, что в 1996 г. произошел перелом в жизнедеятельности популяций *L. suprinacea* и его хозяина, приведший их к существованию на более низком уровне численности [53; 54].

В 2007 г. во время весеннего половодья озера вновь были залиты рекой. В 2008 г. появились сообщения о поимке в оз. Длинное карася серебряного *Carassius gibelio* (Bloch, 1782), что в дальнейшем подтвердилось. В 2013 г. соотношение двух видов карася в сетевых уловах равнялось 1: 3–4 в пользу карася золотого. Сказанное свидетельствует об из-

менении экологической обстановки в водоеме в этот промежуток времени, что каким-то образом должно было сказаться на состоянии популяции карася обыкновенного и копеподы. У серебряного карася, исследованного в количестве около 100 экз., *L. cyprinacea* не находили [55]. После появления серебряного карася в оз. Длинное тип распределения частот встречаемости рачка у обыкновенного карася сменился с отрицательного биномиального на распределение Пуассона [7], что в конечном счете свидетельствует об изменении интенсивности заражения копеподами своего хозяина. Действительно, индекс обилия лерней снизился в десять раз. Однако в июне 2011 г. и 2013 г. на больших выборках *C. carassius* (50 и 89 экз. соответственно) [7], и во второй половине 2013 г. на объединенной выборке самок карася распределение частот встречаемости паразита удовлетворительно аппроксимируется негативно биномиальным распределением. При этом плотность популяции паразита, выраженная через коэффициент агрегации «к», в 2011 г. уменьшилась по сравнению с предыдущими годами примерно в 1.5–4.8 раза. В 2013 г. произошло дальнейшее ее снижение в 2.8 раза, а у самок коэффициент агрегации «к» достиг минимальных значений за весь период наблюдений. При объединении выборок золотого карася, исследованного в июне 2013 г., характер распределения рачка в его популяции моделировался одинаково хорошо отрицательно биномиальным и пуассоновским распределениями. Эта картина сохранилась и в июне 2014 г. В 1-й половине июня тип распределения *L. cyprinacea* в популяции хозяина соответствовал отрицательному биномиальному распределению, в середине месяца – распределением редких событий и отрицательно биномиальному, в последней декаде месяца – нормальному, биномиальному (последние два – недорассеянные распределения) и предельному случаю последнего – распределению Пуассона. В 2014 г. плотность популяции рачка по сравнению с предыдущими годами выросла более чем в десять раз. Величина экспоненты распределения «к» как меры возможного скопления особей паразита на одной особи хозяина приблизилась к таковому, наблюдавшимся в 1980-х гг. [7]. Увеличение значения «к» позволяет предполагать усиление каких-то защитных реакций организма рыбы. При этом у самцов распределение рачков описывается биномиальным распределением, а у самок — распределениями биномиальным и пуассоновским. У объединенной выборки самок распределение *L. cyprinacea* соответствует отрицательному биномиальному распределению.

Интересно, что в 2014 г. отловить серебряного карася из оз. Длинное не удалось, но, по отзывам рыбаков, он изредка попадался в сети. В последующие два года этот вид карася в уловах из исследуемого водоема не встречался.

В 2015 и 2016 гг. плотность популяции рачка по сравнению с 2014 г. выросла в два раза, а его распределение в популяции обыкновенного карася стало соответствовать нормальному закону [7]. При этом в июне 2015 г. и в группе самцов, и таковой самок распределение паразита аппроксимируется кривой биномиального распределения, а в июне 2016 г. — распределением Пуассона.

Очевидно, изменение хозяино-паразитных отношений или других факторов, ведущих к повышению или понижению численности паразита, ведет к изменению параметров его распределения в популяции хозяина.

Биологический смысл экспоненты «к» заключается в том, что она дает возможность статистически характеризовать максимум скопления паразитов на особи хозяина. Известно [56], что величина экспоненты «к» падает по мере снижения плотности популяции паразитов. Следовательно, к 2007 г. в исследуемом водоеме плотность популяции *L. cyprinacea* существенно снизилась. Однако сохранившийся агрегированный характер распределения паразита, который достоверно соответствует кривой негативного биномиального распределения, доказывает устойчивый характер отношений в системе «паразит – хозяин» [20; 21]. С появлением в 2008 г. в водоеме серебряного карася, что указывает на изменение условий обитания золотого карася и его паразита, плотность поселения копеподы упала до минимальных значений. Находки рачка стали крайне редким событи-

ем, описываемым пуассоновским распределением. С исчезновением *C. gibelio* зараженность *L. cyprinacea* обыкновенного карася подскочила и их взаимоотношения вновь стали перестраиваться. Последнее выразилось в изменении характера распределения рачка в популяции хозяина и его половых группировках.

Изменение экологических условий в оз. Длинное отразилось и на состоянии паразитофауны *C. carassius*. В 2008 г. у него отсутствовали микроспоридии, а в 2013 г. нашли глосидий и рачка *Ergasilus sieboldi* Nordmann, 1832, присутствовали и другие изменения, удивительным образом совпадающие с изменениями численности копеподы *L. cyprinacea* [57], сохраняющейся здесь с момента обнаружения [58].

Список источников

1. Доровских Г. Н. Влияние пола гольяна *Phoxinus phoxinus* L. на состав паразитофауны и структуру компонентного сообщества паразитов // Паразитология. 2014. Т. 48. Вып. 4. С. 270–283.
2. Доровских Г. Н., Степанов В. Г. Пол хозяина и структура паразитарного сообщества (на примере паразитов гольяна *Phoxinus phoxinus* L.) // Вестник Сыктывкарского университета. Сер. 2. Биология, геология, химия, экология. 2014. Вып. 4. С. 63–79.
3. Доровских Г. Н., Степанов В. Г. Паразитофауна и структура компонентного сообщества паразитов у самцов и самок гольяна *Phoxinus phoxinus* L. // Аграрная Россия. 2014. № 7. С. 31–37.
4. Доровских Г. Н., Степанов В. Г. Пол хозяина и структура паразитарного сообщества (на примере паразитов гольяна *Phoxinus phoxinus* L.) // Вода: химия и экология. 2015. № 9. С. 81–91. <http://watchemec.ru/article/27611/>
5. Доровских Г. Н. *Lernaea cyprinacea* (Copepoda: Lernaeidae) в условиях бассейна среднего течения реки Вычегды // Паразитология. 2001. Т. 35. № 2. С. 154–158.
6. 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 3 // Вестник Сыктывкарского университета. Сер. 2. Биология, геология, химия, экология. 2019. Вып. 4 (12). С. 53–69.
7. 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 4 // Вестник Сыктывкарского университета. Сер. 2. Биология, геология, химия, экология. 2021. Вып. 1 (17). С. 7–26. DOI: 10.34130/2306-6229-2021-1-7.
8. Быховская-Павловская И. Е. Паразиты рыб. Руководство по изучению. Л.: Наука, 1985. 121 с.
9. 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 1 // Вестник Сыктывкарского университета. Сер. 2. Биология, геология, химия, экология. 2019. Вып. 2 (10). С. 89–103.
10. Бреев К. А. Применение негативного биномиального распределения для изучения популяционной экологии паразитов // Методы паразитологических исследований. Л., 1972. Вып. 6. 70 с.
11. Ивантер Э. В. Основы практической биометрии (введение в статистический анализ биологических явлений). Петрозаводск: Карелия, 1979. 94 с.
12. Лакин Г. Ф. Биометрия. М.: Высшая школа, 1980. 293 с.
13. Глотов Н. В., Животовский Л. А., Хованов Н. В., Хромов-Борисов Н. Н. Биометрия : учебное пособие / под ред. М. М. Тихомировой. Л.: Изд-во Ленинградского университета, 1982. 264 с.
14. Зайцев Г. Н. Математическая статистика в экспериментальной ботанике. М.: Наука, 1984. 424 с.
15. Доровских Г. Н. Паразитология. Математическая обработка полевого материала : метод. указания. Сыктывкар: Сыктывкарский госуниверситет, 1990. 37 с.
16. Суходольский Г. В. Основы математической статистики для психологов : учебник. СПб.: Изд-во С.-Петербургского университета, 1998. 464 с.
17. Наследов А. Д. Математические методы психологического исследования. Анализ и интерпретация данных : учебное пособие. 3-е изд., стереотип. СПб.: Речь, 2007. 392 с.
18. Большев Л. Н., Смирнов Н. В. Таблицы математической статистики. М.: Наука, 1983. 416 с.

19. Доровских Г. Н. Состояние популяций *Lernaea cyprinacea* L. (Copepoda: Lernaeidae) и *Carassius carassius* L. из озера Длинное // Биология внутренних вод. 2010. № 2. С. 67–72.
20. Бреев К. А. О распределении личинок подкожных оводов в стадах крупного рогатого скота. II. Экспонента негативного биномиального распределения как мера дисперсии заражения животных оводами // Паразитология. 1968. Т. 2. Вып. 5. С. 381–394.
21. Аникиева Л. В., Иешко Е. П. Особенности распределения цестоды *Proteocephalus exiguus* в популяции ряпушки // Экология паразитических организмов. Петрозаводск: Изд-во КарНЦ РАН, 1985. С. 18–25.
22. Иешко Е. П., Аникиева Л. В., Павлов Ю. Л. Моделирование паразито-хозяйинных отношений на примере системы *Proteocephalus exiguus* и ряпушки *Coregonus albula* // Труды Зоологического института АН СССР. 1987. Т. 161. С. 63–72.
23. Аникиева Л. В., Иешко Е. П., Стерлигова О. П. Сукцессионные особенности динамики численности и структуры популяции цестоды *Proteocephalus longicollis* (Zeder, 1800) (Cestoda: Proteocephalidae) // Паразитология. 2007. Т. 41. Вып. 6. С. 526–532.
24. Доровских Г. Н. Распространение *Lernaea cyprinacea* (Copepoda: Lernaeidae) в популяции карася // Паразитология. 1993. Т. 27. Вып. 1. С. 90–96.
25. Crofton H. D. A quantitative approach to parasitism // Parasitology. 1971. Vol. 62. No 2. Pp. 179–193.
26. Crofton H. D. A model of host-parasite relationships // Parasitology. 1971. Vol. 63. No 3. Pp. 343–364.
27. Евланов И. А. Изучение пространственной структуры и взаимоотношений между плероцеркоидами *Digramma interrupta* (Cestoda, Ligulidae) и лещом (*Abramis brama*) Куйбышевского водохранилища // Паразитология. 1989. Т. 23. Вып. 4. С. 281–297.
28. Кеннеди К. Экологическая паразитология. М.: Мир, 1978. 228 с.
29. Аникиева Л. В., Малахова Р. П. Распределение цестоды *Proteocephalus exiguus* в зависимости от возраста и пола хозяина // Гельминты пресноводных биоценозов. М.: Наука, 1982. С. 68–73.
30. Аниканова В. С., Иешко Е. П., Бугмырин С. В., Бородина К. А. Особенности биотопического распределения цестод обыкновенной бурозубки (*Sorex araneus* L.) южной Карелии // Паразитология. 2003. Т. 37. Вып. 6. С. 479–487.
31. Кирпичников В. С. Генетические основы селекции рыб. Л.: Наука, 1979. 391 с.
32. Межжерин С. В. Сезонная динамика численности *Bothriocephalus opsariichthydis* (Cestoda, Pseudophyllidae) и дифференциальная зараженность сеголеток карпа разных генотипов // Паразитология. 1989. Т. 23. Вып. 1. С. 48–53.
33. Лобойко Ю. В., Стибель В. В., Данко Н. Н. Комет-анализ степени повреждения ДНК лимфоцитов крови и активность антиоксидантных ферментов в тканях годовиков карпа, инвазированных эктопаразитами *Lernaea cyprinacea* и *Dactylogyrus vastator* // Ученые записки Учреждения образования «Витебская ордена Знак почета государственная Академия ветеринарной медицины (УО ВГАВМ)». 2016. Т. 52. Вып. 1. С. 56–59.
34. Бреев К. А., Минарж Я. К. Тип и параметры распределения личинок обыкновенного подкожного овода (*Hypoderma bovis*) в стадах крупного рогатого скота в разных частях ареала // Паразитология. 1978. Т. 12. Вып. 1. С. 31–36.
35. Stanley Eisen. Brief Note Incidence of *Lernaea cyprinacea* among goldfish of North Pond, Kelleys Island, Ohio // The Ohio Journal of Science (OJS). 1977. Vol. 77. Iss. 1. Pp. 48–49. URL: <http://hdl.handle.net/1811/22423> (дата обращения: 25.02.2024).
36. Нормальное распределение. URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Нормальное_распределение#Связь_с_другими_распределениями (дата обращения: 25.02.2024).
37. Нормальный закон распределения вероятностей. URL: http://www.mathprofi.ru/normalnoe_raspredelenie_veroyatnostei.html (дата обращения: 25.02.2024).
38. Рубанова М. В. Характеристика структуры многовидовой ассоциации гельминтов (МАГ) окуня в зависимости от пола хозяина // Известия Самарского научного центра РАН. 2011. Т. 13. № 5. С. 213–215.
39. Рубанова М. В. Экологическая характеристика многовидовой ассоциации гельминтов окуня (*Perca fluviatilis* Linnaeus, 1758) Саратовского водохранилища : автореф. дис. ... канд. биол. наук. Тольятти: Института экологии Волжского бассейна РАН, 2011. 19 с.
40. Kennedy C. R. Population biology of the cestode *Caryophyllaeus laticeps* (Pallas, 1781) in dace, *Leuciscus leuciscus* L. of the river Avon // The Journal of Parasitology. 1968. Vol. 54. No 3. Pp. 538–543.

41. Жарикова Т. И. Зараженность леща (*Abramis brama*) моногенами рода *Dactylogyrus* в зависимости от пола хозяина // Зоол. журн. 1984. Т. 69. Вып. 12. С. 179–183.
42. Старовойтов В. К. *Ancyrocephalus paradoxum* Creplin, 1893 (Monogenea, Ancyrocephalidae): морфология, жизненный цикл, экология : автореф. дис. ... канд. биол. наук. М.: Институт паразитологии АН СССР, 1991. 22 с.
43. Старовойтов В. К. Влияние пола и возраста хозяев на структуру популяции паразита (на примере судака и моногенеи *Ancyrocephalus paradoxus*) // Паразитология. 1995. Т. 29. Вып. 5. С. 433–440.
44. Paling J. E. The population dynamics of the monogenean gill parasite *Discocotyle sagittata* Leuckart on Windermere trout *Salmo trutta* L. // Parasitology. 1965. No 55 (4). Pp. 667–694.
45. Lees E., Bass L. Sex hormones as a possible factor influencing the level of parasitization in frogs // Nature. 1960. No 188. Pp. 1207–1208.
46. Dobson C. Certain aspects of the host-parasite relationship of *Nematospiroides dubius* (Baylis). 2. The effects of sex on experimental infections in the rat (an abnormal host) // Parasitology. 1961. No 51. Pp. 499–510. DOI: 10.1017/s0031182000070748.
47. Кириллова Н. Ю., Кириллов А. А. Влияние пола и возраста хозяина на структуру сообщества гельминтов рыжей полёвки (*Clethrionomys glareolus*) // Поволжский экологический журнал. 2012. № 1. С. 33–41.
48. Семенова Н. Н. Влияние некоторых экологических факторов на формирование гельминтофауны грызунов // Мат. науч. конф. Всесоюз. о-ва гельминтологов. М.: Изд-во АН СССР, 1975. Вып. 27. С. 126–134.
49. Доровских Г. Н., Торба Т. П. Распределение видов рода *Dactylogyrus* на жабрах *Carassius carassius* L. // Эколого-популяционный анализ паразито-хозяйинных отношений. Петрозаводск: Изд-во Карельского филиала АН СССР, 1988. С. 89–103.
50. Chappell L. H. The parasites of the three-spined stickleback *Gasterosteus aculeatus* L. from a Jorkshire pond. 2. Variation of the parasite fauna with sex and size of fish // Journal of Fish Biology. 1969. Vol. 1. No 4. Pp. 339–347.
51. 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 1 // Вестник Сыктывкарского университета. Сер. 2. Биология, геология, химия, экология. 2019. Вып. 2 (10). С. 89–103.
52. Доровских Г. Н., Макарова Л. Р. *Lernaea cyprinacea* (Copepoda, Lernaeidae) с карася золотого (*Carassius carassius*) из озера Длинное в бассейне среднего течения реки Вычегды // Экология. 2006. Т. 37. № 2. С. 149–153.
53. Доровских Г. Н., Макарова Л. Р. *Lernaea cyprinacea* (Copepoda, Lernaeidae) с карася золотого (*Carassius carassius*) из озера Длинное в бассейне среднего течения реки Вычегды // Паразитология. 2006. Т. 40. Вып. 2. С. 140–154.
54. Доровских Г. Н., Степанов В. Г. Данные о паразитофауне рыб из водоемов северо-востока европейской части России. Окончание. Часть 1 // Вестник Сыктывкарского университета. Сер. 2. Биология, геология, химия, экология. Сыктывкар: Изд-во СГУ им. Питирима Сорокина, 2020. Вып. 4 (16). С. 77–97.
55. Доровских Г. Н. Паразитофауна карася *Carassius gibelio* (Bloch, 1782) (Cypriniformes: Cyprinidae Bonaparte, 1832) на северо-востоке европейской части России // Вестник Сыктывкарского университета. Сер. 2. Естественные науки. Медицина. 2024. № 1. С. 5–18. <https://doi.org/10.34130/2306-6229-2024-1-5>.
56. Федоров К. П. Математические методы изучения популяций паразитов // Итоги науки и техники ВИНТИ. Зоопаразитология. 1981. Т. 7. С. 134–184.
57. Доровских Г. Н. Паразитофауна карася *Carassius carassius* (Linnaeus, 1758) (Cypriniformes: Cyprinidae Bonaparte, 1832) из озера Длинное (бассейн среднего течения реки Вычегды) // Вестник Сыктывкарского университета. Серия 2. Биология, геология, химия, экология. 2023. Вып. 4 (28). С. 18–34. <https://doi.org/10.34130/2306-6229-2023-4-18>.
58. Доровских Г. Н. Итоги изучения видового состава паразитов рыб бассейнов рек Северо-Востока Европейской России. Пиявки (*Hirudinea*), Моллюски (*Mollusca*), Раки (*Crustacea*), Паукообразные (*Arachnida*) // Паразитология. 2000. Т. 34. Вып. 2. С. 158–163.

References

1. Dorovskih G. N. The influence of the sex of the minnow *Phoxinus phoxinus* L. the composition of the parasitofauna and the structure of the component community of parasites. *Parazitologiya* [Parasitology]. 2014. Vol. 48. Iss. 4. Pp. 270–283. (In Russ.)
2. Dorovskih G. N., Stepanov V. G. The sex of the host and the structure of the parasitic community (using the example of parasites of the minnow *Phoxinus phoxinus* L.). *Vestnik Syktyvkar'skogo universiteta. Seriya 2. Biologiya, geologiya, himiya, ekologiya* [Syktyvkar University Bulletin. Series 2. Biology, geology, chemistry, ecology]. 2014. Iss. 4. Pp. 63–79. (In Russ.)
3. Dorovskih G. N., Stepanov V. G. Parasitofauna and the structure of the component community of parasites in males and females of the minnow *Phoxinus phoxinus* L. *Agrarnaya Rossiya* [Agrarian Russia]. 2014. No7. Pp. 31–37. (In Russ.)
4. Dorovskih G. N., Stepanov V. G. The sex of the host and community structure of parasites (for example, the parasites of the minnow *Phoxinus phoxinus* L.). *Voda: himiya i ekologiya* [Water: chemistry and ecology]. 2015. No 9. Pp. 81–91. <http://watchemec.ru/article/27611/>. (In Russ.)
5. Dorovskikh G. N. *Lernaea cyprinacea* (Copepoda: Lernaedidae) in the middle reaches of the Vychegda River. *Parazitologiya* [Parasitology]. 2001. Vol. 35. Iss. 2. Pp. 154–158. (In Russ.)
6. 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: Lernaedidae Cobbold, 1879) from Lake Long in the middle reaches of the Vycheg river. Part 3. *Vestnik Syktyvkar'skogo universiteta. Seriya 2. Biologiya, geologiya, himiya, ekologiya* [Syktyvkar University Bulletin. Series 2. Biology, geology, chemistry, ecology]. 2019. Iss. 4 (12). Pp. 53–69. (In Russ.)
7. Dorovskih 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: Lernaedidae Cobbold, 1879) from Lake Long in the middle reaches of the Vycheg river. Part 4. *Vestnik Syktyvkar'skogo universiteta. Seriya 2. Biologiya, geologiya, himiya, ekologiya* [Syktyvkar University Bulletin. Series 2. Biology, geology, chemistry, ecology]. 2021. Iss. 1 (17). Pp. 7–26. DOI: 10.34130/2306-6229-2021-1-7. (In Russ.)
8. Bykhovskaya-Pavlovskaya I. E. *Parazity ryb. Rukovodstvo po izucheniyu* [Parasites of fish. Study Guide]. Leningrad: Nauka, 1985. 122 p. (In Russ.)
9. 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: Lernaedidae Cobbold, 1879) from Lake Long in the middle reaches of the Vycheg river. Part 1. *Vestnik Syktyvkar'skogo universiteta. Seriya 2. Biologiya, geologiya, himiya, ekologiya* [Syktyvkar University Bulletin. Series 2. Biology, geology, chemistry, ecology]. 2019. Iss. 2 (10). Pp. 89–103. (In Russ.)
10. Breev K. A. Application of negative binomial distribution for the study of population ecology of parasites. *Metody parazitologicheskikh issledovaniy* [Parasitological research methods]. Leningrad, 1972. Iss. 6. 70 p. (In Russ.)
11. Ivanter E. V. *Osnovy prakticheskoy biometrii (vvedenie v statisticheskij analiz biologicheskikh yavlenij)* [Fundamentals of practical biometrics (introduction to the statistical analysis of biological phenomena)]. Petrozavodsk: Karelia Publishing House, 1979. 94 p. (In Russ.)
12. Lakin G. F. *Biometrics* [Biometrics]. Moscow: Higher school, 1980. 293 p. (In Russ.)
13. Glotov N. V., Zhivotovsky L. A., Khovanov N. V., Khromov-Borisov N. N. *Biometriya. Uchebnoe posobie* [Biometrics. Tutorial]. Ed. M. M. Tikhomirova. Leningrad: Publishing house of Leningrad University, 1982. 264 p. (In Russ.)
14. Zaitsev G. N. *Matematicheskaya statistika v eksperimental'noj botanike* [Mathematical statistics in experimental botany]. Moscow: Nauka, 1984. 424 p. (In Russ.)
15. Dorovskikh G. N. *Parazitologiya. Matematicheskaya obrabotka polevogo materiala (metod. ukazaniya)* [Parasitology. Mathematical processing of field material (method. Instructions)]. Syktyvkar: Publishing house of the Syktyvkar State University, 1990. 37 p. (In Russ.)
16. Sukhodolskiy G. V. *Osnovy matematicheskoy statistiki dlya psichologov : uchebnik* [Fundamentals of mathematical statistics for psychologists : Textbook]. Saint-Petersburg: Publishing house of St. Petersburg University, 1998. 464 p. (In Russ.)
17. Nasledov A. D. *Matematicheskie metody psichologicheskogo issledovaniya. Analiz i interpretaciya dannyh : uchebnoe posobie* [Mathematical methods of psychological research. Analysis and interpretation of data. Tutorial]. 3rd ed., Stereotype. Saint-Petersburg: Publishing house "Rech", 2007. 392 p. (In Russ.)
18. Bol'shev L. N., Smirnov N. V. *Tablicy matematicheskoy statistiki* [Tables of mathematical statistics]. Moscow: Nauka, 1983. 416 p. (In Russ.)

19. Dorovskikh G. N. State of populations of *Lernaea cyprinacea* L. (Copepoda: Lernaeidae) and crucian carp *Carassius carassius* L. from Lake Dlinnoe. *Biologiya vnutrennih vod* [Biology of inland waters]. 2010. No 2. Pp. 67–72. (In Russ.)
20. Breev K. A. About the distribution of the larvae of hypodermic gadflies in herds of cattle. II. Exponent of negative binomial distribution as a measure of variance of gadfly infestation in animals. *Parazitologiya* [Parasitology]. 1968. Vol. 2. Iss. 5. Pp. 381–394. (In Russ.)
21. Anikieva L. V., Ieshko E. P. Peculiarities of the distribution of the cestode *Proteocephalus exiguus* in the vendace population. *Ekologiya paraziticheskikh organizmov* [Ecology of parasitic organisms]. Petrozavodsk: KarRC RAS Publishing House, 1985. Pp. 18–25. (In Russ.)
22. Ieshko E. P., Anikieva L. V., Pavlov Yu. L. Modeling of host-parasite relations on the example of the *Proteocephalus exiguus* system and the vendace *Coregonus albula*. *Trudy Zoologicheskogo instituta AN SSSR* [Proceedings of the Zoological Institute of the USSR Academy of Sciences]. 1987. Vol. 161. Pp. 63–72. (In Russ.)
23. Anikieva L. V., Ieshko E. P., Sterligova O. P. Successional features of the dynamics of the number and structure of the population of the cestode *Proteocephalus longicollis* (Zeder, 1800) (Cestoda: Proteocephalidae). *Parazitologiya* [Parasitology]. 2007. Vol. 41. Iss. 6. Pp. 526–532. (In Russ.)
24. Dorovskikh G. N. Distribution of *Lernaea cyprinacea* (Copepoda: Lernaeidae) in the crucian carp population. *Parazitologiya* [Parasitology]. 1993. Vol. 27. Iss. 1. Pp. 90–96. (In Russ.)
25. Crofton H. D. A quantitative approach to parasitism. *Parasitology*. 1971. Vol. 62. No 2. Pp. 179–193.
26. Crofton H. D. A model of host-parasite relationships. *Parasitology*. 1971. Vol. 63. No 3. Pp. 343–364.
27. Evlanov I. A. Study of the spatial structure and relationships between plerocercoids *Digamma interrupta* (Cestoda, Ligulidae) and bream (*Abramis brama*) of the Kuibyshev reservoir. *Parazitologiya* [Parazitology]. 1989. Vol. 23. Iss. 4. Pp. 281–297. (In Russ.)
28. Kennedy K. *Ekologicheskaya parazitologiya* [Ecological parasitology]. Moscow: Mir, 1978. 228 p. (In Russ.)
29. Anikieva L. V., Malakhova R. P. Distribution of the cestode *Proteocephalus exiguus* depending on the age and sex of the host. *Gel'minty presnovodnykh biocenozov* [Helminths of freshwater biocenoses]. Moscow: Nauka, 1982. Pp. 73–86. (In Russ.)
30. Anikanova V. S., Ieshko E. P., Bugmyrin S. V., Borodina K. A. Features of the biotopic distribution of cestodes of the common shrew (*Sorex araneus* L.) in southern Karelia. *Parazitologiya* [Parasitology]. 2003. Vol. 37. Iss. 6. Pp. 479–487. (In Russ.)
31. Kirpichnikov V. S. *Geneticheskie osnovy selekcii ryb* [Genetic foundations of fish breeding]. Leningrad: Nauka, 1979. 391 p. (In Russ.)
32. Mezhrzherin S. V. Seasonal population dynamics of *Bothriocephalus opsariichthydis* (Cestoda, Pseudophyllidae) and differential infection of carp underyearlings of different genotypes. *Parazitologiya* [Parasitology]. 1989. Vol. 23. Iss. 1. Pp. 48–53. (In Russ.)
33. Loboyko Yu. V., Stibel V. V., Danko N. N. Comet-analysis of the degree of DNA damage in blood lymphocytes and the activity of antioxidant enzymes in the tissues of carp yearlings infested with ectoparasites *Lernaea cyprinacea* and *Dactylogyrus vastator*. *Uchenye zapiski Uchrezhdeniya obrazovaniya Vitebskaya ordena Znak pocheta gosudarstvennaya Akademiya veterinarnoy mediciny (UO VGAVM)* [Scientific notes Educational institutions Vitebsk Order Badge of honor State Academy of Veterinary Medicine (UO VGAVM)]. 2016. Vol. 52. Iss. 1. Pp. 56–59. (In Russ.)
34. Breev K. A., Minarzh Ya. K. Type and distribution parameters of the larvae of the common subcutaneous gadfly (*Hypoderma bovis*) in herds of cattle in different parts of the range. *Parazitologiya* [Parasitology]. 1978. Vol. 12. Iss. 1. Pp. 31–36. (In Russ.)
35. Stanley Eisen. Brief Note Incidence of *Lernaea cyprinacea* among goldfish of North Pond, Kelleys Island, Ohio. *The Ohio Journal of Science (OJS)*. 1977. Vol. 77. Iss. 1. Pp. 48–49. Available at: <http://hdl.handle.net/1811/22423> (accessed: 25.02.2024).
36. *Normal'noe raspredelenie* [Normal allocation]. Available at: https://ru.wikipedia.org/wiki/Normal_distribution#Connection_with_other_distributions (accessed: 25.02.2024). (In Russ.)
37. *Normal'nyj zakon raspredeleniya veroyatnostej* [Normal law of probability distribution]. Available at: http://www.mathprofi.ru/normalnoe_raspredelenie_veroyatnostei.html (accessed: 25.02.2024). (In Russ.)
38. Rubanova M. V. Characteristics of the helminths' multispecies association of the perch depending on the sex of the host. *Izvestia Samarskogo nauchnogo tsentra RAN* [Proceeding of Samara scientific center of RAS]. 2011. Vol. 13. No 5. Pp. 213–215. (In Russ.)

39. Rubanova M. V. *Ekologicheskaja kharakteristika mnogovidovoi assotsiatsii gel'mintov okunia (Perca fluviatilis Linnaeus, 1758) Saratovskogo vodokhranilishcha : avtoref. diss. kand. biol. nauk* [Ecological characteristics of the helminths' multispecies association of the perch (*Perca fluviatilis* Linnaeus, 1758) of Saratov reservoir : Abstract of the Doct. of Biology Sciences Diss.]. *Tol'iatti: Institut ekologii Volzhskogo basseina RAN* [Institute of ecology of Volzhskii basin RAS], 2011. 19 p. (In Russ.)
40. Kennedy S. R. Population biology of the cestode *Caryophyllaeus laticeps* (Pallas, 1781) in dase, *Leuciscus leuciscus* L. of the river Avon. *The Journal of Parasitology*. 1968. Vol. 54. No 3. Pp. 538–543.
41. Zharikova T. I. Contamination of bream (*Abramis brama*) by genus of monogenean *Dactylogyrus* depending on sex of the host. *Zoologicheskij zhurnal* [Zoological journal]. 1984. Vol. 69. No 12. Pp. 179–183. (In Russ.)
42. Starovoitov V. K. *Ancyrocephalus paradoxum* Creplin, 1893 (Monogenea, Ancyrocephalidae): morfologija, zhiznennyi tsikl, ekologija : avtoref. diss. kand. biol. nauk [Ancyrocephalus paradoxum Creplin, 1893 (Monogenea, Ancyrocephalidae: morphology, life cycle, ecology : Abstract of the Doct. of Biology Sciences Diss.]. Moscow: *Institut Parazitologii AN SSSR* [Institute of Parasitology AS USSR], 1991. 22 p. (In Russ.)
43. 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*). *Parazitologija* [Parasitology]. 1995. Vol. 29. Iss. 5. Pp. 433–440. (In Russ.)
44. Paling J. E. The population dynamics of the monogenean gill parasite *Discocotyle sagittata* Leuckart on Windermere trout *Salmo trutta* L. *Parasitology*. 1965. No 55 (4). Pp. 667–694.
45. Lees E., Bass L. Sex hormones as a possible factor influencing the level of parasitization in frogs. *Nature*. 1960. No188. Pp. 1207–1208.
46. Dobson S. Certain aspects of the host-parasite relationship of *Nematospiroides dubius* (Baylis). 2. The effects of sex on experimental infections in the rat (an abnormal host). *Parasitology*. 1961. No 51. Pp. 499–510. DOI: 10.1017/s0031182000070748.
47. Kirillova N. Iu., Kirillov A. A. Influence of sex and age on the helminths' population structure of bank vole (*Clethrionomys glareolus*). *Povolzhskii ekologicheskii zhurnal* [Povolzhskii journal of ecology]. 2012. No 1. Pp. 33–41. (In Russ.)
48. Semenova N. N. Influence of some environmental factors on the helminthofauna rodents. *Materialy nauch. konf. Vsesoiuz. o-va gel'mintologov* [Proceedings of Scientific. Conf. All-Union. Helminthologists society]. Moscow: AS USSR Publ., 1975. No 27. Pp. 126–134 (In Russ.)
49. Dorovskih G. N., Torba T. P.. Distribution of species of the genus *Dactylogyrus* on the gills of *Carassius carassius* L. *Ekologo-populyacionnyj analiz parazitohozyainnykh 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.)
50. Chappell L. N. The parasites of the three-spined stickleback *Gasterosteus aculeatus* L. from a Jorkshire pond. 2. Variation of the parasite fauna with sex and size of fish. *Journal of Fish Biology*. 1969. Vol. 1. No 4. Pp. 339–347.
51. Dorovskih 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 1. *Vestnik Syktyvkerskogo universiteta. Seriya 2. Biologiya, geologiya, himiya, ekologiya* [Syktyvkar University Bulletin. Series 2. Biology, geology, chemistry, ecology]. 2019. Iss. 2 (10). Pp. 89–103. (In Russ.)
52. Dorovskikh G. N., Makarova L. R. *Lernaea cyprinacea* (Copepoda, Lernaeidae) from goldfish (*Carassius carassius*) from Lake Dlinnoe in the basin of the middle reaches of the Vychehga river. *Ekologiya* [Ecology]. 2006. Vol. 37. No 2. Pp. 149–153. (In Russ.)
53. Dorovskih G. N., Makarova L. R. *Lernaea cyprinacea* (Copepoda, Lernaeidae) from goldfish (*Carassius carassius*) from Lake Dlinnoe in the basin of the middle reaches of the Vychehga river. *Parazitologiya* [Parasitology]. 2006. Vol. 40. Iss. 2. Pp. 140–154. (In Russ.)
54. Dorovskih G. N., Stepanov V. G. Data on the parasitofauna of fish from reservoirs in the north-east of the European part of Russia. Ending. Part 1. *Vestnik Syktyvkerskogo universiteta. Seriya 2. Biologiya, geologiya, himiya, ekologiya* [Syktyvkar University Bulletin. Series 2. Biology, geology, chemistry, ecology]. 2020. Iss. 4 (16). Pp. 77–97. (In Russ.)
55. Dorovskikh G. N. Parasite fauna of the crucian carp *Carassius gibelio* (Bloch, 1782) (Cypriniformes: Cyprinidae Bonaparte, 1832) in the northeast European part of Russia. *Vestnik Syktyvkerskogo universiteta. Seriya 2. Biologiya, geologiya, himiya, ekologiya* [Syktyvkar University Bulletin. Series 2. Biology, geology, chemistry, ecology]. 2024. Iss. 1 (29). Pp. 5–18. <https://doi.org/10.34130/2306-6229-2024-1-5>. (In Russ.)

56. Fedorov K. P. Mathematical methods for studying populations of parasites. *Itogi nauki i tekhniki VINITI. Zooparasitology* [Results of science and technology VINITI. Zooparasitology]. 1981. Vol. 7. Pp. 134–184. (In Russ.)

57. Dorovskikh G. N. Parasite fauna of crucian carp *Carassius carassius* (Linnaeus, 1758) (Cypriniformes: Cyprinidae Bonaparte, 1832) from Lake Dlinnoye (basin of the middle course of the Vychegda River). *Vestnik Syktyvkar'skogo universiteta. Seriya 2. Biologiya, geologiya, himiya, ekologiya* [Syktyvkar University Bulletin. Series 2. Biology, geology, chemistry, ecology]. 2023. Iss. 4 (28). Pp. 18–34. <https://doi.org/10.34130/2306-6229-2023-4-18>. (In Russ.)

58. Dorovskikh 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. Leeches (*Hirudinea*), Molluscs (*Mollusca*), Crayfish (*Crustacea*), Arachnids (*Arachnida*). *Parazitologiya* [Parasitology]. 2000. Vol. 34. Iss. 2. Pp. 158–163. (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	27.02.2024
Одобрена после рецензирования / Approved after reviewing	09.04.2024
Принята к публикации / Accepted for publication	12.04.2024

Научная статья / Article

УДК 595.12.122.1:591.531.213 (282.247,13)
<https://doi.org/10.34130/2306-6229-2024-2-34>

Биология *Diplozoon scardinii* Komarova, 1966 (*Monogenea* Carus, 1863: *Diplozoidae* Palombi, 1949) с красноперки *Scardinius erythrophthalmus* (Linnaeus, 1758) (Cypriniformes: Cyprinidae Bonaparte, 1832)

Геннадий Николаевич Доровских

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

Аннотация. Цель публикации — более детально описать жизненный цикл *Diplozoon scardinii*, а также динамику зараженности спайником своего хозяина в весенне-летний период года.

На протяжении ряда лет относительная численность диплозид оставалась практически постоянной. Снижение уровня зараженности спайником рыбы отмечено только в 1986 г., что, видимо, связано с аномально низкими летними температурами.

У *D. scardinii* с красноперки из оз. Щучье имеется только одна генерация особей в год. Диплозиды начинают откладывать яйца в 1-й половине июня. Первые дипорпы появляются в последней декаде июня. Черви генерации этого года достигают половозрелости только на следующий год. Наиболее сложная возрастная структура популяции диплозид этого вида отмечена в начале августа.

Ключевые слова: красноперка, *Scardinius erythrophthalmus*, плотва, *Rutilus rutilus*, паразит, *Diplozoon scardinii*, *Paradiplozoon homoion*, *Plathelminthes*, *Monogenea*, *Diplozoidae*

Для цитирования: Доровских Г. Н. Биология *Diplozoon scardinii* Komarova, 1966 (Monogenea Carus, 1863: Diplozoidae Palombi, 1949) с красноперки *Scardinius erythrophthalmus* (Linnaeus, 1758) (Cypriniformes: Cyprinidae Bonaparte, 1832) // Вестник Сыктывкарского университета. Серия 2. Естественные науки. Медицина. 2024. № 2 (30). С. 34–44 <https://doi.org/10.34130/2306-6229-2024-2-34>

Biology of *Diplozoon scardinii* Komarova, 1966 (Monogenea Carus, 1863: Diplozoidae Palombi, 1949) from the rudd *Scardinius erythrophthalmus* (Linnaeus, 1758) (Cypriniformes: Cyprinidae Bonaparte, 1832)

Gennady N. Dorovskikh

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

Abstract. The purpose of the publication is to describe in more detail the life cycle of *Diplozoon scardinii*, as well as the dynamics of infection with the spike of its host in the spring and summer period of the year.

Over the years, the relative number of diplozooids has remained almost constant. A decrease in the level of infection with spanik fish was noted only in 1986, which is probably due to abnormally low summer temperatures.

In *D. scardinii* from rudd from Lake. Shchuchye has only one generation of individuals per year. Diplozooids begin to lay eggs in the 1st half of June. The first diporps appear in the last decade of June. Worms of this year's generation reach sexual maturity only the following year. The most complex age structure of the diplozoid population of this species was noted in early August.

Keywords: rudd, *Scardinius erythrophthalmus*, roach, *Rutilus rutilus*, parasite, *Diplozoon scardinii*, *Paradiplozoon homoion*, Plathelminthes, Monogenea, Diplozoidae

For citation: Dorovskikh G. N. Biology of *Diplozoon scardinii* Komarova, 1966 (Monogenea Carus, 1863: Diplozoidae Palombi, 1949) from the rudd *Scardinius erythrophthalmus* (Linnaeus, 1758) (Cypriniformes: Cyprinidae Bonaparte, 1832). *Vestnik Syktyvkarского университета. Seriya 2: Estestvoznaniye. Medicina = Syktyvkar University Bulletin. Series 2. Natural Science. Medicine.* 2024. 2 (30): 34–44 (In Russ.). <https://doi.org/10.34130/2306-6229-2024-2-34>

Введение. Первые находки красноперки *Scardinius erythrophthalmus* (Linnaeus, 1758) в бассейне р. С. Двины сделаны в 1926 г. [1]. В 1960-е гг. ее обнаружили в озерах среднего течения С. Двины [2], в 1978 г. — в бассейне р. Вычегды [3]; в 1994 г. — в пойменных водоемах р. Лузы [4].

Красноперка в окрестностях биобазы Сыктывкарского госуниверситета [5; 6] обнаружена в 1981 г. в оз. Щучье [7]. Получены данные по ее биологии [8; 9], паразитофауне [7; 10], выявлены элементы биологии некоторых обнаруженных у нее видов паразитов [11; 12].

Накопленный за годы проведения работ материал позволяет более детально описать жизненный цикл *Diplozoon scardinii* Komarova, 1966, а также динамику зараженности спайником своего хозяина в весенне-летний период года.

Анализ ДНК, взятой у диплозоид, определенных как *D. scardinii* с красноперки *S. erythrophthalmus* и *Paradiplozoon homoion* (Bechowsky & Nagibina, 1959), с плотвы *Rutilus rutilus* (Linnaeus, 1758), показал, что эти виды тождественны [13]. Следовательно, *Diplozoon scardinii* Komarova, 1966 является синонимом *Paradiplozoon homoion* (Bechowsky & Nagibina, 1959), относящийся к типу Plathelminthes Gegenbaur, 1859 (syn. Plathelminthes Claus, 1887), классу Monogenoidea (van Beneden, 1858) Burchowsky, 1937 (syn. Monogenea Carus, 1863), отряду Mazocraeidea Burchowsky, 1957, семейству Diplozooidae Palombi, 1949.

Материал и методы. Сборы осуществлены на оз. Щучье, расположенном в Корткеросском р-не Республики Коми в 60 км выше г. Сыктывкара вверх по течению р. Вычегды (рис. 1).

Оз. Щучье — это межгрядная старица, соединяющаяся с рекой небольшим ручьем, который летом часто пересыхает. Озеро небольшое, имеет 655.4 м в длину, до 106.5 м в ширину, при глубине до 6.5 м. Дно озера покрыто илом (песчаных участков практически нет) и в значительной мере захламлено упавшими в воду деревьями, грубыми растительными остатками, листьями. Берега заболочены, сток болотных вод осуществляется в озеро постоянно. Вода в озере темно-желтого цвета, рН 6.5–6.7 [7].

Вдоль берега тянется узкая полоса из хвощей, осок, сабельника и других растений. Дальше от берега находятся заросли кубышки, кувшинки, телореза, ряски, стрелолиста и других. Эти заросли доходят до глубины 2.0–2.5 м и отстоят от берега на 2.0–5.0 и более метров (рис. 2). Именно в зоне зарослей (литораль до глубины 1.2 м) сосредоточены беспозвоночные — кормовые объекты рыб [14].

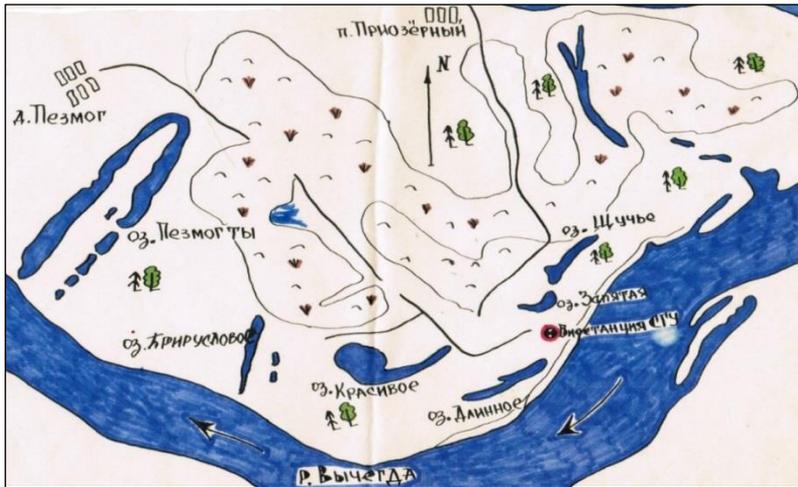


Рис. 1. Карта-схема биобазы Сыктывкарского университета и ее окрестностей. Карта-схема 1983 г.

Наиболее обычными видами рыб в оз. Щучье являются плотва *Rutilus rutilus* (Linnaeus, 1758), окунь *Perca fluviatilis* Linnaeus, 1758, красноперка *Scardinius erythrophthalmus* (Linnaeus, 1758), язь *Leuciscus idus* (Linnaeus, 1758) и щука *Esox lucius* Linnaeus, 1758. Изредка встречаются карась золотой (обыкновенный, круглый) *Carassius carassius* (Linnaeus, 1758), уклея *Alburnus alburnus* (Linnaeus, 1758). Имеются единичные находки ельца *Leuciscus leuciscus* (Linnaeus, 1758), ерша *Gymnocephalus cernuus* (Linnaeus, 1758) и налима *Lota lota* (Linnaeus, 1758). Оз. Щучье — это единственное из близлежащих озёр, в котором обитает лещ *Abramis brama* Linnaeus, 1758.

Наблюдения за красноперкой проведены с 1981 по 1994 г. За это время отловлены 192 её особи.

Сбор паразитов осуществлен по общепринятой методике [15; 16].

Показатели зараженности паразитом рыбы, используемые в работе: экстенсивность заражения — процент рыб, несущих паразита, от числа вскрытых ее экземпляров; средняя интенсивность инвазии — количество диплозидов, приходящееся на одну зараженную рыбу; индексы обилия — число всех обнаруженных паразитов изучаемого вида, деленное на количество исследованных рыб.



Самая широкая часть озера и место, где в основном и держится красноперка



Способ лова красноперки и её излюбленное место обитания

Рис. 2. Озеро Щучье

Сравнение экстенсивности инвазии проведено с помощью критерия Фишера (F), средней интенсивности заражения и индексов обилия — посредством критериев Колмогорова–Смирнова (λ), Вилкоксона (W), Т. Уайта (T), ван дер Вардена (X_w) [17].

Для оценки различий между несколькими выборками использовали критерий Краскела–Уоллиса (χ^2), метод математической статистики, при котором сравнивают средние значения в трёх и более выборках.

В качестве меры линейной связи между случайными величинами использовали коэффициент корреляции Спирмена (r_s). Корреляция Спирмена является ранговой, т. е. для оценки силы связи используются не численные значения, а соответствующие им ранги. Коэффициент инвариантен по отношению к любому монотонному преобразованию шкалы измерения [17].

Результаты и обсуждение. Наивысшая зараженность диплозоидами красноперки была в 1985 г. (рис. 3), но статистически значимые различия по экстенсивности и средней интенсивности заражения отмечены только в 1985 г. и 1988 г. по сравнению с 1986 г., когда представители этого вида моногеней не были найдены. В то же время относительная численность червей (индекс обилия) в 1985 г. была значимо выше лишь по отношению к таковой в 1984 г. Однако статистически достоверные различия получены только по критерию Вилкоксона, позволяющему сравнивать совокупности по центральной тенденции [17].

Таблица 1

Среднелетняя (22 июня — 10 июля) температура воды в оз. Щучье

Год	1985	1986	1988	1989	1990
Температура, °С	21.3	15.8	24.2	22.3	19.7

Проведенный дисперсионный анализ Краскела — Уоллиса позволил заключить, что погодные условия разных лет не оказали существенного влияния ни на напряженность инвазии спайниками красноперки ($\chi^2=8.79$; $P > 0.05$), ни на относительную численность этих паразитов ($\chi^2=3.32$; $P > 0.05$), не доказана и зависимость зараженности червями рыбы от численности последних ($r_s=0.371-0.429$; $P > 0.05$). Однако сопоставление данных, отраженных на рис. 3, со сведениями по температуре воды в оз. Щучье, замеряемой с 22 июня по 10 июля каждого года, позволяет сделать предположение, что падение уровня инвазии червями красноперки в 1986 г. вызвано более низкими температурами воды (ниже обычного на 3.9–8.4°C) в тот год (табл. 1; рис. 4). Это могло вызвать замедление развития паразитов и сдвиг сроков появления их на хозяине.

Анализ инвазированности червями красноперки в течение летнего сезона года показал, что наивысшая экстенсивность заражения наблюдается в 1-й половине июля, затем во 2-й половине месяца она достоверно снижается и остается на одном уровне до конца наблюдений (рис. 5). В начале июля максимальные значения имеет и индекс обилия, затем его величина снижается и остается на одном статистическом уровне. В отличие от этих показателей средняя интенсивность инвазии возрастает во 2-й половине июня и сохраняется на достигнутом уровне до конца периода наблюдения. Дисперсионный анализ Краскела — Уоллиса подтвердил постоянство напряженности инвазии спайником красноперки на протяжении срока проведения работ ($\chi^2=8.71$; $P > 0.05$), но численность диплозид в это время изменялась статистически достоверно ($\chi^2=199.0$; $P < 0.001$).

Приведенные данные хорошо согласуются с результатами изучения динамики возрастной структуры популяции *D. scardinii* с конца мая по конец августа.

Повышение экстенсивности и интенсивности заражения червями красноперки во 2-й половине июня вызвано появлением дипорп. Благодаря этому в инвазионный процесс вовлекаются новые хозяева, на которых оседают появляющиеся личинки (рис. 6).

Первые дипорпы обнаружены 25 июня в 1985 г. Далее вплоть до конца августа их численность остается примерно на одном уровне. Во 2-й половине августа они составляют почти 43 % от численности популяции этого вида. К концу августа популяция, видимо, уже полностью представлена особями этого года рождения. Действительно, обнаруженные 11 августа парные черви оказались мертвыми с полностью редуцированными гонадами. Например, в Куршском заливе Балтийского моря дипорпы перестают встречаться в конце сентября или начале октября [18].

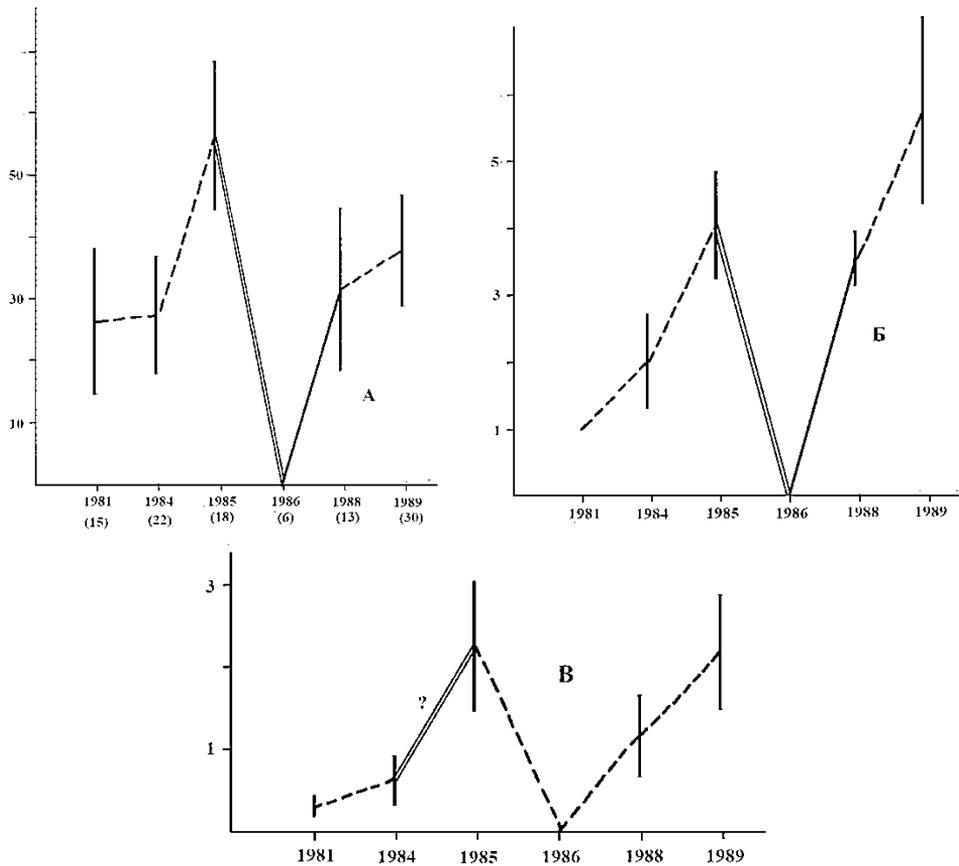


Рис. 3. Зараженность диплозоидами красноперки из оз. Щучье в разные годы.

А — экстенсивность заражения (%); Б — средняя интенсивность инвазии (экз.);

В — индекс обилия (экз.).

По оси ординат — значения соответствующего показателя инвазии;

по оси абсцисс — сверху годы, снизу число исследованных рыб (в скобках).

---- — различия статистически недостоверны ($P > 0.05$);

— — различия достоверны на 1-м уровне значимости ($P < 0.05$);

= — различия достоверны на 2-м уровне значимости ($P < 0.01$);

•••• — различия достоверны на 3-м уровне значимости ($P < 0.001$)

Во 2-й половине июня популяция спайника на 69.7 % состоит из зрелых яйцекладущих червей. Начало яйцекладки, похоже, начинается где-то в начале июня. В 1991 г. яйцекладущие черви обнаружены уже 5-го числа. В другие годы они начинали встречаться после 18 июня. Развитие яиц разных видов диплозоид длится 9–10 [19], 12–17 [20], 6–13 суток [21]. И. А. Хотеновский [18] указывает, что при температуре 15–20 °C средняя продолжительность развития яиц этих диплозоид составляет 8–10 дней. Указанные сроки начала яйцекладки у *D. scardinii* совпадают с ранее указанными (5–7 июня) для этого вида в этом водоеме [12].

В 1-й половине июня еще имеются черви с яичниками, в которых не заметны крупные яйцеклетки. Это особи, пока не приступившие к яйцекладке. Далее такие черви созревают и до конца августа уже не встречаются. В августе — это уже черви новой генерации.

В 1-й половине июля (в 1981 г. 10 июля) появляются экземпляры с редуцированными гонадами. К концу июля их число резко возрастает. В дальнейшем они представляют от трети до половины всей численности популяции паразита.

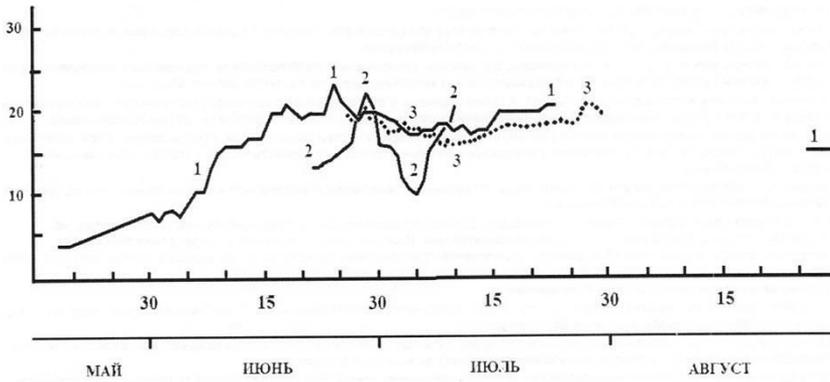


Рис. 4. Среднесуточная температура воды в оз. Щучье в разные годы.
1 — 1985 г.; 2 — 1986 г.; 3 — 1987 г.

Яйцекладущие особи наиболее многочисленны в конце июня — 1-й половине июля. К концу июля их число достоверно снижается и к середине августа они исчезают.

Рассчитаем показатель возрастной гетерогенности (Δ) популяции *D. scardinii* с краснопёрки из оз. Щучье в летний период года по формуле [21]:

$$\Delta = (\sum_{i=1}^s p_i^2)^{-1},$$

где p_i — доля червей, выраженная в долях единицы, определенной возрастной группы; s — число возрастных групп.

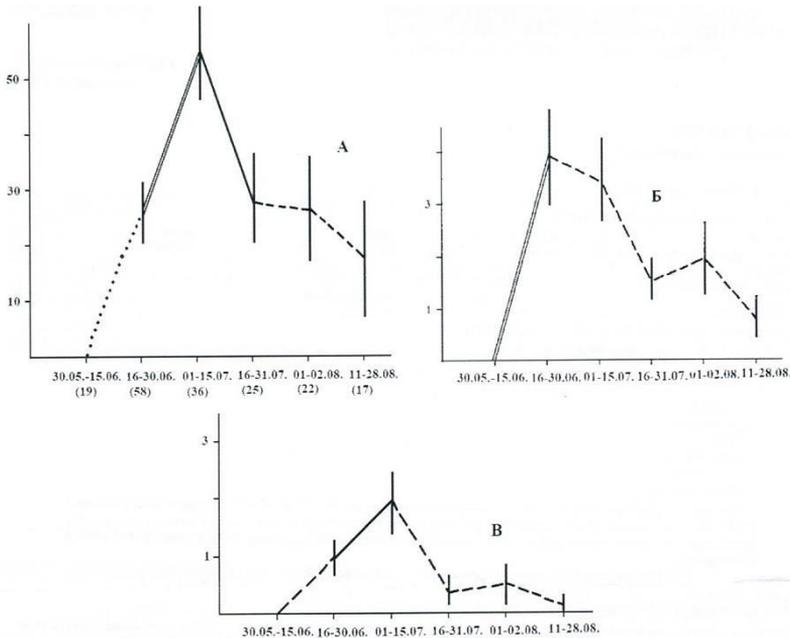


Рис. 5. Зараженность диплозоидами краснопёрки из оз. Щучье в течение летнего периода года.

По оси абсцисс: вверху — даты, снизу — число исследованных рыб (в скобках).
Остальные обозначения, как на рис. 3

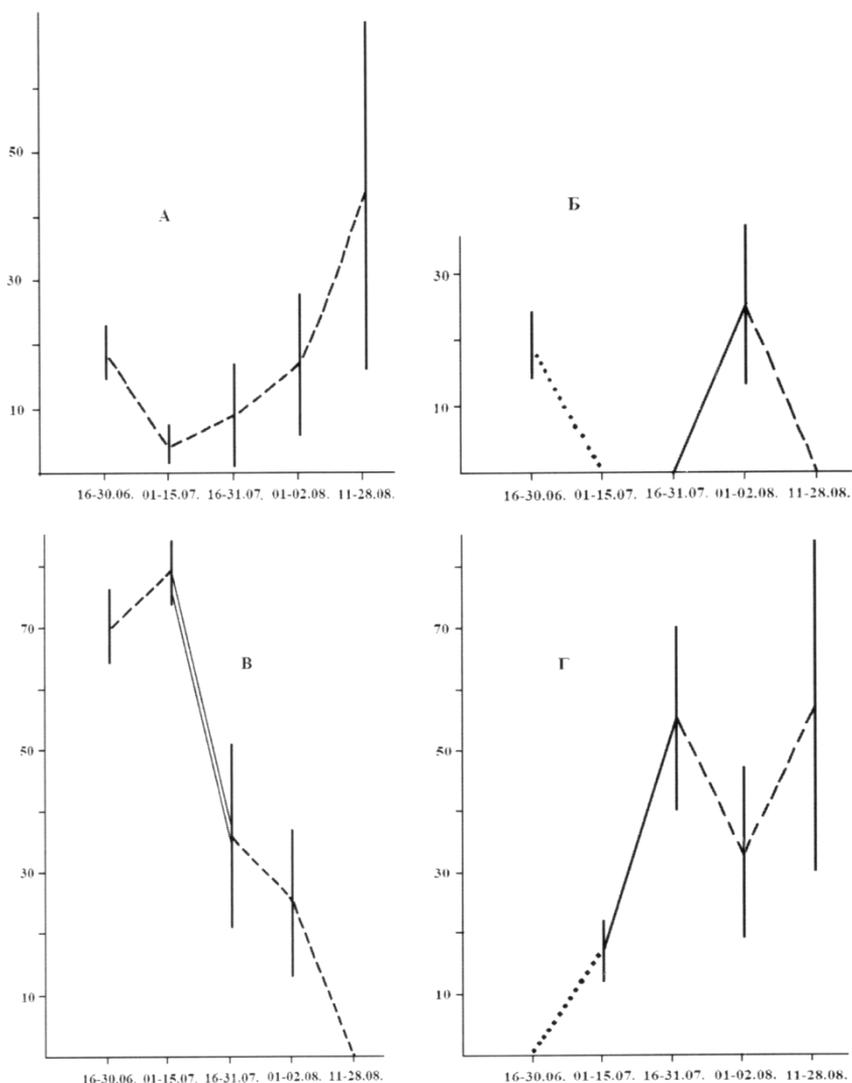


Рис. 6. Динамика относительной численности разных возрастных групп (в процентах от числа всех червей, найденных в указанный период) *Diplozoon scardinii* в течение летнего периода года.

А — дипорпы; Б — черви с неразвитыми гонадами; В — зрелые яйцекладущие особи;
 Г — диплозоиды с редуцированными гонадами.
 Остальные обозначения, как на рис. 3

Результаты расчетов возрастной гетерогенности популяции диплозоид представлены в табл. 2.

Таблица 2

Возрастная гетерогенность популяции *Diplozoon scardinii* с красноперки из оз. Щучье в летний период года

Дата	16-30.06.	1-15.07.	16-31.07.	1-2.08.	11-28.08.
Показатель Δ	1.87	1.54	2.28	3.79	1.96

Наиболее низкие значения показателя возрастной гетерогенности популяции соответствуют тем её состояниям, когда в ней доминирует только одна возрастная группа червей (16.06–15.07). С появлением 2-й доминирующей их группы величины этого показателя возрастают (16.07–31.07) и достигают максимума при наличии в популяции всех возрастных групп спайника (01.08–02.08). В это время все возрастные группы паразита представлены почти одинаково. Далее значение индекса снижается, что обусловлено упрощением возрастной структуры исследуемой популяции. Последнее связано с гибелью червей генерации прошлого года (11.08–28.08). Значение показателя возрастной гетерогенности популяции во 2-й половине августа практически сравнивается с таковым, наблюдаемым во 2-й половине июня.

Заключение. Итак, можно заключить, что на протяжении ряда лет относительная численность диплозид оставалась практически постоянной. Снижение уровня зараженности спайником рыбы отмечено только в 1986 г., что, видимо, связано с аномально низкими летними температурами в этом году.

У *D. scardinii* с красноперки из оз. Щучье имеется только одна генерация особей в год. Диплозиды начинают откладывать яйца в 1-й половине июня. Первые дипорпы появляются в последней декаде июня. Черви генерации этого года достигают половозрелости только на следующий год. Наиболее сложная возрастная структура популяции диплозид этого вида отмечена в начале августа.

Список источников

1. Гнедина М. П., Савина И. В. К фауне паразитических червей рыб бассейна Северной Двины (р. Сухона, р. Юг, р. Вычегда) // Работа 32-й и 38-й союзных гельминтологических экспедиций (на территории Северо-Двинской губернии в 1926 и 1927 годах). Вятка, 1930. С. 87–106.
2. Соловкина Л. Н. О находках серебряного карася [*Carassius auratus gibelio* (Bloch)] и красноперки [*Scardinius erythrophthalmus* (L.)] на Европейском Северо-Востоке СССР // Вопросы ихтиологии. 1969. Т. 9. Вып. 5 (58). С. 945–948.
3. Сидоров Г. П. Состояние и перспективы развития рыбного хозяйства европейского северо-востока // Водоемы бассейнов рек Печоры и Вычегды (современное состояние и перспективы использования). Сыктывкар, 1983. С. 109–121 (Труды Коми филиала АН СССР, № 57).
4. Ивашевский Г. А., Бознак Э. И. Биологические особенности красноперки (*Scardinius erythrophthalmus*) р. Лузы // Актуальные проблемы биологии : программа и тезисы IV молодежной научной конференции. Сыктывкар, 1996. С. 54.
5. Доровских Г. Н., Степанов В. Г. Биологическая база Сыктывкарского государственного университета // Вестник Сыктывкарского университета. Серия 2. Биология, геология, химия, экология. 2020. Вып. 3 (15). С. 6–19.
6. Доровских Г. Н. Биостанция – место, где родился биолог // Вестник Сыктывкарского университета. Серия 2. Биология, геология, химия, экология. 2020. Вып. 3 (15). С. 20–42.
7. Доровских Г. Н., Ошибов В. Л. Паразитофауна красноперки в среднем течении реки Вычегды // Животные — компоненты экосистем Европейского Севера и Урала. Сыктывкар, 1984. С. 16–21.
8. Доровских Г. Н., Бознак Э. И., Степанов В. Г. Биология красноперки в бассейне среднего течения реки Вычегды // Актуальные проблемы химии и биологии Европейского Севера России (Сб. научн. трудов химико-биол. ф-та.). Сыктывкар, 1995. Вып. 4. С. 82–87.
9. Доровских Г. Н., Бознак Э. И., Степанов В. Г. Особенности биологии красноперки *Scardinius erythrophthalmus* (L.) в бассейне реки Вычегды // Биологические ресурсы Белого моря и внутренних водоемов Европейского Севера. Петрозаводск: Изд-во Петрозаводского ун-та, 1995. С. 231–232.
10. Доровских Г. Н., Степанов В. Г. Исследование паразитофауны красноперки озера Щучье (бассейн среднего течения реки Вычегды) в 1981–89 годах // Биологические ресурсы Белого моря и внутренних водоемов Европейского Севера. Сыктывкар, 1990. С. 35.
11. Доровских Г. Н. Распределение паразитов на жабрах красноперки // Паразитология. 1988. Т. 22. Вып. 1. С. 76–83.
12. Доровских Г. Н. Некоторые данные по экологии диплозид (Monogenea, Diplozoidae) — паразитов рыб бассейна среднего течения р. Вычегды // Экология редких, малоизученных и хозяйственно важных животных Европейского Северо-Востока. Сыктывкар, 1989. С. 116–124.

13. Sicard M., Desmarais E., Lambert A. Caractérisation moléculaire des populations de Diplozoidae sur cinq espèces de Cyprinidae: nouvelles données sur la spécificité parasitaire // Comptes Rendus de l'Académie des Sciences. Series III. Sciences de la Vie. 2001. Vol. 324. Iss. 8. Pp. 709–717. doi:10.1016/S0764-4469(01)01352-X.

14. Попова Э. И., Самсонова В. Г. Фауна ручейников поймы Вычегды // Водоемы бассейнов рек Печоры и Вычегды (современное состояние и перспективы использования). Сыктывкар, 1983. С. 95–101 (Труды Коми филиала АН СССР, № 57).

15. Хотеновский И. А. Методика изготовления препаратов из диплозоонов // Зоологический журнал. 1974. Т. 53. Вып. 7. С. 1079–1080.

16. Быховская-Павловская И. Е. Паразиты рыб. Руководство по изучению. Л.: Наука, 1985. 121 с.

17. Зайцев Г. Н. Математическая статистика в экспериментальной ботанике. М.: Наука, 1984. 424 с.

18. Хотеновский И. А. О жизненных циклах некоторых видов моногеней рода *Diplozoon* // Паразитол. сб. 1977. Т. 27. С. 35–43.

19. Быховский Б. Е. Моногенетические сосальщики, их система и филогения. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1957. 509 с.

20. Zeller E. Untersuchungen über die Entwicklung des *Diplozoon paradoxum* // Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie. 1872. Vol. 22. Pp. 168–180.

21. Хотеновский И. А. Подотряд *Octomacrinea* Khotenovsky. Л.: Наука, 1985. 263 с. (Фауна СССР; Н. С., № 132; Моногенеи).

22. Лихарев И. М., Шапиро Я. С. Слизни — вредители сельского хозяйства Нечерноземной зоны. Л.: Наука, 1987. 190 с.

References

1. Gnedina M. P., Savina I. V. To the fauna of parasitic worms of fish of the Northern Dvina basin (Sukhona River, Yug River, Vychegda River). *Rabota 32-j i 38-j soyuznyh gel'mintologicheskikh ekspeditsij (na territorii Severo-Dvinskoj gubernii v 1926 i 1927 godah)* [Work of the 32nd and 38th Allied helminthological expeditions (on the territory of the North Dvina province in 1926 and 1927)]. Vyatka, 1930. Pp. 87–106. (In Russ.)

2. Solovkina L. N. About the finds of the silver carp [*Carassius auratus gibelio* (Bloch)] and rudd [*Scardinius erythrophthalmus* (L.)] in the European Northeast of the USSR. *Voprosy ihtologii* [Questions of ichthyology]. 1969. Vol. 9. Iss. 5 (58). Pp. 945–948. (In Russ.)

3. Sidorov G. P. The state and prospects for the development of fisheries in the European Northeast. *Vodoemy bassejnov rek Pechory i Vychegdy (sovremennoe sostoyanie i perspektivy ispol'zovaniya)* [Reservoirs of the Pechora and Vychegda river basins (current state and prospects of use)]. Syktyvkar, 1983. Pp. 109–121 (*Trudy Komi filiala AN SSSR = Proceedings of the Komi branch of the USSR Academy of Sciences*, № 57). (In Russ.)

4. Ivashevskij G. A., Boznak E. I. Biological features of the rudd (*Scardinius erythrophthalmus*) R. Luza. *Aktual'nye problemy biologii. Programma i tezisy IV molodezhnoj nauchnoj konferencii* [Actual problems of biology. Program and abstracts of the IV Youth Scientific Conference]. Syktyvkar, 1996. P. 54. (In Russ.)

5. Dorovskih G. N., Stepanov V. G. Biological base of Syktyvkar State University. *Vestnik Syktyvkar'skogo universiteta. Seriya 2. Biologiya, geologiya, himiya, ekologiya* [Syktyvkar University Bulletin. Series 2. Biology, geology, chemistry, ecology]. 2020. Iss. 3 (15). Pp. 6–19. (In Russ.)

6. Dorovskih G. N. The biostation is the place where the biologist was born. *Vestnik Syktyvkar'skogo universiteta. Seriya 2. Biologiya, geologiya, himiya, ekologiya* [Syktyvkar University Bulletin. Series 2. Biology, geology, chemistry, ecology]. 2020. Iss. 3 (15). Pp. 20–42. (In Russ.)

7. Dorovskih G. N., Oshibov V. L. [arasitofauna of the rudd in the middle reaches of the Vychegda River. *ZHivotnye — komponenty ekosistem Evropejskogo Severa i Urala* [Animals — components of ecosystems of the European North and the Urals]. Syktyvkar, 1984. Pp. 16–21. (In Russ.)

8. Dorovskih G. N., Boznak E. I., Stepanov V. G. Biology of the rudd in the basin of the middle course of the Vychegda 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 works of chemico-biol. f-that.)]. Syktyvkar, 1995. Iss. 4. Pp. 82–87. (In Russ.)

9. Dorovskih G. N., Boznak E. I., Stepanov V. G. Features of the biology of the rudd *Scardinius erythrophthalmus* (L.) in the basin of the Vychegda river. *Biologicheskie resursy Belogo morya i vnutrennih vodoemov Evropejskogo Severa* [Biological resources of the White Sea and inland waters of the European North]. Petrozavodsk: Publishing house of Petrozavodsk University, 1995. Pp. 231–232. (In Russ.)

10. Dorovskih G. N., Stepanov V. G. A study of the parasitofauna of the rudd of Lake Shchuchye (basin of the middle course of the Vychegda River) in 1981–89. *Biologicheskie resursy Belogo morya i vnutrennih vodoemov Evropejskogo severa* [Biological resources of the White Sea and inland reservoirs of the European North]. Syktyvkar, 1990. P. 35. (In Russ.)
11. Dorovskih G. N. Distribution of parasites on rudd's gills. *Parazitologiya* [Parasitology]. 1988. Vol. 22. Iss. 1. Pp. 76–83. (In Russ.)
12. Dorovskih G. N. Some data on the ecology of diplozoids (Monogenea, Diplozoidae) — parasites of fish in the basin of the middle reaches of the Vychegda River. *Ekologiya redkih, maloizuchennyh i hozyajstvenno-vaznyh zhyvotnyh Evropejskogo severo-vostoka* [Ecology of rare, poorly studied and economically important animals of the European Northeast]. Syktyvkar, 1989. Pp. 116–124. (In Russ.)
13. Sicard M., Desmarais E., Lambert A. Caractérisation moléculaire des populations de Diplozoidae sur cinq espèces de Cyprinidae: nouvelles données sur la spécificité parasitaire. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences. Series III. Sciences de la Vie*. 2001. Vol. 324. Iss. 8. Pp. 709–717. doi:10.1016/S0764-4469(01)01352-X.
14. Popova E. I., Samsonova V. G. Fauna of brooks of the Vychegda floodplain. *Vodoemy bassejnov rek Pechory i Vychegdy (sovremennoe sostoyanie i perspektivy ispol'zovaniya)* [Reservoirs of the Pechora and Vychegda river basins (current state and prospects of use)]. Syktyvkar, 1983. Pp. 95–101 (*Trudy Komi filiala AN SSSR, № 57 = Proceedings of the Komi Branch of the USSR Academy of Sciences, No. 57*). (In Russ.)
15. Hotenovskij I. A. The method of manufacturing preparations from diplozones. *Zoologicheskij zhurnal* [Zoological Journal]. 1974. Vol. 53. Iss. 7. Pp. 1079–1080. (In Russ.)
16. Bykhovskaya-Pavlovskaya I. E. *Parazity ryb. Rukovodstvo po izucheniyu* [Parasites of fish. Study Guide]. Leningrad: Nauka, 1985. 122 p. (In Russ.)
17. Zaitsev G. N. *Matematicheskaya statistika v eksperimental'noj botanike* [Mathematical statistics in experimental botany]. Moscow: Nauka, 1984. 424 p. (In Russ.)
18. Hotenovskij I. A. About the life cycles of some species of monogenes of the genus Diplozoon. *Parazitologicheskij sbornik* [Parasitological collection]. 1977. Vol. 27. Pp. 35–43. (In Russ.)
19. Byhovskij B. E. *Monogeneticheskie sosal'shchiki, ih sistema i filogeniya* [Monogenetic flukes, their system and phylogeny]. Moscow; Leningrad: Publishing House of the USSR Academy of Sciences, 1957. 509 p. (In Russ.)
20. Zeller E. Untersuchungen über die Entwicklung des Diplozoon paradoxum. *Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie*. 1872. Vol. 22. Pp. 168–180.
21. Hotenovskij I. A. *Podotryad Octomacrinea Khotenovsky* [Suborder Octomacrinea Khotenovsky]. Leningrad: Nauka, 1985. 263 p. (Fauna of the USSR; N. S., No. 132; Monogenea). (In Russ.)
22. Liharev I. M., SHapiro YA. S. *Slizni — vrediteli sel'skogo hozyajstva Nechernozemnoj zony* [Slugs are pests of agriculture in the Non-Chernozem zone]. Leningrad: Nauka, 1987. 190 p. (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	15.03.2024
Одобрена после рецензирования / Approved after reviewing	09.04.2024
Принята к публикации / Accepted for publication	12.04.2024

Научная статья / Article

УДК 620.91

<https://doi.org/10.34130/2306-6229-2024-2-45>

**Экологический аспект производства «зеленого» водорода
на территории Туркменистана**

Аганияз Ягшиевич Джумаев

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

Аннотация. В статье предлагается разработанный в Государственном энергетическом институте пилотный проект получения водорода на территории Туркменистана. Электрическая энергия, вырабатываемая фотоэлектрической солнечной станцией, необходима для производства «зеленого» водорода. В работе выполнено моделирование объекта, состоящего из источника электроэнергии — фотоэлектрической солнечной станции установленной мощности 100 МВт, системы получения водорода — электролизера мощностью 50 МВт, системы опреснения воды — установки обратного осмоса с производительностью 80 тонн воды в сутки.

Ключевые слова: фотоэлектрическая солнечная станция, электролизер, водородная энергия, установка обратного осмоса, газотурбинная электростанция

Для цитирования: Джумаев А. Я. Экологический аспект производства «зеленого» водорода на территории Туркменистана // Вестник Сыктывкарского государственного университета. Серия 2: Естественные науки. Медицина. 2024. № 2 (30). С. 45–51. <https://doi.org/10.34130/2306-6229-2024-2-45>

**The ecological aspect of the production “green” hydrogen
in the territory of Turkmenistan**

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. The article recommends the production of the “green” hydrogen at the territory of Turkmenistan. The electrical energy required for the production of “green” hydrogen is generated by a photovoltaic solar station. Current work presents a modelling project, which consists of electric power source — photovoltaic solar station (PVS) with a capacity of 100 MW, system of generation of hydrogen (electrolyzer with a capacity 50 MW) and the system of freshening — installation of the reverse osmosis with an output of 80 tons water a day.

Keywords: photovoltaic solar station, electrolyser, hydrogen energy, a reverse osmosis unit, gas turbine power plants

For citation: Jumayev A. Y. The ecological aspect of the production “green” hydrogen in the territory of Turkmenistan. *Vestnik Syktyvkarского университета. Seriya 2: Estestvoznaniye. Medicina = Syktyvkar University Bulletin. Series 2: Natural Science. Medicine.* 2024. 2 (30): 45–51. (In Russ.) <https://doi.org/10.34130/2306-6229-2024-2-45>

Введение. Проблемы экологии по снижению вредных выбросов в атмосферу является важной задачей для всех стран мира. Разработка мер по снижению выбросов CO₂ в Туркменистане будут реализованы согласно утвержденными Постановлением Президента Туркменистана Национальной стратегии Туркменистана по изменению климата [1], Национальной стратегии по развитию возобновляемой энергетики до 2030 г. [2] и закона Туркменистана «О возобновляемых источниках энергии» [3]. Национальные стратегии, отражая главные усилия по снижению выбросов CO₂, направлены в основном на сокращение выбросов в энергетическом секторе. Производство электроэнергии является основным потребителем природного газа в промышленности, и на его долю приходится 87 % промышленного потребления газа в Туркменистане. С учетом климатических условий нашей страны перспективным направлением является использование экологически чистой, возобновляемой энергии — солнечной и ветровой. Туркменистан также ратифицировал Парижское соглашение по климату в 2021 г. и принял национально-определенный вклад (NDC), в котором обязался сократить выбросы парниковых газов на 20 % к 2030 г. по сравнению с базовым уровнем 2010 г. Возобновляемая энергия играет важную роль в достижении этой цели, а также в повышении качества жизни населения и устойчивого развития страны.

Одно из предполагаемых решений проблемы по снижению вредных выбросов в атмосферу является развитие водородной энергетики и перевод электроэнергетического сектора на водородное и метано-водородное топливо. Электроэнергетический сектор Туркменистана является одной из базовых отраслей экономики, от уровня её развития зависит реализация национальных планов по ускорению социально-экономического развития и обеспечение энергетической безопасности страны. Вместе с тем интенсивный рост производства электроэнергии способствует увеличению выбросов парниковых газов.

Природно-климатические условия Туркменистана исключительно благоприятны для широкого использования возобновляемых источников энергии, таких как солнечная, ветровая, геотермальная энергия и энергия биомассы, при производстве электроэнергии, топлива растительного происхождения, тепла и холода.

С целью увеличения роли возобновляемых источников энергии в энергобалансе страны и развития возобновляемой энергетики будут реализованы следующие меры:

- дальнейшая поддержка научно-исследовательских разработок и испытаний технологий возобновляемой и альтернативной энергетики, а также их адаптация к климатическим условиям Туркменистана;
- в краткосрочной перспективе внедрение малых и средних установок возобновляемой энергетики в отдаленных и малонаселенных районах;
- в средне- и долгосрочной перспективе внедрение собственных производственных мощностей и увеличение доли возобновляемой энергетики в энергетическом балансе страны;
- создание экономических стимулов для использования возобновляемых источников энергии.

По предварительным оценкам, существенного увеличения темпов выбросов, особенно до 2030 г., не наблюдается, при этом более быстрый рост энергоэффективности способствует снижению выбросов парниковых газов. Удельные выбросы парниковых газов на единицу ВВП также снижаются.

Планы развития экономики обеспечивают устойчивый среднегодовой ее рост на период до 2030 г. Вместе с тем в этот период темпы роста выбросов парниковых газов будут значительно отставать от темпов роста ВВП. В связи с этим показатели карбон-ёмкости экономики страны, а также интенсивность выбросов парниковых газов будут снижаться.

Устойчивое, низкоуглеродное и возобновляемое производство водорода было предложено в качестве одного из возможных способов минимизации изменения климата. Разработка устойчивых низкоуглеродных водородных проектов может способствовать по-

вышению темпов декарбонизации в отраслях, где сложно добиться сокращения объема выбросов, таких как металлургия, цементная промышленность или производство удобрений [4].

Постановлением Президента Туркменистана от 28 января 2022 г. была принята Дорожная карта по развитию международного сотрудничества Туркменистана в области водородной энергии 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 [5].

Методы исследования, теоретическая база. Задачи, поставленные перед исполнителями пилотного проекта:

- проанализировать современное состояние и перспективы развития водородной энергетики;
- рассмотреть возможность реализации пилотного проекта по производству водорода на территории Туркменистана;
- выбрать подходящее место для строительства объекта; предусмотреть использование возобновляемых источников для снабжения потребителей объекта электроэнергией;
- изучить существующие методы получения водорода с целью выбора подходящего для использования на территории Туркменистана;
- рассчитать объемы электроэнергии, вырабатываемой выбранным источником и потребляемой элементами системы получения водорода;
- определить стоимость реализации пилотного проекта и срок его окупаемости.

Туркменистан обладает большим потенциалом развития водородной энергетики. В пилотном проекте рассматривается строительство двух фотоэлектрических солнечных станций (ФСС) мощностью 100 МВт каждая в Марыйском и Лебапском велаятах в населенных пунктах Серхетабат и Керки. Они могут стать источниками энергии для производства «зеленого» водорода. Если использовать электролизеры для этой цели совместно с ФСС, то нет необходимости в применении специального оборудования как для преобразования вырабатываемого тока (генераторы, инверторы), так и для синхронизации с общей электросистемой. Сырьем для получения водорода с помощью электролизерной установки, помимо электрической энергии, является вода. Эффективность и надежность работы электролизера напрямую зависит от степени ее очистки. В технологическом процессе получения водорода возможно использование непресной воды, для чего необходимо использовать опреснительные установки. Это может повысить стоимость производства водорода. В среднем влияние мероприятий по подготовке воды оцениваются в размере 1 доллар США/м³ или около 0.01 доллар США/кг водорода. Процесс электролиза в идеальном случае для получения 1 кг водорода требует 9 кг воды.

Методы, используемые в проекте. Для достижения поставленных целей использовался метод расчета объема электроэнергии, вырабатываемой источником, а также метод определения стоимости реализации пилотного проекта и окупаемости по данным из открытых источников. В работе выполнено моделирование объекта, состоящего из источника электроэнергии — фотоэлектрической солнечной станции установленной мощностью 100 МВт, системы получения водорода — электролизера мощностью 50 МВт, системы опреснения воды — установки обратного осмоса с производительностью 80 тонн воды в сутки. Были анализированы электролизеры различных типов.

Результаты и обсуждение. Определены баланс энергии, вырабатываемой и потребляемой элементами системы получения водорода (рис. 1).

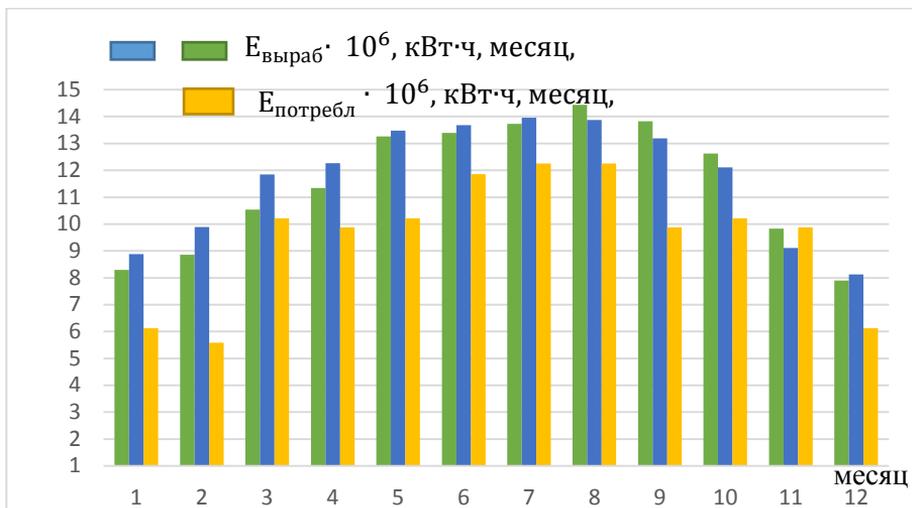


Рис. 1. Вырабатываемая электрическая энергия ФСС и потребляемая энергия электролизера

В табл. 1 и 2 приведены технические характеристики основного базового блока и ФСС мощностью 100 МВт.

Таблица 1

Технические характеристики основного базового блока

1	Мощность ФСС	2745x2=5490.0 кВт
2	Мощность фотоэлектрического модуля	380 Вт
3	Количество фотоэлектрических модулей	7224x2=14448
4	Количество фотоэлектрических модулей, соединенных последовательно в ряду	28
5	Количество рядов	258x2=516
6	Площадь фотоэлектрических модулей	28578 м ²
7	Количество инверторов	2
8	Номинальная мощность инвертора	2841 кВА

Таблица 2

Технические характеристики ФСС мощностью 100 МВт

1	Мощность ФСС	100 МВт
2	Количество основных базовых блоков	18
3	Мощность основного базового блока ФСС	5490 кВт
4	Мощность фотоэлектрического модуля	380 Вт
5	Количество фотоэлектрических модулей	260064
6	Количество фотоэлектрических модулей, соединенных последовательно в ряду	28
7	Количество рядов	9288
8	Площадь фотоэлектрических модулей	514406 м ²
9	Количество инверторов	36
10	Выработка электроэнергии за год	138.538·10 ⁶ кВт·ч

В пилотном проекте рассматривается строительство двух фотоэлектрических солнечных станций (ФСС) установленными мощностями 100 МВт каждая в Марыйском и Лебапском велаятах в населенных пунктах Серхетабат и Керки. Основные результаты осуществления пилотного проекта приведены в табл. 3.

Основные результаты пилотного проекта

Технические параметры и информация	Значение и единица измерения
Населенный пункт, координаты	Атамурат (Керки): с. ш 37.8 ⁰ ; в. д. 65.2 ⁰
	Серхетабат (Кушки): с. ш 35.2 ⁰ ; в. д. 62.4 ⁰
Количество суммарной солнечной энергии, поступающей на поверхность солнечной панели, расположенной на населенном пункте под углом наклона $\beta=36^0$ южной ориентации	Атамурат (Керки): 1919,328 кВт·ч/м ² год
	Серхетабат (Кушки): 1892.972 кВт·ч/м ² год
Выработка электрической энергии ФСС за год	Атамурат (Керки): 140 467·10 ⁶ кВт·ч
	Серхетабат (Кушки): 138.538 10 ⁶ кВт·ч
Производство водорода	2344.45 т
Потребление энергии при производстве водорода	114.443·10 ⁶ кВт·ч
Потребление воды при производстве водорода	21104.550 т

Показано [6], что 20 %-ная смесь водорода с природным газом обеспечивает сокращения выбросов CO₂ примерно на 7 % по сравнению с чистым природным газом. В нашем проекте предлагается произведенный «зеленый» водород использовать в действующих газотурбинных электрических станциях. Добавление 20 % водорода в природный газ, используемый в газотурбинных электрических станциях (ГТЭС), позволяет значительно сократить выбросы CO₂ в окружающую среду (рис. 2, 3).

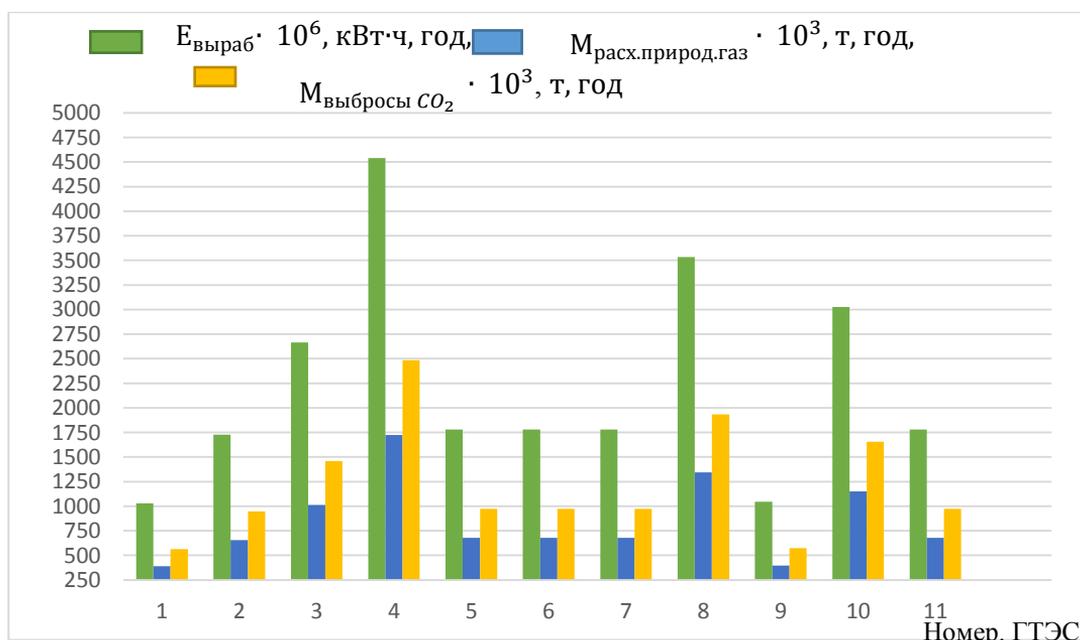


Рис. 2. Вырабатываемая электрическая энергия в ГТЭС, расход природного газа и выбросы CO₂

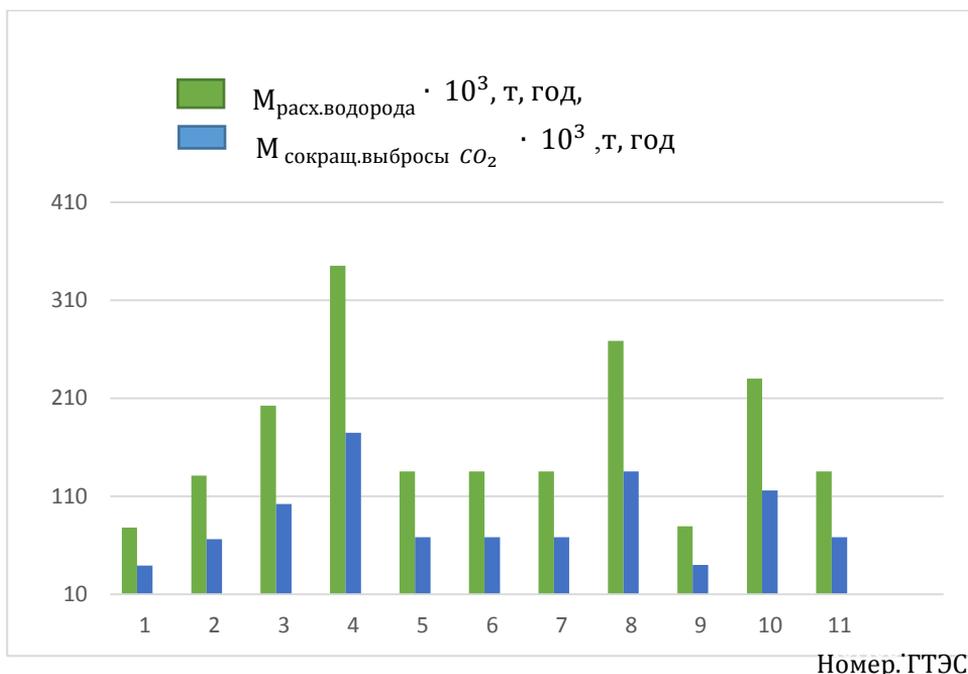


Рис. 3. Расход водорода в ГТЭС и сокращение выбросов CO₂

Заключение. В рассматриваемом пилотном проекте предполагается строительство двух фотоэлектрических солнечных станций (ФСС) мощностью 100 МВт каждая в Марыйском и Лебапском велаятах в населенных пунктах Серхетабат и Керки. Реализация проекта позволяет производить в течение года 2344.45 т «зеленого» водорода. Добавление 20 % водорода в природный газ, используемый в газотурбинных электрических станциях, позволяет значительно сократить выбросы CO₂ в окружающую среду.

Список источников

1. Türkmenistanyň Prezidentiniň Karary bilen tassyklanan “Howanyň üýtgemegi barada Türkmenistanyň Milli strategiýasy (rejelen görnüşi). Aşgabat, 2019ý. Türkmenistanyň Prezidentiniň 2019-njy ýulyň 23-nji sentýabrynda çykanan 1415-nji Karary bilen tassyklandy.
2. Türkmenistanyň Prezidentiniň Karary bilen tassyklanan «Türkmenistanda 2030-njy ýyla çenli gaýtadan dikeldilýän energetikany ösdürmek boýunça Milli Strategiýa. Aşgabat, 2020ý. Türkmenistanyň Prezidentiniň 2020-nji ýulyň 04-nji dekabrynda çykanan 2007-nji Karary bilen tassyklandy.
3. Gaýtadan dikeldilýän energiýa çeşmeleri hakynda Türkmenistanyň Kanuny. Aşgabat şäheri. 2021-nji ýulyň 13-nji marty.
4. Экономический и социальный совет. ООН. ECE/Energy/2022/8. Distr.: General 13 July 2022, Russian Original: English.
5. “Türkmenistanyň wodorod energiýasy babatda halkara hyzmatdaşlygy ösdürmek boýunça 2022-2023-nji ýyllar üçin ÝOL KARTASY”. Türkmenistanyň Prezidentiniň 2022-nji ýulyň 28-nji ýanwarynda çykanan 2581-nji Karary bilen tassyklanyldy.
6. Завершен крупнейший проект по использованию водородного топлива. Издательский Дом “Газотурбинные технологии”, 2022.

References

1. Türkmenistanyň Prezidentiniň Karary bilen tassyklanan “Howanyň üýtgemegi barada Türkmenistanyň Milli strategiýasy (rejelen görnüşi). Aşgabat, 2019ý. Türkmenistanyň Prezidentiniň 2019-njy ýulyň 23-nji sentýabrynda çykanan 1415-nji Karary bilen tassyklandy [The National Strategy of Turkmenistan on Climate Change (revised version), approved by the Decree of the President of Turkmenistan. Ashgabat,

2019. Approved by the Resolution of the President of Turkmenistan dated September 23, 2019 No. 1415]. (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 çykaran 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. *Gaýtadan dikeldilýän energiýa çeşmeleri hakynda Türkmenistanyň Kanuny. Aşgabat şäheri. 2021-nji ýylyň 13-nji marty* [Law of Turkmenistan on Renewable Energy Sources. Ashgabat. March 13, 2021]. (In Turkmen)

4. *Ekonomicheskij i sosialnyy sovet. OON. ECE/Energy/2022/8. Distr.: General 13 July 2022, Russian Original: English.*

5. *"Türkmenistanyň wodorod energiýasy babatda halkara hyzmatdaşlygy ösdürmek boýunça 2022-2023-nji ýyllar üçin ÝOL KARTASY". Türkmenistanyň Prezidentiniň 2022-nji ýylyň 28-nji ýanwarynda çykaran 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)

6. *Zavershen krupneyshiy proyekt po ispolzovaniya wodorodnogo topliva* [The largest project on the use of hydrogen fuel has been completed]. Izdatelskiy dom. "Gazoturbinnyye tehnologii". 2022. (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

Jumayev Aganiyaz Yagshiyevich, 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
Одобрена после рецензирования / Approved after reviewing
Принята к публикации / Accepted for publication

23.02.2024
09.04.2024
12.04.2024

Научная статья / Article

УДК 620.91

<https://doi.org/10.34130/2306-6229-2024-2-51>

Особенности проектирования ветроэлектрической станции мощностью 1.5 МВт

**Нурмухаммет Аганазарович Алланазаров¹, Алтымырат Мередович Агаджанов²,
Нартач Джумамухамедовна Атаева³**

^{1, 2, 3} Государственный энергетический институт Туркменистана, Мары, Туркменистан,
nurysh90@bk.ru

Аннотация. Установлено, что Гарабогазский, Балканабадский, Огрыдженский, Дузлыбогазский районы относятся к регионам самой высокой среднегодовой скорости ветра. Самое высокое среднегодовое значение скорости ветра по стране было зафиксировано в г. Гарабогаз Балканского веляята. Сопоставлены среднегодовые значения скорости ветра по г. Гарабогаз. В рамках проекта

проведена аналитическая работа по определению направления и повторяемости скорости ветра. С учетом ветровых ресурсов г. Гарабогаз в ходе исследования установлено, что ветроэлектростанция «LTW90 1500KW» вырабатывает 6707455 кВт·ч (6707.5 МВт·ч) электроэнергии в год. Предлагается подключить ветроэлектростанцию мощностью 1.5 МВт к центральной системе электроснабжения и использовать ее в сетевом режиме.

Ключевые слова: мощность, возобновляемые источники энергии, ветроэлектростанции, скорости ветра, программное обеспечение, потенциал, повторяемость скоростей ветра

Для цитирования: Алланазаров Н. А., Агаджанов А. М., Атаева Н. Д. Особенности проектирования ветроэлектрической станции мощностью 1.5 МВт // Вестник Сыктывкарского государственного университета. Серия 2: Естествознание. Медицина. 2024. № 2 (30). С. 51–58. <https://doi.org/10.34130/2306-6229-2024-2-51>

Design features of a 1.5 MW wind farm

Nurmuhammet A. Allanazarov¹, Altymyrat M. Agajanov², Nartach J. Atayeva³

^{1, 2, 3}State Energy Institute of Turkmenistan, Mary, Turkmenistan,
nurysh90@bk.ru

Abstract. It has been established that Garabogaz, Balkanabad, Ogyrdzhyn, Duzlybogaz districts belong to the regions with the highest average annual wind speed. The highest annual average wind speed in the country was recorded in Garabogaz, Balkan province. The average annual values of wind speed in Garabogaz are compared. As part of the project, analytical work was carried out to determine the direction and repeatability of wind speed. Taking into account the wind resources of Garabogaz during the study it was found that the LTW90 1500KW wind farm generates 6707455 kWh (6707.5 MWh) of electricity per year. It is proposed to connect a 1.5 MW wind farm to the central power supply system and use it in a grid mode.

Keywords: power, renewable energy sources, wind power plants, wind speeds, software, potential, repeatability of wind speeds

For citation: Allanazarov N. A., Agajanov A. M., Atayeva N. D. Design features of a 1.5 MW wind farm. Vestnik Syktyvkarskogo universiteta. Seriya 2: Estestvoznaniye. Medicina = Syktyvkar University Bulletin. Series 2: Natural Science. Medici cine. 2024. 2 (30): 51–58. (In Russ.) <https://doi.org/10.34130/2306-6229-2024-2-51>

Введение. Защита окружающей среды, забота о природе, сохранение ее красоты и богатства для будущих поколений являются одной из главных задач. Соответственно, предполагается обеспечить высокие темпы роста экономики и создать благоприятные условия для туркменского народа за счет эффективного и рационального использования природных ресурсов.

Одним из основных видов альтернативных источников энергии является энергия ветра. По оценкам мировых ученых, общий потенциальный объем ветроэнергетических ресурсов различается по своей эффективности в разных климатических зонах. В зависимости от условий размещения ветроэнергетической установки бесперебойное снабжение ветроэнергетическими ресурсами станции определяют путем измерения скорости ветрового потока. Это позволяет существенно увеличить количество вырабатываемой энергии при незначительном увеличении средней скорости ветрового потока. Именно этот показатель (средняя скорость ветра) оказывает наибольшее влияние на финансово-экономическую эффективность проекта.

Считается, что 40 % территории Туркменистана удобно для использования энергии ветра. Ее более выгодно использовать в северно-западных районах страны, так как в этих районах на протяжении всего года скорость ветра выше 4 м/с. На северных берегах Каспийского моря удельная мощность потока воздуха имеет высокие показатели и

составляет 110–135 Вт/м². Потенциал ветра считается высоким на Балканском и Копетдагском направлениях, где его значения выше 150 Вт/м². На северных границах центральных областей удельная мощность ветра не выше 100 Вт/м². Ветроэнергетический потенциал этих районов равен 5.5 млрд т. условного топлива [1].

В целях обеспечения устойчивого развития отраслей экономики Туркменистана развитие альтернативной энергетики позволит не только диверсифицировать топливно-энергетические ресурсы, но и сократить выбросы углекислого газа в окружающую среду и дать мощный стимул для внедрения передовых инновационных технологий в промышленных секторах. С целью использования в отраслях экономики Туркменистана ветроэнергетических установок (ВИЭ), внедрения инновационных технологий, в которых используются энергосберегающее оборудование и материалы, Постановлением № 340 Президента от 15 сентября 2017 г. утверждена «Концепция развития системы цифрового образования в Туркменистане» и Постановлением № 984 Президента Туркменистана от 30 ноября 2018 г. утверждена «Концепция развития цифровой экономики в Туркменистане на 2019–2025 годы». Наряду с такими мероприятиями, как рациональное использование энергоресурсов, использование ВИЭ, а также охрана окружающей среды, Постановлением № 674 Президента Туркменистана от 21 февраля 2021 г. утверждена «Государственная программа по энергосбережению на 2018–2024 годы». В Программу включены следующие мероприятия: разработка предложений по выбору местоположения ветровых энергетических устройств на территории Туркменистана и разработка солнечных и ветряных кадастров, а также оценка ветровых энергоресурсов на период 2018–2021 гг. [2]. Кроме этого, Постановлением № 1207 Президента Туркменистана от 12 апреля 2019 г. утверждена «Концепция развития региона Туркменского озера Алтын-Асыр на 2019–2025 годы». В первой стадии (первая стадия 2019–2022 г.; вторая стадия — 2022–2025 гг.) концепции с целью защиты окружающей среды и внедрения экологических «зеленых» технологий планируется строительство солнечной и ветряной комбинированной электростанции мощностью 10 МВт [3].

При выборе района монтажа ВЭУ необходимо иметь в виду то, что их ротор начинает вращаться при скорости ветра не менее 3 м/сек., номинальную мощность ВЭУ выдает при скорости ветра 10 м/с., а для эффективной работы ВЭУ-3 желательно, чтобы среднегодовая скорость ветра была не менее 6–7 м/с.

Инструкции по выбору места установки ВЭУ:

- определить розу ветров в данной местности, направление преимущественного ветра по силе и по времени;
- определить место установки ВЭУ так, чтобы со стороны набегающего ветрового потока (направления преимущественного ветра) на ВЭУ отсутствовали препятствия в виде строений, деревьев и прочего на расстоянии не менее двойной высоты указанных препятствий. В случае если наличие препятствий избежать невозможно, высоту мачты ВЭУ необходимо выбрать такой, чтобы нижние кромки лопастей ротора были на 3–5 м выше этих препятствий;
- расстояние от поверхности земли до нижней вращающейся части ВЭУ не должно быть меньше 5 м;
- мачта ВЭУ должна быть огорожена изгородью высотой не менее 2.5 м для создания зоны отчуждения. Радиус изгороди должен быть на 5 м больше радиуса ротора, размещенного на мачте;
- в случае установки нескольких ВЭУ на ограниченной территории расстояние между осями ВЭУ рекомендуется не менее 10 диаметров их роторов, если они установлены не по фронту к преимущественному ветру, и на расстоянии двух диаметров, если ВЭУ установлены по фронту к ветровому потоку. Если ВЭУ в ветропарке расположены на разной высоте, решение принимается в каждом случае индивидуально.

Результаты и обсуждение. В работе проведена оценка ветроэнергетических ресурсов страны и определены наиболее подходящие места для строительства ветроэлектростанций.

При выполнении расчетов использовали программное обеспечение «Интернет-портал по возобновляемым источникам энергии» (GDEÇIP) [4; 5], а также «Цифровая система для разработки ветроэнергетического кадастра» (ÝEKITSU) [6], «Цифровая система проектирования ветроэлектрической станций» (ÝESTSU) [7], разработанные в научно-производственном центре «Возобновляемые источники энергии» Государственного энергетического института Туркменистана. Установлено, что Гарабогазский, Балканабадский, Огрыджынский, Дузлыбогазский районы относятся к регионам с самой высокой среднегодовой скоростью ветра. Это доказывает наличие благоприятного потенциала для строительства ветроэлектростанций в соответствующих районах (рис. 1).

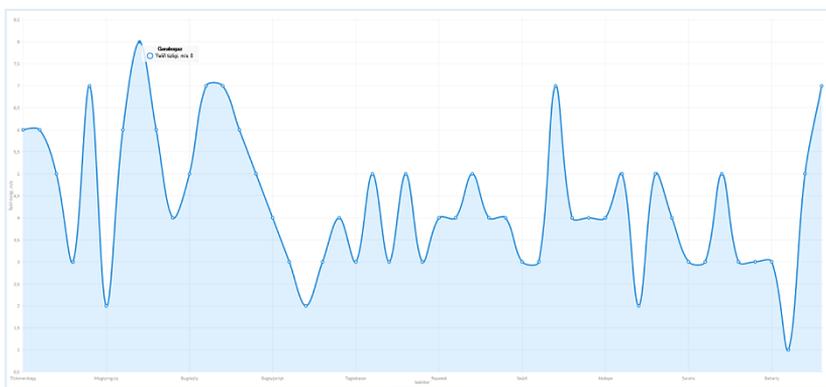


Рис. 1. Средние значения скорости ветра по регионам Туркменистана (ÝESTSU)

Как видно из этого графика (рис. 1), самое высокое среднегодовое значение скорости ветра по стране зафиксировано в г. Гарабогаз Балканского веляята. Поэтому решено установить ветряные электростанции именно там.

Были сопоставлены среднегодовые значения скорости ветра по г. Гарабогаз и построен сравнительный график изменения скорости ветра по месяцам (рис. 2).

В рамках проекта проведена аналитическая работа по определению направления и повторяемости скорости ветра. В результате определены значения направлений ветра для г. Гарабогаз (рис. 3).

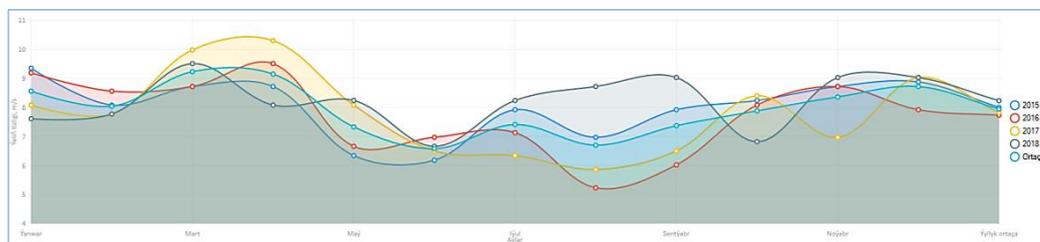


Рис. 2. График сравнения средних значений скорости ветра на высоте 100 м в г. Гарабогаз Балканского веляята (ÝEKITSU)

Повторяемость скоростей ветра считается одной из важнейших кадастровых характеристик. С помощью этой характеристики определяют энергетическую ценность ветра и находят основные энергетические показатели, определяющие целесообразность и эффективность использования энергии ветра.

В работе были использованы технические характеристики ветроэнергетической установки «LTW90 1500KW» производства компании «LEITWIND» (табл.) и выполнены расчеты параметров ветроэнергетической установки [8].

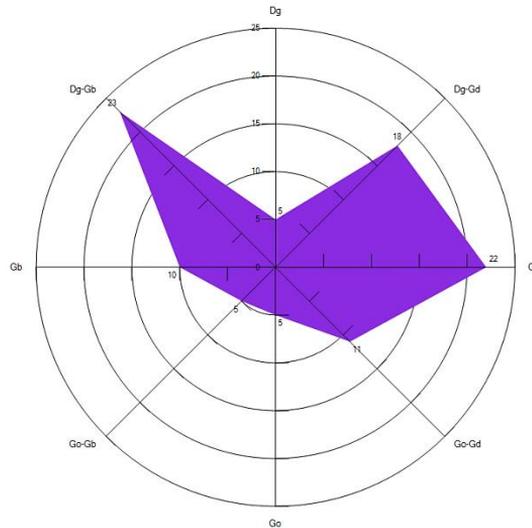


Рис. 3. Роза ветров в г. Гарабогаз Балканского веляята (GDEÇIP)

С учетом ветровых ресурсов г. Гарабогаз в исследовании было установлено, что ветроэлектростанция «LTW90 1500KW» вырабатывает 6707455 кВт·ч (6707.5 МВт·ч) электроэнергии в год. Получены показатели выработки электроэнергии по месяцам (рис. 4, 5).

Таблица

Технические характеристики ветроэлектростанции LTW90 1500KW

<i>Показатель</i>	<i>Значение показателя</i>
Номинальная мощность ветряной турбины	1.5 МВт
Высота мачты	97.5 м
Минимальная и максимальная допустимая скорость ветра	3 м/с, 25 м/с
Номинальная скорость ветра	10 м/с
Срок службы	20 год
Диаметр ротора	90 м
Подметаемая площадь	6.404 м ²
Материал лопастей	Армированное стекловолокно/эпоксидная смола
Диапазон вращения ротора	6–18 об./мин.
Номинальная частота вращения ротора	15 об./мин.
Тип генератора	Синхронная машина с постоянным магнитом и прямым приводом
Тип преобразователя	4Q полной мощности - 3-фазный IGBT
Номинальное напряжение и частота преобразователя (со стороны сети)	690 В ± 10 %, 50-60 Гц ± 5 %
Охлаждение	Ротор с воздушным охлаждением и статор с водяным охлаждением
Дистанционное управление	Leitwind - SCADA
Коэффициент производительности (P90)	32.5 %

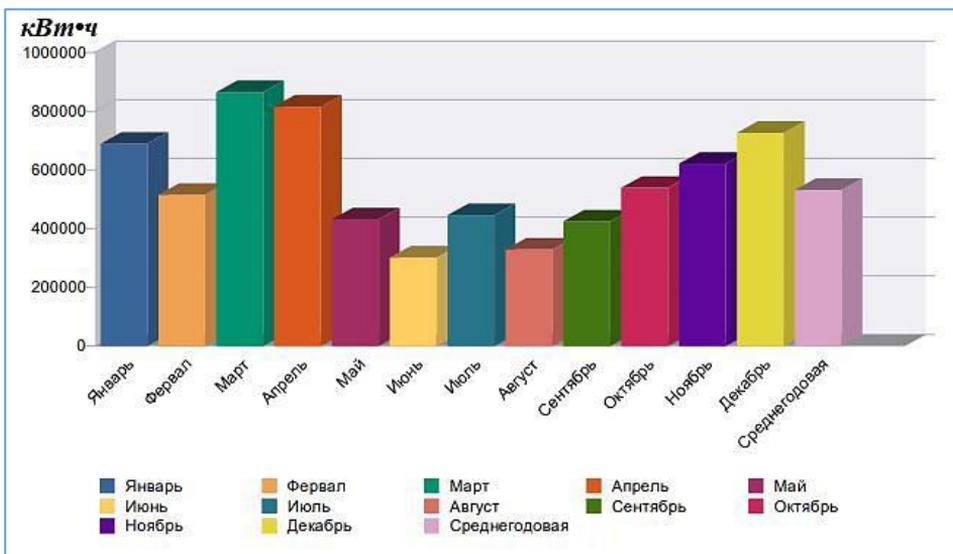


Рис. 4. Производительность ветроэлектростанции «LTW90 1500KW» (YEYSU)

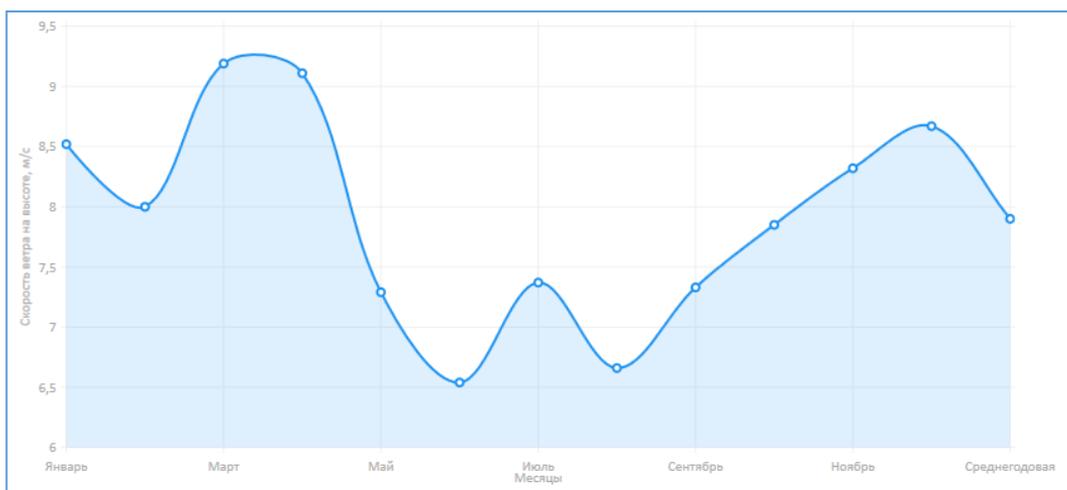


Рис. 5. Изменение средней скорости ветра на высоте мачты ветряной электростанции «LTW90 1500KW» (YEYSU)

В работе предлагается подключить ветроэлектростанцию мощностью 1.5 МВт к центральной системе электроснабжения и использовать ее в сетевом режиме. На рис. 6 представлена схема подключения ветроэлектростанции мощностью 1.5 МВт к центральной электросети.

Заключение. Проведена оценка силы ветра в районах Балканского вейлата, определены регионы с наибольшей среднегодовой скоростью ветра. Проведено сравнение средних значений скорости ветра для г. Гарабогаз, построены графики направлений ветра. Определены средние значения скорости ветра на высоте мачты ветряной электростанции «LTW90 1500KW» в г. Гарабогаз. Установлено, что ветроэлектростанция мощностью 1.5 МВт производит 6707455 кВт·ч (6707.5 МВт·ч) электроэнергии в год. Ветряная электростанция мощностью 1.5 МВт была подключена к

центральной сети электроснабжения. Получены данные по подключению ветроэлектростанции мощностью 1.5 МВт к центральной электросети.

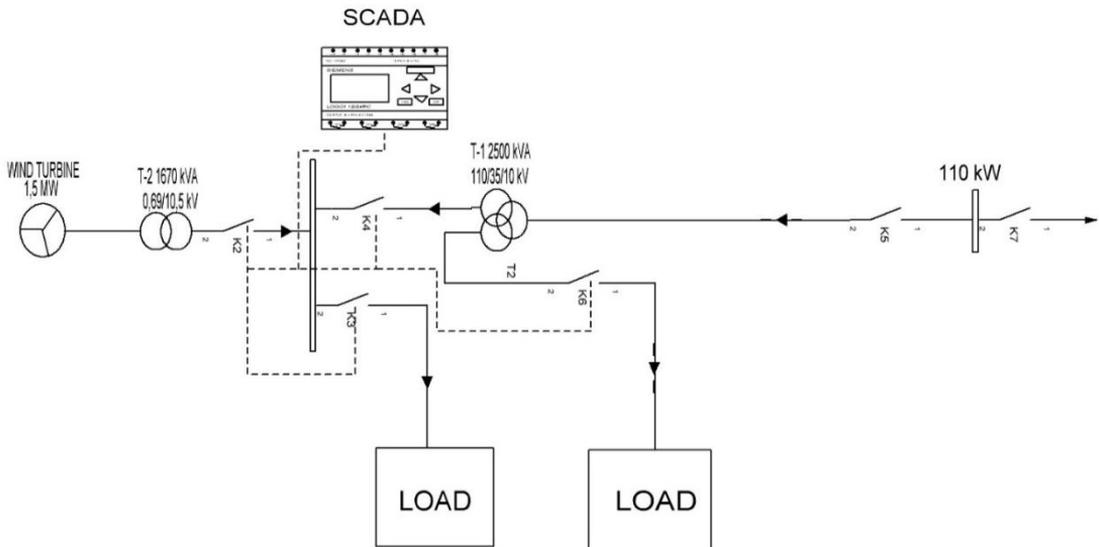


Рис. 6. Схема подключения ветроэлектростанции мощностью 1.5 МВт к центральной электросети

Список источников

1. Программа развития энергетической дипломатии Туркменистана на 2021–2025 годы. Ашхабад, 2020. 22 с.
2. Государственная программа по энергосбережению на 2018–2024 годы. Ашхабад, 2018. 17 с.
3. Концепция освоения региона Туркменского озера «Алтын асыр» на 2019–2025 годы. Ашхабад, 2019. 10 с.
4. Сарыев К. А., Алланазаров Н. А. Интернет-портал по возобновляемым источникам энергии // Вестник Сыктывкарского университета. Серия 2. Биология. Геология. Химия. Экология. 2023. № 4 (28). С. 72–82. <https://doi.org/10.34130/2306-6229-2023-4-72>.
5. Saryyev K., Nazarov S., Allanzarov N. Internet Portal for Evaluation of Solar and Wind Energy Resources. Global Journal of Researches in Engineering: F Electrical and Electronics Engineering. Vol. 23. Iss. 3. Version 1.0. Year 2023. Type: Double Blind Peer Reviewed International Research Journal Publisher: Global Journals Online ISSN: 2249-4596 & Print ISSN: 0975-5861. Pp. 15–19.
6. Сарыев К., Алланазаров Н. Программное обеспечение для определения ресурсов возобновляемых источников энергии в Туркменистане // XIV Международная научно-практическая конференция «Научные исследования: актуальные вопросы, достижения и инновации», «Дулатовские чтения». Костанай: Костанайский инженерно-экономический университет им. М. Дулатова, 2022. Ч. 1. С. 47–52.
7. Алланазаров Н. А., Рейимов Б. Т., Гелдиева Г. А. Цифровая система для проектирования ветряных электростанций. «Science and education in the modern world: challenges of the XXI century» : материалы IX Международной науч-прак. конф. (Технические науки) / сост.: Е. Ешим, Е. Абиев. Нур-Султан, 2021. 61 с.
8. <https://www.leitwind.com/en/products/leitwind-product-range/wind-turbine-ltw90/50-0.html> (дата обращения: 09.12.2023).

References

1. *Programma razvitiya energeticheskoy diplomatii Turkmenistana na 2021–2025 gody* [Turkmenistan's Energy Diplomacy Development Program for 2021–2025]. Ashkhabad, 2020. 22 p. (In Russ.)
2. *Gosudarstvennaya programma po energosberezheniyu na 2018–2024 gody* [The State Energy Saving Program for 2018–2024]. Ashkhabad, 2018. 17 p. (In Russ.)
3. *Koncepciyu osvoeniya regiona Turkmenskogo ozera «Altyn asyr» na 2019–2025 gody* [The concept of development of the Turkmen lake region "Altyn Asyr" for 2019–2025]. Ashkhabad, 2019. 10 p.
4. Saryyev K. A., Allanazarov N. A. Internet portal on renewable energy sources. *Vestnik Syktyv-karskogo universiteta. Seriya 2. Biologiya, geologiya, himiya, ekologiya* [Syktyvkar University Bulletin. Series 2. Biology, geology, chemistry, ecology]. 2023. 4 (28). Pp. 72–82. <https://doi.org/10.34130/2306-6229-2023-4-72>. (In Russ.)
5. Saryyev K., Nazarov S., Allanazarov N. Internet Portal for Evaluation of Solar and Wind Energy Resources. *Global Journal of Researches in Engineering: F Electrical and Electronics Engineering*. Vol. 23. Iss. 3. Version 1.0. Year 2023. Type: Double Blind Peer Reviewed International Research Journal Publisher: Global Journals Online ISSN: 2249-4596 & Print ISSN: 0975-5861. Pp. 15–19.
6. Saryyev K., Allanazarov N. Software for determining renewable energy resources in Turkmenistan. *XIV Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferenciya «Nauchnye issledovaniya: aktual'nye voprosy, dostizheniya i innovacii», «Dulatovskie chteniya»* [XIV International Scientific and Practical Conference "Scientific research: current issues, achievements and innovations", "Dulatov readings"]. Kostanay: M. Dulatov Kostanay University of Engineering and Economics, 2022. Part 1. Pp. 47–52. (In Russ.)
7. Allanazarov N.A., Rejimov B.T., Geldieva G.A. *Cifrovaya sistema dlya proektirovaniya vetryanyh elektrostancij. «Science and education in the modern world: challenges of the XXI century» : materialy IX Mezhdunarodnoy nauch-prak. konf. (Tekhnicheskie nauki)/ sost.: E. Eshim, E. Abiev* [A digital system for designing wind farms. «Science and education in the modern world: challenges of the XXI century» : Materials of the IX International Scientific Practice. conf. (Technical Sciences)]. Comp.: E. Eshim, E. Abiev. Nur-Sultan, 2021. 61 p. (In Russ.)
8. www.leitwind.com/en/products/leitwind-product-range/wind-turbine-ltw90/50-0.html (accessed: 09.12.2023).

Информация об авторах

Алланазаров Нурмухаммет Аганазарович, инженер научно-производственного центра «Возобновляемые источники энергии» Государственного энергетического института Туркменистана (745400, Туркменистан, г. Мары, ул. Байрамхан, 62)

Агаджанов Алтымырат Мередович, старший преподаватель кафедры «Технология обработки металлов» (745400, Туркменистан, г. Мары, ул. Байрамхан, 62)

Атаева Наргач Джумамухамедовна, студентка 5-го курса специальности «Машины и технология обработки металлов» (745400, Туркменистан, г. Мары, ул. Байрамхан, 62)

Information about the authors

Nurmuhammet A. Allanazarov, engineer of the Research and Production Center "Renewable Energy Sources" of the State Energy Institute (62, Bajramkhan str., Mary, 745400, Turkmenistan)

Altymyrat M. Agajanov, Senior lecturer at the Department of «Metal processing technology» (62, Bajramkhan str., Mary, 745400, Turkmenistan)

Nartach J. Atayeva, 5th year student of the specialty «Machines and technology of metal processing» (62, Bajramkhan str., Mary, 745400, Turkmenistan)

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

17.01.2024
04.03.2024
12.04.2024

Цифровая система для организации производства водорода на территории Туркменистана

Батыр Акмухаммедович Ханчаев

Государственный энергетический институт Туркменистана, Мары, Туркменистан,
hanchayev.b@gmail.com

Аннотация. Разработанное программное обеспечение представляет собой комплексный инструмент для исследования эффективности использования возобновляемых источников энергии (ВИЭ) и производства «зеленого» водорода в энергетическом развитии Туркменистана. Обеспечивая точные математические модели, интуитивный интерфейс пользователя и анализ различных сценариев, ПО способствует принятию обоснованных решений в области энергетики, включая оптимизацию энергетических систем, расчет стоимости производства водорода и оценку экономической эффективности. Разработка успешно сочетает в себе технологическую надежность и практическое применение, предоставляя инструмент для устойчивого и инновационного энергетического развития региона.

Ключевые слова: возобновляемые источники энергии (ВИЭ), производство «зеленого» водорода, энергетическое развитие, программное обеспечение, Туркменистан, математическое моделирование, технико-экономический анализ, оптимизация энергетических систем, эффективность энергопотребления, устойчивость энергетики, инновации в энергетике, электролизер, системный анализ, технические характеристики, экономическая эффективность, экологическая устойчивость, энергоснабжение

Для цитирования: Ханчаев Б. А. Цифровая система для организации производства водорода на территории Туркменистана // Вестник Сыктывкарского государственного университета. Серия 2: Естественные науки. Медицина. 2024. № 2 (30). С. 59–68. <https://doi.org/10.34130/2306-6229-2024-2-59>

Digital system for the organization of hydrogen production in the territory of Turkmenistan

Batyr A. Hanchayev

State Energy Institute of Turkmenistan, Mary, Turkmenistan
hanchayev.b@gmail.com

Abstract. The developed software is a comprehensive tool for studying the efficiency of using renewable energy sources (RES) and the production of “green” hydrogen in the energy development of Turkmenistan. By providing accurate mathematical models, an intuitive user interface and scenario analysis, the software supports informed energy decision-making, including energy system optimization, hydrogen production cost calculations and cost-benefit assessments. The development successfully combines technological reliability and practical application, providing a tool for sustainable and innovative energy development of the region.

Keywords: Renewable energy sources (RES), green hydrogen production, energy development, software, Turkmenistan, mathematical modeling, technical and economic analysis, optimization of energy systems, energy efficiency, energy sustainability, energy innovation, electrolyze, system analysis, technical characteristics, economic efficiency, environmental sustainability, energy supply

For citation: Hanchayev B. A. Digital system for the organization of hydrogen production in the territory of Turkmenistan. *Vestnik Syktyvkarskogo universiteta. Seriya 2: Estestvoznaniye. Medicina = Syktyvkar*

Введение. Современные вызовы в области энергетики требуют инновационных подходов к обеспечению устойчивости и эффективности энергетических систем. В этом контексте разработка программного обеспечения для исследования данных о возобновляемых источниках энергии (ВИЭ) и производстве «зеленого» водорода становится актуальной задачей. В данном исследовании представлено комплексное программное решение, целью которого является анализ энергетических систем, оптимизация использования ВИЭ и оценка эффективности производства водорода в контексте энергетического развития Туркменистана.

Современный мир сталкивается с двойным вызовом в области энергетики: необходимостью снижения зависимости от традиционных источников энергии и сокращения воздействия на окружающую среду. В этом контексте ВИЭ и производство «зеленого» водорода представляют собой перспективные пути для достижения устойчивости в энергетике. Туркменистан, обладая значительным потенциалом ВИЭ, становится объектом внимания в разработке и внедрении инновационных подходов к энергетическому развитию.

Исходя из этого разработка программного обеспечения, представленного в данном исследовании, ставит своей целью не только обеспечение анализа и оптимизации энергетических систем, но и поддержку принятия взвешенных решений для эффективного использования возобновляемых ресурсов и развития «зеленой» энергетики. Работа охватывает широкий спектр аспектов, включая математическое моделирование, технико-экономический анализ и оценку экономической эффективности.

В данном контексте исследование не только предоставляет технологическое решение в виде программного обеспечения, но и является важным шагом в направлении разработки стратегий устойчивого энергетического будущего для региона. В дальнейшем рассмотрим подробности разработанного программного обеспечения и его вклад в область энергетического развития Туркменистана [1].

Системные исследования играют ключевую роль в современном энергетическом секторе, предоставляя методы для анализа и оптимизации систем энергоснабжения. Целью таких исследований является разработка эффективных методик оценки и внедрения возобновляемых источников энергии (ВИЭ) в энергетические системы. В данном контексте актуальной становится задача интеграции солнечных и ветровых источников в энергобаланс региона.

Рассмотрим пример использования системных исследований в контексте внедрения солнечных фотоэлектрических станций (ФСС) в энергетическую инфраструктуру. Одной из ключевых задач является оптимальное распределение ФСС по территории для максимизации солнечной энергии. Методы математического моделирования и оптимизации могут использоваться для определения оптимального размещения и мощности каждой станции с учетом географических особенностей, климатических условий и потребления энергии.

Дополнительно системные исследования позволяют оценивать влияние сезонных изменений, облачности и дневных периодов на производство электроэнергии. Это позволяет разработать эффективные стратегии хранения энергии или использования дополнительных источников, таких как батареи, для сглаживания колебаний в производстве.

Для успешной интеграции ВИЭ также требуется учет влияния на существующую энергетическую сеть. Системные исследования помогают анализировать воздействие флуктуаций производства ВИЭ на стабильность и надежность сети, а также разрабатывать меры для оптимизации ее работы.

Эффективная интеграция возобновляемых источников энергии предполагает также разработку бизнес-моделей, способствующих устойчивому развитию. Здесь системные исследования могут использоваться для анализа экономической эффективности проектов, определения финансовых рисков и создания стимулов для привлечения инвестиций.

Таким образом, системные исследования играют важную роль в переходе к устойчивой энергетике, обеспечивая комплексный подход к анализу, проектированию и оптимизации современных энергетических систем с использованием возобновляемых источников энергии [2].

Основу системных исследований составляет разработка общих методов и средств анализа и синтеза объектов исследования, формализация описания их целостных характеристик, анализ соотношений компонентов системы между собой и окружающей средой. Таким образом, системность становится одним из главных аспектов практической деятельности, обуславливающим проведение комплексных исследований для решения практических задач.

Одна из таких задач — повышение эффективности функционирования систем энергоснабжения, ключевая характеристика обеспечения жизнедеятельности и развития региона. Переход к рациональной модели потребления ресурсов, минимизация затрат на производство, преобразование, транспорт и потребление энергоносителей являются приоритетами стратегического развития регионов. Внедрение нетрадиционных возобновляемых источников энергии (НВИЭ) в энергобаланс региона становится неотъемлемой частью данной стратегии.

Туркменистан обладает обширным опытом практического использования возобновляемых источников энергии. Согласно оценкам долгосрочной национальной программы «Национальная стратегия развития возобновляемой энергетики (ВИЭ) в Туркменистане до 2030 года», реализация потенциала ВИЭ в стране может обеспечивать до 2200 МВт тепловой энергии и 1300 МВт электрической энергии, заменяя традиционные углеводороды.

В связи с этим актуальной становится разработка методики комплексной оценки потенциала ВИЭ и их интеграции в энергобаланс региона с использованием современных информационно-коммуникационных технологий в рамках системных исследований [1].

Цель данной статьи заключается в разработке методики оценки эффективности интеграции нетрадиционных возобновляемых источников энергии в энергобаланс с применением методов и принципов системного подхода.

Для достижения поставленной цели требуется решить ряд задач:

1. Исследовать существующие модели поступления и потенциала ВИЭ.
2. Определить систему математических моделей для оценки поступления и потенциала различных ВИЭ с учетом особенностей технологии преобразования энергии.
3. Проанализировать технологии преобразования энергии из ВИЭ, их технико-экономические характеристики и перспективы развития.

Методология исследования включает в себя математическое моделирование, математическую статистику, оптимизацию в условиях неопределенности, теорию полезности и обработку экспертных данных.

В статье предлагается использовать математическое моделирование для производства «зеленого» водорода с использованием фотоэлектрических солнечных станций на территории Туркменистана.

Туркменистан обладает значительным потенциалом в развитии водородной энергетики. Пилотный проект предусматривает строительство двух фотоэлектрических солнечных станций (ФСС) с установленной мощностью 100 МВт каждая в Марыйском и Лебапском велаятах в населенных пунктах Серхетабат и Керки как источников энергии для производства «зеленого» водорода. Использование электролизеров совместно с ФСС устраняет необходимость в специальном оборудовании для преобразования тока и син-

хронизации с общей электросистемой. С использованием электролизеров для производства водорода из воды необходимо учитывать степень ее очистки, что может повлиять на стоимость производства. Оценочные данные показывают, что влияние мероприятий по подготовке воды составляют примерно 1 доллар США за кубометр или около 0.01 доллара США за килограмм водорода. Процесс электролиза в идеальных условиях для производства 1 кг водорода требует 9 кг воды.

Методология проекта включает в себя расчет объема производимой электроэнергии, определение стоимости реализации пилотного проекта и его окупаемости. В рамках исследования моделировался объект, состоящий из фотоэлектрической солнечной станции мощностью 100 МВт, электролизера мощностью 50 МВт и установки обратного осмоса с производительностью 80 т воды в сутки.

Результаты и обсуждение. Для оценки перспективы совместной работы источников солнечной энергии и электролизера для производства водорода на территории Туркменистана в качестве источника электрической энергии выбраны ФСС установленными мощностями 100 МВт каждый в Марыйском и Лебапском велаятах в населенных пунктах Серхетабат и Керки. Принято, что потребителями ФСС являются только электролизер и опреснительная установка. В расчетах использовали технические данные электролизера с мощностью 1 МВт. Выполнен расчет объема электрической энергии, вырабатываемой такой ФСС в течение года (рис. 1, 2):

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

где E — выработка ФСС в год; $E_{udel,\beta}$ — удельная выработка 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 доходят до 25 %, а КПД η_{inv} преобразования из постоянного в переменный ток составляет 98.8 %, принятый КПД η_m солнечного модуля 19.2 %.

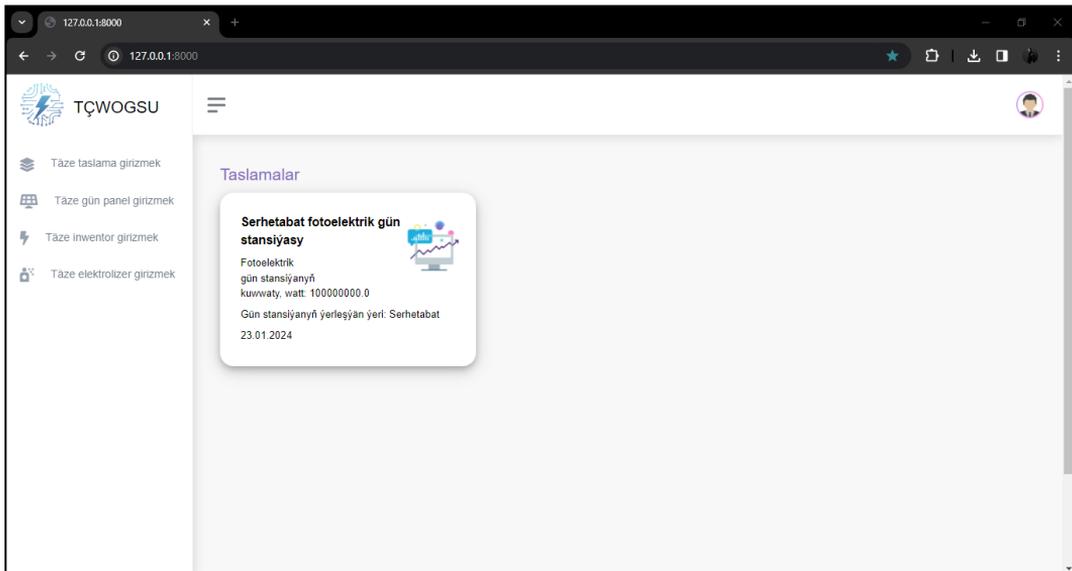


Рис. 1. Главная: Список созданных проектов

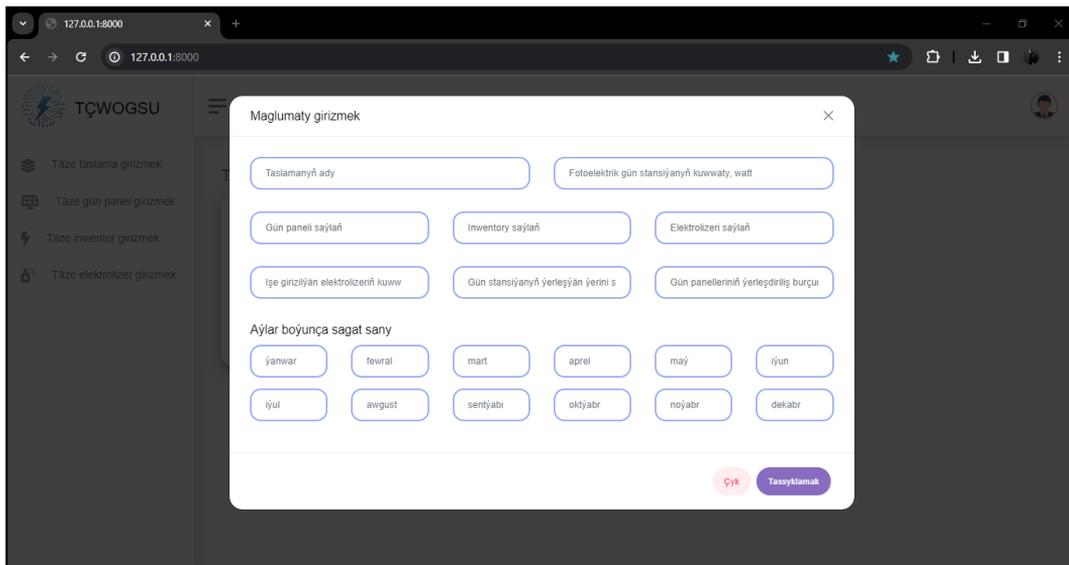


Рис. 2. Главная: Создание новых проектов по использованию возобновляемых источников энергии (ВИЭ) и производству «зеленого» водорода

Количество суммарной солнечной энергии, поступающей на поверхность солнечной панели, расположенной в населенном пункте Серхетабат (Кушки) Марыйского веляята под углом $\beta=36^0$ южной ориентации, составляет $1892.972 \text{ кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2 \text{ год}$.

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 50 МВт.

С использованием данных, приведенных на рис. 4, рассчитана масса водорода, получаемая 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 месяц.

Определен баланс энергии, вырабатываемой и потребляемой элементами системы получения водорода (табл.).

В данном проекте рассматривается строительство фотоэлектрических солнечных станций (ФСС) установленными мощностями 100 МВт в Марыйском и Лебапском веляятах в населенных пунктах Серхетабат и Керки, полученные основные результаты приведены в табл. 1. Реализация данного проекта позволяет производить в течение года 2344.95 т «зеленого» водорода.

Для разработки программного обеспечения (ПО) с целью исследования данных по нашему проекту по использованию возобновляемых источников энергии (ВИЭ) и производству «зеленого» водорода следует учесть несколько ключевых шагов и функциональных требований. Ниже приведен обзор основных этапов и функций, которые могут быть включены в программное обеспечение для удобного и эффективного анализа данных (рис. 1–2).

Основные результаты, полученные при выполнении проекта

<i>Серхетабат (Кушки)</i>								
<i>Географические координаты: с. ш 35.20°, в. д 62.40°</i>								
<i>Месяц</i>	<i>Дни</i>	<i>Количество часов</i>	<i>H₂, объем, кг, в день</i>	<i>H₂, объем, кг, в месяц</i>	<i>Потребляемая энергия электролизера, кВт·ч (1 МВт)</i>	<i>H₂, объем, кг, в месяц (50 МВт)</i>	<i>Потребляемая энергия электролизера, кВт·ч (50 МВт)</i>	<i>E_{i,месяц} кВт·ч·10⁶</i>
1	31	3	81	2511	122537	125550	6.127	8.422
2	28	3	81	2268	110678	113400	5.534	8.989
3	31	5	135	4185	204228	209250	10.211	10.697
4	30	5	135	4050	197640	202500	9.882	12.019
5	31	5	135	4185	204228	209250	10.211	13.456
6	30	6	162	4860	237168	243000	11.858	13.586
7	31	6	162	5022	245074	251100	12.254	13.929
8	31	6	162	5022	245074	251100	12.254	14.642
9	30	5	135	4050	197640	202500	9.882	14.023
10	31	5	135	4185	204228	209250	10.211	12.810
11	30	5	135	4050	197640	202500	9.882	9.973
12	31	3	81	2511	122537	125550	6.127	8.006
Итого за год	-	-	-	46899	2288672	2344950	114.433	140.552

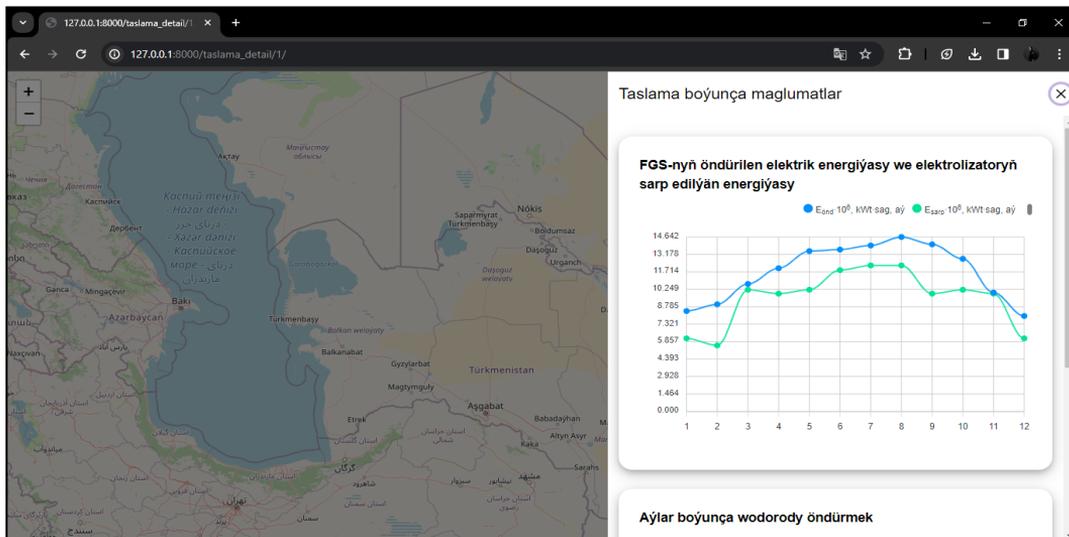


Рис. 3. Карта: Вырабатываемая электрическая энергия ФЭС и потребляемая энергия электролизера (синий: выработка энергии ФЭС; зеленый: потребляемая энергия электролизера)

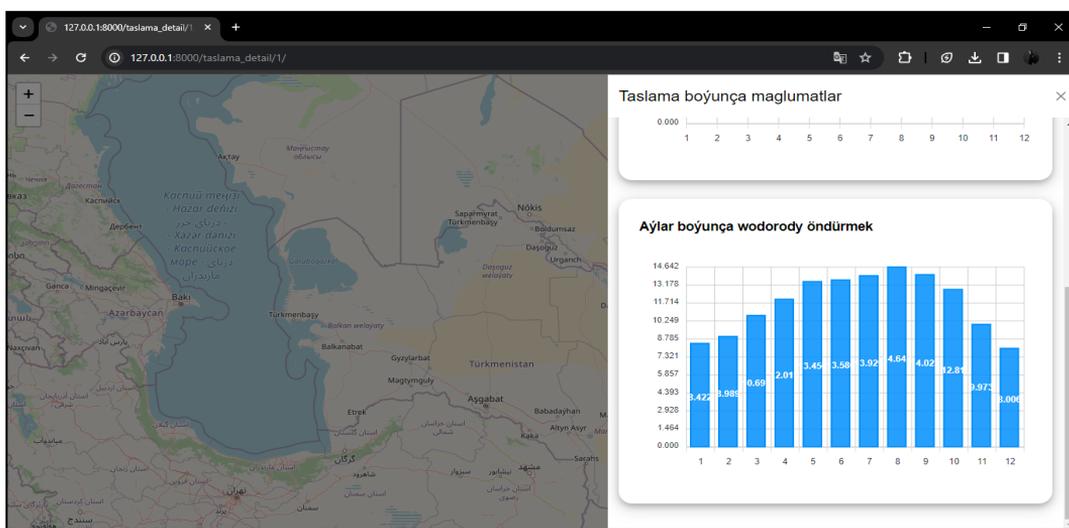


Рис. 4. Карта: Производство водорода в течение месяца

Созданное и задействованное в ходе выполнения проекта оборудование и производство в целом интегрировано с геоинформационными системами для визуализации данных на картах. Реализовали алгоритмы для расчета эффективности и оптимизации параметров (рис. 3–6).

Этапы разработки программного обеспечения перечислены ниже.

1. Определение целей и требований.
 - определены конкретные цели нашего программного обеспечения;
 - составлен список функциональных требований.
2. Выбор языка программирования и инструментов.
 - язык программирования Python соответствует нашим требованиям и навыкам.

- рассмотрено использование библиотек и фреймворков для облегчения разработки. В нашем проекте использован Django Фреймворк.
3. Разработка базы данных.
 - создана структура базы данных для хранения сведений о производстве энергии, параметрах ВИЭ, технических характеристиках установок и т. д.;
 - рассмотрено использование реляционных или NoSQL баз данных в зависимости от их объема и требований к ним.
 4. Математическое моделирование.
 - реализованы функции математического моделирования для расчетов эффективности, потенциала ВИЭ и других технических характеристик;
 - интегрированы алгоритмы оптимизации для расчетов стоимости и окупаемости проектов.
 5. Безопасность данных.
 - обеспечена безопасность данных благодаря использованию соответствующих методов шифрования и аутентификации.
 6. Тестирование и отладка программного обеспечения.
 - проведено тестирование программного обеспечения, включая модульные, интеграционные и системные тесты.

Устранили выявленные ошибки.

Основные функции программного обеспечения.

1. Визуализация энергетических параметров:
 - отображение данных о производстве энергии, потреблении, эффективности ВИЭ и других параметрах.
2. Расчеты и оптимизация:
 - алгоритмы для расчета эффективности и оптимизации параметров проектов.
3. Интерактивные сценарии:
 - создание сценариев для моделирования различных вариантов использования ВИЭ и производства водорода.

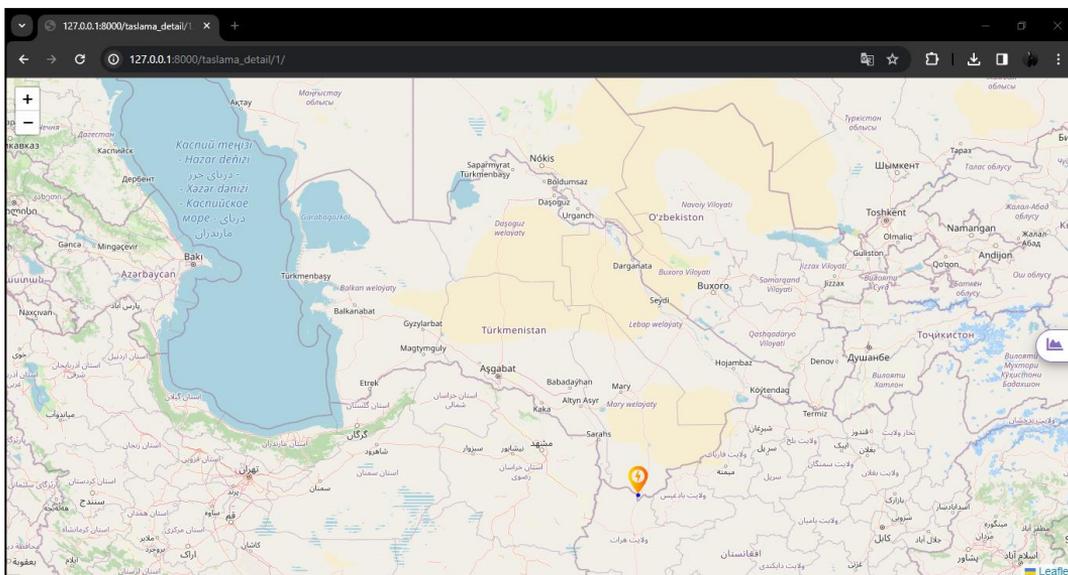


Рис. 5. Карта: Подробная информация о созданном проекте

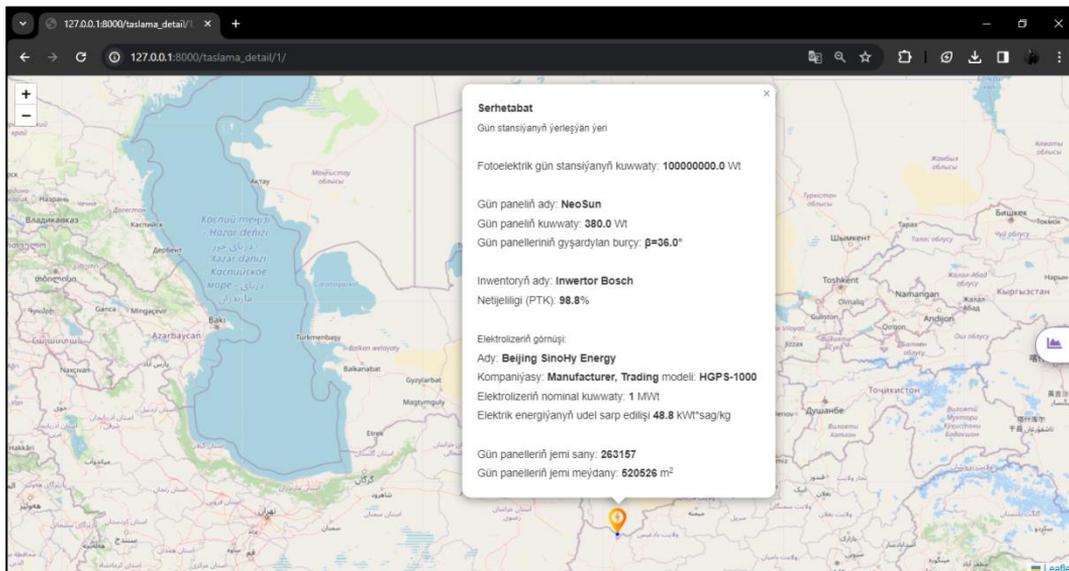


Рис. 6. Карта: Отображены данные о производстве энергии, ее потреблении, эффективности ВИЭ и других параметрах

4. Экспорт и импорт данных:

- возможность загрузки и сохранения данных в различных форматах для обмена информацией с другими системами.

5. Системы уведомлений:

- уведомления об изменениях в данных, ошибках или событиях.

6. Административные инструменты:

- инструменты для управления пользователями, доступом и настройками.

7. Интеграция с GIS (Геоинформационными системами):

- при необходимости, интеграция с геоинформационными системами для визуализации данных на картах.

8. Интерфейс для исследователей и аналитиков:

- инструменты для проведения исследований и анализа данных для специалистов в области энергетики.

Процесс разработки программного обеспечения требует внимания к деталям и высокой степени адаптации к уникальным требованиям нашего проекта.

Заключение. Разработанное программное обеспечение успешно сочетает в себе технологическую эффективность, точность расчетов и удобство использования, что делает его важным инструментом для исследования, моделирования и принятия решений в области энергетики, способствуя устойчивому и эффективному энергетическому развитию.

Программному обеспечению для исследования данных по проекту ВИЭ и производству «зеленого» водорода присущи:

1. Эффективность и результаты:

- программное обеспечение успешно достигло поставленных целей, обеспечив эффективный анализ энергетических данных и оптимизацию проектов с использованием возобновляемых источников энергии (ВИЭ).

2. Точность и надежность расчетов:

- реализованные математические модели обеспечивают точные и надежные расчеты, что является критическим для принятия обоснованных решений в области энергетики.

3. Интерактивный интерфейс для пользователя:

- пользовательский интерфейс разработан с учетом удобства использования, обеспечивая пользователям простой доступ к функциональности программы и легкость взаимодействия с данными.
- 4. Система хранения данных:
 - база данных эффективно обрабатывает объемную информацию о производстве энергии и технических характеристиках ВИЭ, обеспечивая надежное хранение и быстрый доступ к данным.
- 5. Безопасность данных:
 - меры безопасности данных гарантируют конфиденциальность и целостность, что критично для защиты чувствительных данных о проектах.
- 6. Способствование дальнейшим исследованиям:
 - разработанное программное обеспечение представляет собой базу для дальнейших исследований и разработок в области энергетики, особенно в использовании ВИЭ и водорода.
- 7. Успех в поставленных задачах:
 - программное обеспечение успешно решает задачи, поставленные перед проектом, и предоставляет инструменты для комплексного анализа и оптимизации энергетических систем.
- 8. Практическое применение в энергетике Туркменистана:
 - разработанное ПО предоставляет конкретные практические рекомендации и расчеты для энергетического развития Туркменистана, особенно с использованием ВИЭ и производства «зеленого» водорода.

Список источников

1. “Türkmenistanyň wodorod energiýasy babatda halkara hyzmatdaşlygy ösdürmek boýunça 2022–2023-nji ýyllar üçin ÝOL KARTASY”. Türkmenistanyň Prezidentiniň 2022-nji ýulyň 28-nji ýanwarynda çykaran 2581-nji Karary bilen tassyklanyldy.
2. Экономический и социальный совет ООН (ЭКОСОС). ECE/Energy/2022/8. Distr.: General 13 July 2022, Russian Original: English.

References

1. “Türkmenistanyň wodorod energiýasy babatda halkara hyzmatdaşlygy ösdürmek boýunça 2022–2023-nji ýyllar üçin ÝOL KARTASY”. Türkmenistanyň Prezidentiniň 2022-nji ýulyň 28-nji ýanwarynda çykaran 2581-nji Karary bilen tassyklanyldy. (In Turkmen)
2. *Ekonomicheskij i social'nyj sovet OON (EKOSOS)* [The Economic and Social Council UN (ECOSOC)]. ECE/Energy/2022/8. Distr.: General 13 July 2022, Russian Original: English. (In Russ.)

Информация об авторе

Ханчаев Батыр Акмухаммедович, специалист Государственного энергетического института Туркменистана (745400, Туркменистан, Мары, ул. Байрамхана 62)

Information about the author

Hanchayev Batyr Akmuhammedovich, Specialist 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

23.02.2024
 04.03.2024
 12.04.2024

Методика определения срока окупаемости солнечного коллектора в климатических условиях Туркменистана

Язгельди Дурдыгулыевич Якубов¹, Саглык Бегенджович Рахманов²

^{1,2} Государственный энергетический институт Туркменистана, Мары, Туркменистан,
^{1,2} Shika.ilyasowa@gmail.com

Аннотация. Расход энергии для нагрева воды не зависит от того, какой вид энергии используем для нагрева. Известно, что солнечные коллекторы являются одним из самых универсальных солнечных устройств на основе возобновляемых источников энергии. Современные солнечные коллекторы позволяют нагревать теплоноситель до относительно высоких температур. Исходя из опытов определим количество тепловой энергии, воспринятое теплоносителем первого контура за счет излучения солнца. Несмотря на достигнутые в настоящее время технико-экономические показатели установок, солнечные коллекторы пока не получили широкого внедрения, хотя в мире применение их достаточно развито. На сегодняшний день солнечные водонагревательные системы используют в частных домах, многоквартирных зданиях, школах, больницах, ресторанах, в сельском хозяйстве, промышленности, на автомойках. Цель работы — сравнение экономической эффективности работы плоского солнечного коллектора и электрического нагревателя. В статье рассматривается методика определения сравнительно-экономической эффективности солнечного коллектора и электрического нагревателя в климатических условиях Туркменистана.

Ключевые слова: энергия, солнечный коллектор, температура, вода, теплоноситель

Для цитирования: Якубов Я. Д., Рахманов С. Б. Методика определения срока окупаемости солнечного коллектора в климатических условиях Туркменистана // Вестник Сыктывкарского государственного университета. Серия 2: Естественные науки. Медицина. 2024. № 2 (30). С. 69–74. <https://doi.org/10.34130/2306-6229-2024-2-69>

Methodology for determining the payback period of a solar collector in the climatic conditions of Turkmenistan

Yazgeldi D. Yakubov¹, Saglyk B. Rahmanov²

^{1,2} State Energy Institute of Turkmenistan, Mary, Turkmenistan,
^{1,2} Shika.ilyasowa@gmail.com

Abstract. The energy consumption for heating water does not depend on what type of energy we use for heating. It is known that solar collectors are one of the most versatile solar devices based on renewable energy sources. Modern solar collectors allow heating the coolant to relatively high temperatures. Based on the experiments, we will determine the amount of thermal energy absorbed by the primary circuit coolant. This is due to the radiation of the sun. Despite the currently achieved technical and economic indicators of installations, solar collectors have not yet been widely implemented. Although their use is quite developed in the world. Today, solar water heating systems are used in private homes, apartment buildings, schools, hospitals, restaurants, agriculture, industry, and car washes. The purpose of the work is to compare the economic efficiency of a flat solar collector and an electric heater. The article discusses the methodology for determining the comparative economic efficiency of a solar collector and an electric heater in the climatic conditions of Turkmenistan.

Keywords: Energy, solar collector, water, temperature, to disseminate

For citation: Yakubov Y. D., Rahmanov S. B. Methodology for determining the payback period of a solar collector in the climatic conditions of Turkmenistan. *Vestnik Syktyvkar'skogo universiteta. Seriya 2: Estestvoznaniye. Medicina = Syktyvkar University Bulletin. Series 2: Natural Science. Medici cine.* 2024. 2 (30): 69–74. (In Russ.) <https://doi.org/10.34130/2306-6229-2024-2-69>

Введение. При современной экономической ситуации, росте цен на энергоносители, актуален вопрос применения возобновляемых источников энергии, в частности использование неиссякаемой энергии солнца [1].

Солнечную энергию можно применять практически для любых хозяйственных нужд, где требуется тепло:

- автономного горячего водоснабжения;
- в качестве основного или дополнительного отопления жилых помещений;
- подогрева открытых и закрытых бассейнов;
- обогрева теплиц, производственных помещений.

Известно, солнечные коллекторы являются одним из самых универсальных солнечных электростанций на основе возобновляемых источников энергии. Современные солнечные коллекторы позволяют нагревать теплоноситель до температур порядка 180 °С. Средний КПД установок колеблется от 30 до 60 %. Несмотря на достигнутые в настоящее время технико-экономические показатели установок, солнечные коллекторы пока не получили широкого внедрения, хотя в мире применение их достаточно развито. На сегодняшний день солнечные водонагревательные системы используются в частных домах, многоквартирных зданиях, школах, больницах, ресторанах, сельском хозяйстве, промышленности, на автомойках [2].

Плоские солнечные коллекторы благодаря относительно невысоким ценам, высокой эффективности, простоте монтажа и установки — самый удобный, простой и экономичный вариант установки гелиосистем [2].

Целью исследования является сравнение экономической эффективности работы плоского солнечного коллектора и электрического нагревателя [3].

Для реализации данной цели необходимо рассчитать:

- потребление электроэнергии на нагрев воды установленного объема с одинаковой начальной и конечной температурой;
- возможную экономию средств, затраченных на нагрев воды за определенный период.

Результаты и обсуждение. Расход энергии для нагрева воды не зависит от того, какой вид энергии используем для нагрева. Исходя из опытов определим количество тепловой энергии, воспринятое теплоносителем первого контура, за счет излучения солнца.

Предположили, что в одной семье проживает пять человек, один человек потребляет в сутки в среднем 50–60 л теплой воды температурой 60 °С. Тогда в сутки на одну семью расходуется 250–300 л горячей воды. Количество тепла, необходимое для нагрева 300 л воды в водонагревателе (традиционном бойлере), можно определить по следующему выражению [4]:

$$Q = G \times C_{\text{удел}} \times (t_{\text{вход}} - t_{\text{выход}}) \quad (1),$$

где Q — количество необходимой теплоты, кВт·ч/сут.; $G = 0.3 \text{ м}^3/\text{сут.}$ — необходимое количество горячей воды; $C_{\text{удел}} = 1.161 \text{ кВт/кг}\cdot^\circ\text{С}$ — удельная теплоемкость воды.

$$Q = 0.3 \times 1161 \times (60 - 15) = 15673 \text{ кВт}\cdot\text{ч/сут.}$$

Согласно расчетам, на горячее водоснабжение одной семьи в сутки расходуется 15673 кВт·ч тепловой энергии.

Количество тепловой энергии, воспринятое теплоносителем второго контура (нагреваемой водой):

$$Q_2 = \eta \times Q_1 \quad (2),$$

где $\eta = 0.99$ — тепловые потери при передаче тепла.

$$Q_2 = 0.99 \times 1.494 = 1.479 \text{ кВт}.$$

Предположив, что такая мощность солнечного коллектора может развиваться в течение шести часов в сутки на протяжении шести месяцев (с апреля по сентябрь), при этом средняя температура горячей воды будет составлять 50°C, можно рассчитать выработку тепла солнечным коллектором за год:

$$Q_{\text{год}} = Q_2 \times \tau \times \varphi \quad (3),$$

где $\eta = 0.99$ — коэффициент поправки на облачность.

$$Q_{\text{год}} = 1.479 \times 6 \times 183 \times 0.75 = 1217.96 \text{ кВт} \cdot \text{ч}.$$

При этом расход электрической энергии на привод насоса за этот период составит:

$$Q_H = P_H \times \tau \quad (4),$$

где $P_H = 0.1$ кВт – мощность насоса.

$$Q_H = 0.1 \times 6 \times 183 = 109.8 \text{ кВт} \cdot \text{ч}.$$

Тогда стоимость затраченной энергии на нагрев воды солнечным коллектором составит:

$$З_{\text{СК}} = Q_H \times T_{\text{ЭЭ}},$$

где $T_{\text{ЭЭ}} = 2.50 \frac{\text{руб}}{\text{кВт} \cdot \text{ч}}$ – тариф на электроэнергию.

$$З_{\text{СК}} = 109.8 \times \frac{2.50}{100} = 2.75 \text{ манат}.$$

Если нагрев воды производить электрическим нагревателем, то для этого потребуется тепла:

$$Q_{\text{ЭН}} = \frac{Q_{\text{год}}}{\eta_{\text{ЭН}}} \quad (5),$$

где $\eta_{\text{ЭН}} = 0.95$ – КПД электрического нагревателя.

$$Q_{\text{ЭН}} = \frac{1217.96}{0.95} = 1282.06 \text{ кВт} \cdot \text{ч}.$$

Следовательно, стоимость затраченной энергии на нагрев воды электрическим нагревателем составит:

$$З_{ЭН} = Q_{ЭН} \times T_{ЭЭ} \quad (6)$$

$$З_{ЭН} = 1282.06 \times \frac{2.50}{100} = 32.05 \text{ манат.}$$

Примем объем нагретой воды за год равным

$$V_{\text{год}} = 50 \text{ м}^3.$$

Цена одного кубометра воды при нагреве солнечным коллектором:

$$Ц_{СК} = \frac{З_{СК}}{V_{\text{год}}} \quad (7)$$

$$Ц_{СК} = \frac{2.75}{50} = 0.06 \text{ манат.}$$

Цена одного кубометра воды при нагреве электрическим нагревателем:

$$Ц_{СК} = \frac{З_{СК}}{V_{\text{год}}} \quad (8)$$

$$Ц_{СК} = \frac{32.05}{50} = 0.64 \text{ манат.}$$

Стоимость централизованного горячего водоснабжения составляет в открытой системе водоснабжения в доме 95.9, в закрытой — 119.59 руб. за кубометр (цены указаны за 2016 г.). Стоимость горячей воды при нагреве солнечным коллектором в значительной мере меньше централизованного горячего водоснабжения (ГВС), но при централизованном ГВС вода поступает с более высокими параметрами [4].

Экономия при использовании солнечного коллектора по сравнению с электрическим нагревателем за год составит:

$$Э = З_{ЭН} - З_{СК} \quad (9)$$

$$Э = 32.05 - 2.75 = 29.3 \text{ манат.}$$

Чтобы определить срок окупаемости установки для нагрева воды с помощью солнечного коллектора, необходимо рассчитать издержки и капитальные вложения. В табл. приведена основная информация по оборудованию.

Таблица

Стоимость, срок службы и норма амортизации оборудования

Оборудование	Стоимость, руб.	Срок службы, лет	Норма амортизации
Солнечный коллектор «Сокол-Эффект-М»	1267.2	20	0.05
Бак-водонагреватель ЯSOLAR 230 ST DUO TURBO	3007	20	0.05
Насосная станция циркуляционная в сборе 25/60	578	8	0.125
Прочее	402	10	0.01

Капитальные вложения:

$$K_{ам} = \sum C_{оборуд} \quad (10)$$

$$K_{ам} = 1267.2 + 3007 + 578 + 402 = 5254.2 \text{ манат.}$$

Издержки:

$$И = \sum C_{оборуд} \times K_{ам} + И_{пр}, \quad (11)$$

где $И_{пр}$ — прочие издержки (стоимость использованной холодной воды за год), составляет 270 манат.

$$И = 1267.2 \times 0.05 + 3007 \times 0.05 + 578 \times 0.125 + 402 \times 0.1 + 279 = 596 \text{ манат.}$$

Срок окупаемости:

$$T = \frac{K}{И} \quad (12)$$

$$T = \frac{5254.2}{596} = 8.8 \text{ лет.}$$

Заключение. Произведен сравнительно-экономический анализ эффективности солнечного коллектора и электрического нагревателя. Применение солнечного коллектора для нагрева воды выгоднее электрического нагревателя. Экономия при использовании солнечного коллектора составляет 29.3 манат. Однако, по сравнению с центральным ГВС, использование солнечного коллектора невыгодно, так как вода к потреблению поступает с более высокой температурой.

Список источников

1. Государственная программа энергосбережения на 2018–2024 годы. Ашхабад, 2018. 17 с.
2. Джумаев А., Якубов Я. Использование солнечного коллектора в экспериментальном жилье // Наука и техника в Туркменистане. 2017. № 6. С. 4.
3. Джумаев А., Солтанов Х. Основы энергосбережения : учебник для вузов. Ашхабад: Наука, 2018. 220 с.
4. Расчет системы теплоснабжения с использованием солнечных тепловых коллекторов : методические указания по выполнению расчетно-графических работ для студентов всех форм обучения по специальности «Энергетические установки, электростанции на основе нетрадиционных и возобновляемых источников энергии». Екатеринбург, 2015. 110 с.

References

1. *Gosudarstvennaya programma energosberezheniya na 2018–2024 gody* [The State Energy Saving Program for 2018-2024]. Ashkhabad, 2018. 17 p. (In Russ.)
2. Dzhumaev A., Yakubov YA. The use of a solar collector in experimental housing. *Nauka i tekhnika v Turkmenistane* [Science and technology in Turkmenistan]. 2017. No 6. P. 4. (In Russ.)
3. Dzhumaev A., Soltanov H. *Osnovy energosberezheniya : uchebnik dlya vuzov* [Fundamentals of energy saving : Textbook for universities]. Ashkhabad: Nauka, 2018. 220 p. (In Russ.)
4. *Raschet sistemy teplosnabzheniya s ispol'zovaniem solnechnyh teplovyh kollektorov. Metodicheskie ukazaniya po vypolneniyu raschetno-graficheskikh rabot dlya studentov vsekh form obucheniya po special'nosti Energeticheskie ustanovki, elektrostancii na osnove netraditsionnyh i vozobnovlyаемых istochnikov energii* [Calculation of the heat supply system using solar thermal collectors. Methodological guidelines for the implementation of computational and graphic works for students of all forms of education in the specialty

Power plants, power plants based on non-traditional and renewable energy sources]. Ekaterinburg, 2015. 110 p. (In Russ.)

Информация об авторах

Якубов Язгелди Дурдыгулыевич, преподаватель кафедры «Технология обработки металлов» Государственного энергетического института Туркменистана (745400, Туркменистан, Мары, ул. Байрамхан, 62)

Рахманов Саглык Бегенджович, преподаватель кафедры «Технология обработки металлов» Государственного энергетического института Туркменистана (745400, Туркменистан, Мары, ул. Байрамхан, 62)

Information about the authors

Yazgeldi D. Yakubov, lecturer at the Department of «Metal processing technology» of the State Energy Institute (62, Bajramkhan str., Mary, 745400, Turkmenistan)

Saglyk B. Rahmanov, lecturer at the Department of «Metal processing technology» of the State Energy Institute (62, Bajramkhan str., Mary, 745400, Turkmenistan)

Статья поступила в редакцию / The article was submitted	17.01.2024
Одобрена после рецензирования / Approved after reviewing	09.04.2024
Принята к публикации / Accepted for publication	12.04.2024

Научная статья / Article

УДК 37

<https://doi.org/10.34130/2306-6229-2024-2-75>

Формы педагогической деятельности по воспитанию у младших школьников компетентности безопасного поведения на открытых водных объектах в разные сезоны года

Ольга Васильевна Рогачевская¹, Екатерина Николаевна Репина²

^{1,2} Сыктывкарский государственный университет имени Питирима Сорокина, Сыктывкар, Россия, ¹ roga-olga@mail.ru; ² ket-repina@yandex.ru

Аннотация. Увеличение количества несчастных случаев среди детей и подростков на водных объектах в разные сезоны года обуславливает необходимость обучения правилам безопасного поведения на воде. Младший школьный возраст — это этап становления физического и психического развития, сенситивный период для обучения и формирования навыков безопасности, на базе которых закладываются основы ЗОЖ. Приоритетным направлением воспитательной работы на уровне начального образования является формирование культуры безопасности жизнедеятельности учащихся. В работе предложен вариант формирования у школьников начального уровня образования компетентности безопасного поведения на водных объектах, знаний и умений оказания помощи утопающему. Показана эффективность совместного взаимодействия педагогов с представителями спасательных и медико-психологических служб по профилактике опасного отдыха у воды, несчастных случаев на ледовых переправах, по обучению правилам спасения и оказания помощи утопающим.

Ключевые слова: младшие школьники, безопасное поведение на воде, профилактическая деятельность спасательных служб

Для цитирования: Рогачевская О. В., Репина Е. Н. Формы педагогической деятельности по воспитанию у младших школьников компетентности безопасного поведения на открытых водных объектах в разные сезоны года // Вестник Сыктывкарского государственного университета. Серия 2: Естественные науки. Медицина. 2024. Вып. 2 (30). С. 75–82. <https://doi.org/10.34130/2306-6229-2024-2-75>

Forms of pedagogical activity to develop safe behavior skills in primary schoolchildren on open water bodies in different seasons of the year

Olga V. Rogachevskaya¹, Ekaterina N. Repina²

^{1,2} Pitirim Sorokin Syktyvkar State University, Syktyvkar, Russia, ¹ roga-olga@mail.ru; ² ket-repina@yandex.ru

Abstract. The increase in the number of accidents among children and adolescents on water bodies in different seasons of the year necessitates the training of rules of safe behavior on the water. Primary school age is a stage in the formation of physical and mental development, a sensitive period for learning and developing safety skills, on the basis of which the foundations of healthy lifestyle are laid. The priority area of educational work at the primary education level is the formation of a culture of safety of students. The paper proposes a variant for the formation of primary school students' competence in safe behavior on water bodies, knowledge and skills in helping a drowning person. The effectiveness of the joint interaction of teachers with

representatives of rescue and medical and psychological services for the prevention of dangerous recreation by the water, accidents on ice crossings, teaching the rules of rescue and assistance to drowning people is shown.

Keywords: *primary school students, safe behavior on the water, preventive activities of rescue services*

For citation: Rogachevskaya O. V., Repina E. N. Forms of pedagogical activity to develop safe behavior skills in primary schoolchildren on open water bodies in different seasons of the year. *Vestnik Syktyvkarского университета. Seriya 2: Estestvoznaniye. Medicina = Syktyvkar University Bulletin. Series 2. Natural Science. Medicine.* 2024. Iss. 2 (30): 75–82 (In Russ.) <https://doi.org/10.34130/2306-6229-2024-2-75>

Введение. С началом летнего периода, летних каникул, в зимний сезон при подледной рыбалке и на ледовых переправах, при наступлении весны при таянии снегов, льда на различных водоёмах всегда существует угроза жизни и здоровью человека, когда он находится рядом с водными объектами или непосредственно на водоёмах.

Актуальность проблемы безопасного поведения детей на воде обусловлена ростом числа несчастных и летальных случаев детей и подростков на водных объектах в разные сезоны года. Знание правильного поведения на водоёмах, правил оказания первой помощи утопающему, правил спасения утопающего снижает риск вреда здоровью и гибели человека, в том числе самого спасающего.

По данным МЧС, в 2023 г. в России почти 4 тыс. человек погибли на воде, примерно четверть из этого числа составляют дети, которые утонули по вине взрослых. Главой МЧС России Александром Куренковым отмечено: «За 2023 год на водоемах произошло свыше 4,5 тысяч происшествий, это почти на 4 % меньше, чем годом ранее. За 2023 год мы видим незначительное уменьшение количества погибших — 3810 человек против 3845 в 2022 году. При этом специалистами ведомства спасены 1900 человек. Тревожит беспечность взрослых к вопросам безопасности. Бесконтрольность с их стороны может стоить и жизни детей — 447 погибших за прошлый год. В первые дни нового 2024 года уже зафиксировано 12 происшествий на воде, где спасены 7 человек, из них 3 ребенка, но погибло, к сожалению, 9 человек, в том числе один ребенок».

«Анализ несчастных случаев, которые произошли на водных объектах в Республике Коми, показал, что жертвами несчастных случаев в течение пяти лет наблюдений стали 32 ребенка», — пишет ИА БНК со ссылкой на заместителя начальника отдела безопасности людей на водных объектах МЧС по Коми Наталью Медведеву. Большинство трагических случаев произошло в необорудованных для отдыха и купания местах [1].

Заместителем главного врача Республиканской детской клинической больницы Еленой Балиной отмечается: «Если в Республике теплое и жаркое лето, то более 10 (и даже до 15 детей) тонут на водоемах республики. За последние 10 лет на территории Республики Коми утонул 61 ребенок» [2].

И статистику несчастных случаев на водных объектах можно продолжать, но это, несмотря на пугающие факты, не способствует формированию компетентностей детей и подростков безопасного поведения на воде и, к сожалению, не вернет к жизни погибших детей.

Основные причины гибели детей на воде: купание в запрещенной или непроверенной зоне, отсутствие навыков держаться на воде или элементарных умений плавания, употребление молодёжью алкоголя. Так, по распоряжению Президента РФ от 7 февраля 2024 г. № 263-р Правительством РФ утверждена программа «Плавание для всех», направленная на обучение детей плаванию, а также на создание условий и соответствующей инфраструктуры для этого обучения в детских садах, школах и местах детского отдыха. Реализация программы запланирована до 2030 г. [3].

Опасность купания в незнакомом и запрещенном месте заключается в наличии сильного течения, водоворотов, которые могут унести человека или даже утянуть его на дно. Некоторые водоемы, где люди считают купание доступным и достаточно безопасным,

предназначены для передвижения плавательных средств (катеров, лодок, барж, теплоходов и других плавсредств), что создаёт опасность нахождения человека на этом водном объекте [4, с. 75]. Многие несчастные случаи на воде обусловлены отсутствием контроля со стороны родителей / взрослых: оставление без присмотра детей, отсутствие техники безопасности при управлении плавучими средствами, употребление алкогольных / спиртных напитков, беспечное поведение на воде и др. К одним из основных причин травмирования или даже смертности на водных объектах относят также незнание и несоблюдение правил безопасности на водоеме при купании (например, опасные игры в воде, купание более 30 минут, нахождение на берегу водоема без головного убора и прочее), незнание и несоблюдение безопасного поведения на льду (переход в запрещенных местах, игры на льду и др.) [5, с. 223].

Зачастую трагедию можно было бы предотвратить, если соблюдать простые правила безопасности на воде, которые необходимо изучать и постоянно повторять как детям, так и взрослым.

Поэтому одними из наиважнейших навыков безопасной жизнедеятельности человека должны стать привычки правильного, а именно безопасного поведения рядом с водными объектами или непосредственно на воде, в том числе в твердом её состоянии.

Период младшего школьного возраста — один из главных этапов становления здоровья, нормального физического и психического развития и наиболее чувствительный этап для обучения и формирования навыков безопасности, на базе которых закладываются основы ЗОЖ, а следовательно, компетентности личности безопасного типа поведения.

Федеральный государственный образовательный стандарт начального общего образования (ФГОС НОО) определяет выполнение учащимися правил здорового и безопасного для себя и окружающих образа жизни как одну из ведущих личностных характеристик выпускников начальной школы. Согласно ФГОС НОО, важным направлением воспитательной работы на уровне начального образования должно стать формирование культуры безопасности жизнедеятельности учащихся. Решением этой задачи и выполнением требований ФГОС НОО является активная деятельность педагогов через организацию соответствующей воспитательной работы с детьми и подростками. Безопасность жизнедеятельности детей, обучающихся в образовательных учреждениях, в большой степени зависит от профилактической работы, проводимой персоналом учреждения.

В связи с чем актуальным является применение системного подхода в процессе формирования культуры безопасного поведения, заключающегося в совместной работе педагогов школы и специалистов сторонних организаций, чья работа направлена на обеспечение безопасности человека в различных сферах деятельности.

Цель работы — определение путей / механизма становления у младших школьников навыков безопасного поведения на открытых водных объектах.

Методы исследования, теоретическая база. Определение уровня знаний о безопасном поведении на открытых водных объектах в разные сезоны года и оказании первой помощи утопающему проведено среди 52-х младших школьников 3-х классов в одной из школ г. Сыктывкара. У обучающихся 3-х классов развитие компетентности безопасного поведения осуществлялось посредством изучения дисциплины образовательной программы «Окружающий мир» и проведения внеурочных мероприятий, посвященных мотивированности школьников вести здоровый и безопасный образ жизни.

Контроль знаний и умений безопасного поведения на открытых водных объектах проведен среди школьников с помощью тестовых заданий, которые включали в себя открытые вопросы, задания, где необходимо было найти соответствия, вставить пропущенные слова, а также убрать лишнее. Обучающиеся при решении тестовых заданий описывали правила безопасного поведения на водоеме, при передвижении по льду, способы оказания помощи тонущему, спасение утопающего и оказание первой помощи пострада-

давшему при утоплении. Ответы обучающихся оценивались в баллах, что позволило разделить школьников на четыре группы по уровню знаний: получение по результатам тестирования 15–14 баллов расценивалось как высокий уровень, 11–13 баллов — средний уровень, 7–10 баллов — низкий уровень, и сумма баллов при тестировании, составляющая от 1 до 6 баллов, определена как опасно низкий уровень знаний.

Обучающиеся, которые были отнесены к группе с высоким уровнем знаний и умений, не только владеют знаниями, но и способны самостоятельно оказать первую помощь утопающему (провести буксировку пострадавшего, осуществить грамотно и своевременно комплекс действий по первой помощи), владеют основами безопасного поведения на водоеме во время активного отдыха и в зимний период, во время и после наводнения, при перемещении на плавательных средствах и водном транспорте (школьники знают и умеют пользоваться спасательным жилетом, спасательным кругом, знают этапы действий в случае возникновения опасной ситуации на судне), знают опасности перегрева или переохлаждения, солнечного удара, потопления.

Средний уровень знаний и умений характеризовался не только наличием теоретических знаний и практических умений обучающихся по спасению утопающего и оказанию первой помощи при утоплении, но также способностью организовывать безопасное поведение на водоеме. Но при этом школьники нуждались в поддержке и контроле со стороны педагога. То есть обучающиеся, обладая качественными знаниями и умениями, затруднялись реализовать комплекс необходимых действий исходя из индивидуальных особенностей, действовали по образцу, нуждаясь в поддержке со стороны учителя (взрослого человека).

Низкий уровень знаний и умений в области безопасного поведения на водных объектах определялся наличием у школьников лишь минимально необходимых базовых знаний: обучающиеся затрудняются при решении вопросов организации безопасного поведения на водоеме, в применении имеющихся знаний на практике, например в области оказания первой помощи утопающему, допускают серьезные ошибки в реализации необходимого комплекса действий, что может повлечь за собой угрозу для жизни и здоровья как самого обучающегося, так и других людей.

Уровень знаний и умений, близкий к нулю, который можно отнести к опасно низкому уровню, характеризуется отсутствием у обучающегося не только простейших знаний по вопросам организации безопасного поведения на водоеме, ледовой переправе, но и элементарных умений по оказанию первой помощи утопающему. Риск попадания таких обучающихся в опасную ситуацию на водоеме значительно выше остальных, так как они не только не знают правила оказания первой помощи при утоплении и безопасного поведения в случае возникновения опасной ситуации на водоеме, но и не умеют действовать как по образцу, так и исходя из сложившейся ситуации [6, с. 67].

Тестовый опрос школьников 3-х классов показал, что 76–77 % обучающихся находят-ся на среднем и низком уровнях знаний в области безопасности на водных объектах и оказания помощи утопающему. Лишь у 17 % школьников объем имеющихся знаний соответствует высокому уровню, а опасно низкий уровень — у 7 % респондентов.

Анализ знаний обучающихся также проведен по отдельным разделам в области безопасности на водных объектах: определена компетентность школьников по вопросам организации безопасного поведения на водных объектах (в том числе на ледовых переправах), по правилам спасения утопающих, по вопросам оказания первой помощи при утоплении.

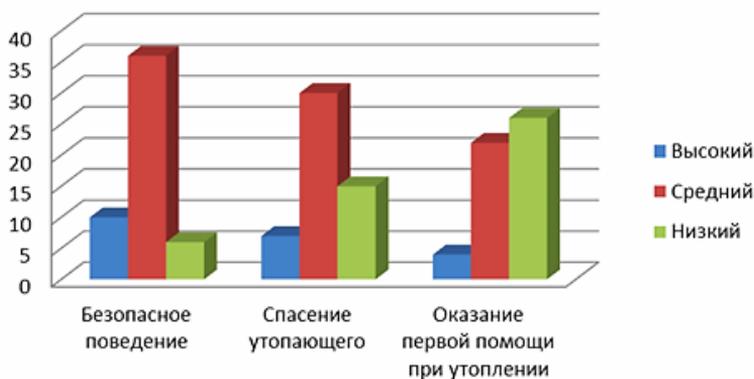


Рис. Уровень знаний учащихся по разделам: безопасное поведение на водоеме, спасение утопающего, оказание первой помощи при утоплении

При тестировании по теме о безопасном поведении на водном объекте в летний период и при перемещении по льду обучающиеся продемонстрировали достаточно хорошую осведомленность: из 52-х опрошенных 9 человек показали высокий уровень знаний и 35 — средний (рис.). При проверке компетентностей школьников в вопросах спасения утопающего с учетом сохранения собственной безопасности выявлен более низкий процент знающих и опытных респондентов: 26 обучающихся показали уровень знаний, соответствующий среднему, и 14 респондентов имеют низкий уровень познаний в области правил безопасности при спасении тонущего человека в летний или осенне-весенний периоды. Опрос школьников по разделу «Оказание первой помощи при утоплении» свидетельствует о значительном количестве респондентов, слабо владеющих знаниями или вовсе с отсутствием каких-либо сведений по оказанию помощи тонувшему человеку. Вопросы теста, относящиеся к теме оказания первой помощи пострадавшему при утоплении, вызвали затруднения у большей части обучающихся 3-х классов. Так, из 52-х опрошенных 22 учащихся продемонстрировали средний уровень знаний и 26 — низкий.

Наблюдаемый низкий уровень знаний, а следовательно, и умений обучающихся по данной теме обусловлен малым количеством времени на уроке по предмету «Окружающий мир», выделяемого на изучение вопросов безопасности на воде, по оказанию первой помощи утопающему. При этом, несмотря на скудное количество выделяемых академических часов на изучаемую тему, эффективности образовательного процесса и становления у обучающихся компетентности безопасного поведения на водных объектах возможно достичь посредством внедрения активных форм обучения, таких как проектная деятельность, ТРИЗ-технологии, и решения проблемных ситуаций со школьниками.

Полученные результаты тестирования обучающихся в области указанных разделов вызывают необходимость поиска эффективных педагогических форм работы в сфере развития у обучающихся культуры безопасности на водных объектах, пересмотра методических рекомендаций по формированию компетентности спасения и охраны жизни и здоровья и порождают жизненно важную потребность активного внедрения профилактических мер по предупреждению факторов риска на воде.

Совместное преодоление трудностей и угроз безопасности детей возможно при коллективном взаимодействии школы, родителей и субъектов профилактики. Так, для школьников 3-х классов приглашены представители Коми регионального отделения гуманитарной Общероссийской общественной организации «Российский Красный Крест» с мастер-классами по спасению утопающего из воды и отработке алгоритма по оказанию первой помощи пострадавшему.

Перед обучающимися в том числе выступили представители российской добровольной массовой общественной организации «Всероссийское общество спасения на водах (ВОСВОД)» с трансляцией правил поведения на воде, особенно при встрече с маломерными судами, по правилам спасения утопающего и оказания первой помощи с демонстрацией обучающих видеороликов.

Сотрудники Центра ГИМС МЧС России по Республике Коми (Государственная инспекция по маломерным судам МЧС России) в игровой форме рассказали о правилах безопасности на воде, об основах спасения утопающего и оказания ему помощи. Представители ГИМС показали обучающимся презентацию о своей деятельности, куда входит наблюдение за людьми на пляжах и акваториях, патрулирование в летний сезон, проведение ежедневных рейдов на воде с проверкой прав на водные средства и наличия спасательных средств (жилетов) у пассажиров. Кроме того, поздней осенью и ранней зимой, когда возникает возможная опасность выхода детей на неокрепший лёд, сотрудники ГИМС ведут профилактическую работу с обучающимися, предупреждают их тем самым от опасности. В зимний и весенний сезон функционал сотрудников ГИМС состоит в проверке безопасности зимних дорог-переправ по льду: проводятся беседы со школьниками, особенно начального уровня образования, о правилах поведения на воде, около водных источников, на льду.

Для психологического консультирования школьников начальных классов были приглашены медики-психологи с решением ситуационных задач по правилам поведения на воде. Они затрагивали вопросы преодоления страха детей перед водой, перед плаванием в больших водоёмах; они обращали внимание на особенности нахождения человека в воде при низких температурах, говорили о правилах сочетания температурных режимов воздуха и воды. Медицинские работники обучали школьников приёмам психологической устойчивости при возникающей ситуации утопления, устойчивости и рассудительности при оказании помощи утопающему, правилам собственной безопасности в воде при оказании помощи.

Совместная работа педагога и специалистов служб спасения, медицинских работников, психологов, способствовала значительному расширению кругозора школьников в области безопасности на водных объектах в различные сезоны года и формированию навыков оказания помощи утопающему, что зафиксировано повторными результатами тестирования обучающихся. Среди школьников на 22 %, по сравнению с результатами исходного тестирования, увеличилось количество респондентов с высоким уровнем знаний по вопросам безопасного поведения на водных источниках и оказанию помощи утопающему; на 19 % снизилось число школьников с низким уровнем знаний правил нахождения у воды и на ледовых переправах (в том числе в весенний период года); обучающихся, не усвоивших знания грамотного поведения на льду и у воды в летний период, по оказанию помощи и алгоритма спасения утопающих, не зарегистрировано.

Дополнительной рекомендацией для педагогов при организации совместной деятельности школы и специализированных организаций может стать расширение географии представителей различных учреждений, чья деятельность тесно связана не только со спасением человека в чрезвычайных ситуациях (ЧС) и оказанием помощи, но и с профилактической работой среди населения, в частности с обучением правилам безопасного поведения человека в той или иной опасной ситуации. Например, педагог может пригласить на встречу со школьниками сотрудников Северной водолазной службы (СВС) г. Сыктывкара и *Государственного автономного учреждения Республики Коми «Профессиональная аварийно-спасательная служба»* (ГАУ «СПАС-КОМИ»), представителями которой являются спасатели-профессионалы, занимающиеся не только спасением людей на воде, но и оказанием помощи населению при затоплениях территорий. Спасатели поделятся опытом реальных несчастных случаев, навыками своевременных решительных мер при оказании помощи и психологической поддержке пострадавших, что может стать для

школьников сильным мотивирующим фактором осознания опасности и оценки риска такого поведения на водных объектах и, вероятно, станет побуждающим поводом для школьников изучать, а главное, соблюдать правила грамотного поведения у воды.

Для совершенствования профилактической работы по предупреждению рисков и несчастных случаев на воде среди младших школьников немаловажным является сотрудничество педагогов с родителями. Эффективное действенное партнёрство школы и родителей, их комплексная работа по вопросам становления компетентностей безопасного поведения школьников на воде возможны посредством использования современных педагогических технологий, таких как квест-технологии, информационно-коммуникационные технологии. Квест-технологии, предполагающие формирование навыков безопасности на воде в игровой форме (родители в игре показывают простейшие приёмы спасения тонущего человека, способы оказания помощи провалившемуся под лед человеку, элементарные правила оказания помощи утонувшему), развивают критическое мышление ребенка и осмысление чрезвычайной ситуации, что позволяет правильно прогнозировать оценку риска данной ЧС. Результатом рефлексии посредством информационно-коммуникационных технологий может стать создание фотоотчетов, презентаций и видеороликов родителями совместно с детьми, рисунков, буклетов, памяток по отработанным навыкам, которые могут направляться в общедоступный мессенджер педагогу или в родительский чат для обмена сведениями, накопления и анализа полученной информации.

Заключение. Таким образом, рационально организованная совместная образовательная деятельность педагога и субъектов профилактики в лице психологов, медиков и сотрудников организаций по спасению людей способствует эффективному становлению компетентностей безопасного поведения у школьников.

Список источников

1. Портал proГород [Электронный ресурс]. URL: <https://pg11.ru/news/64710> (дата обращения: 05.04.2024).
2. Министерство здравоохранения Республики Коми [Электронный ресурс]. URL: <https://minzdrav.rkomi.ru/za-poslednie-10-let-na-territorii-respubliki-komi-utonul-61-rebenok> (дата обращения: 08.04.2024).
3. Об утверждении межведомственной программы «Плавание для всех» и плана мероприятий по ее реализации : распоряжение Правительства Российской Федерации от 7 февраля 2024 г. № 263-р // Информационно-правовой портал «Гарант.ру» [Электронный ресурс]. URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/408421619/> (дата обращения: 03.04.2024).
4. Купецкова В. Ф. Школа безопасности : практикум для учителей начальных классов по обучению младших школьников основам безопасной жизнедеятельности в процессе внеурочной работы // Начальная школа. 2017. № 7. С. 75–80.
5. Коджаспиров А. Ю. Формирование личности безопасного типа поведения у младших школьников как одно из условий комфортности образовательной среды // Перспективы науки и образования. 2019. № 1 (37). С. 223–235.
6. Косаренкова М. М. Анализ результатов диагностики безопасного поведения на воде младших школьников // Череповецкие научные чтения — 2017 : материалы Всероссийской научно-практической конференции (21–22 ноября 2017 г.) : в 3 ч. Череповец: Череповецкий государственный университет, 2018. Ч. 2. С. 67–69.

References

1. *Portal proGorod* [The pro City portal] [Electronic resource]. Available at: <https://pg11.ru/news/64710> (accessed: 05.04.2024). (In Russ.)
2. *Ministerstvo zdavoohraneniya Respubliki Komi* [Ministry of Health of the Komi Republic] [Electronic resource]. Available at: <https://minzdrav.rkomi.ru/za-poslednie-10-let-na-territorii-respubliki-komi-utonul-61-rebenok> (accessed: 08.04.2024). (In Russ.)

3. On the Approval of the interdepartmental program "Swimming for All" and the action plan for its implementation : Decree of the Government of the Russian Federation No. 263-r dated February 7, 2024. *Informacionno-pravovoj portal «Garant.ru»* [Information and legal portal <url>] [Electronic resource]. Available at: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/408421619/> (accessed: 03.04.2024). (In Russ.)

4. Kupeckova V. F. School of safety: a workshop for primary school teachers on teaching primary school children the basics of safe living during extracurricular activities. *Nachal'naya shkola* [Elementary School]. 2017. No 7. Pp. 75–80. (In Russ.)

5. Kodzhaspirov A. YU. Formation of a personality of a safe type of behavior in younger schoolchildren as one of the conditions for the comfort of the educational environment. *Perspektivy nauki i obrazovaniya* [Prospects of science and education]. 2019. No 1 (37). Pp. 223–235. (In Russ.)

6. Kosarenkova M. M. Analysis of the results of diagnostics of safe behavior on the water of younger schoolchildren. *Cherepoveckie nauchnye chteniya — 2017 : materialy Vserossijskoj nauchno-prakticheskoy konferencii (21–22 noyabrya 2017 g.) : v 3 ch.* [Cherepovets scientific readings — 2017 : materials of the All-Russian Scientific and practical conference (November 21–22, 2017) : at 3 a. m.]. Cherepovets: Cherepovets State University, 2018. Part 2. Pp. 67–69. (In Russ.)

Информация об авторах

Рогачевская Ольга Васильевна, кандидат биологических наук, доцент, заведующий кафедрой безопасности жизнедеятельности и физической культуры, Сыктывкарский государственный университет имени Питирима Сорокина (167001, Россия, Сыктывкар, Октябрьский пр., 55)

Репина Екатерина Николаевна, кандидат биологических наук, доцент, доцент кафедры безопасности жизнедеятельности и физической культуры, Сыктывкарский государственный университет имени Питирима Сорокина (167001, Россия, Сыктывкар, Октябрьский пр., 55)

Information about the authors

Olga V. Rogachevskaya, Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Life Safety and Physical Culture, Pitirim Sorokin Syktyvkar State University (55, Oktyabrsky prosp., Syktyvkar, 167000, Russia)

Ekaterina N. Repina, Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Life Safety and Physical Culture, Pitirim Sorokin Syktyvkar State University (55, Oktyabrsky prosp., Syktyvkar, 167000, Russia)

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

06.04.2024
10.04.2024
12.04.2024

Экспедиционная жизнь

Expedition life

Рассказ / Story

Ночь на плато Маньпупунёр

Геннадий Николаевич Доровских

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

Вторая половина августа 2008 года. очередной выезд на реку Илыч, территорию Печоро-Илычского заповедника. На этот раз предстояло провести работы на его левых притоках, реках Ыджыт-Ляга и Укью.

Из поселка Якша, где находится центральная база заповедника, выехали на лодке 15 августа, а 17 числа уже вошли в устье р. Ыджыт-Ляги и поднялись на шестнадцатый километр. Это лето было дождливым, реки полноводные, поэтому передвигались достаточно быстро и легко. В три часа пополудни пристали к берегу на двадцатом километре рядом с избушкой в устье ручья Ляга-вож. Она оказалась в довольно запущенном состоянии. Судя по следам и вскрытой когтем банки со сгущенным молоком, в ней похозяйничал медведь. Мы заделали целлофановым пакетом разбитое окно, приперли дверь в избу так, чтобы было движение воздуха в ней, и отправились далее вверх по реке.

На тридцатом километре встали на ночлег. Поставили палатку, заготовили дрова, развели огонь, приготовили ужин. В это время ночи уже темные и прохладные. Спать не хотелось. Посидели у костра, повспоминали прошлые совместные поездки, обсудили предстоящие на другой день дела. Начался дождь, и мы залезли в палатку. Дождь лил всю ночь, уровень воды в реке поднялся почти на пятнадцать сантиметров, но утро выдалось на удивление хорошим. Это после пяти дней дождя. Выглянуло солнце, и все вокруг заиграло яркими красками. Стало теплее. Воздух прогрелся до 18.4°C.

Пользуясь моментом, поспешили сделать запланированные работы. Благодаря хорошей погоде успели все. После обеда тронулись в путь.

Вечером после шести встали лагерем на сороковом километре реки у очередной избы, которой уже давно никто не пользовался. Строение было в хорошем состоянии, имелся запас дров. Однако мы решили разбить палатку на берегу и переночевать в ней.

С прошлого вечера не давали покоя мошка и комары. Просто заедали. Преодолевая их укусы, мы купались. Правда температура воды не превышала 11.1–12.4°C, поэтому в воде долго не задерживались.

Эту ночь опять лил дождь, порой весьма усердно. Вода в реке поднялась еще выше. Утром мимо нас проплыли кроссовки. Надежды на сбор материала пропали.

Мы собрались и направились вниз по течению. Температура воздуха упала до 8°C, а воды и того ниже. Искушался. Холодно. Зато исчезли мошка и комары.

Спустились до тропы идущей к плато Маньпупунёр. Мой напарник, Теплов Виктор Владимирович, сказал, что перед нашим отъездом директор заповедника попросил его 21 августа быть у столбов. Туда должен был прилететь вертолет с какой-то делегацией. Директор попросил их встретить и, если возникнет необходимость, помочь им. Заодно попросил зафиксировать на фото следы пребывания там нелегальных туристов.

Итак, около шести часов вечера разбили лагерь у входа на тропу. Решили здесь переночевать и рано утром выдвинуться в путь.

Выбрали место повыше, для верности окружили его канавкой. Поставили палатку и, памятуя прошлый опыт, накрыли ее пленкой и закрепили.

Заготовили дрова, с которыми здесь оказалась проблема. Пришлось переезжать на другой берег реки и там их собирать. Приготовили ужин. Собрали рюкзаки для похода на гору идолов. Обошли площадку, нашли место, где оставить на время нашего отсутствия лодку и вещи. Поели и легли спать. Выйти надо было пораньше, чтобы успеть дойти до Болвано-из, как называют их народ коми.

Начался дождь, порой усиливаясь почти до ливня. Под этот шум уснули быстро.

Вдруг сквозь шум дождя и ветра послышались голоса. Решили, что какая-то группа возвращается с плато...

Нет. Кто-то звал на помощь. Оделись и вылезли из палатки. На другом берегу стояли двое, мужчина и женщина. Они кричали и махали руками.

Виктор завел мотор и переплыл через реку, забрал их и привез в наш лагерь. Я в это время подбросил дров в костер и повесил котелок с водой.

Оказалось, что это муж с женой, люди в возрасте 35–37 лет, решили самостоятельно сходить к болванам.

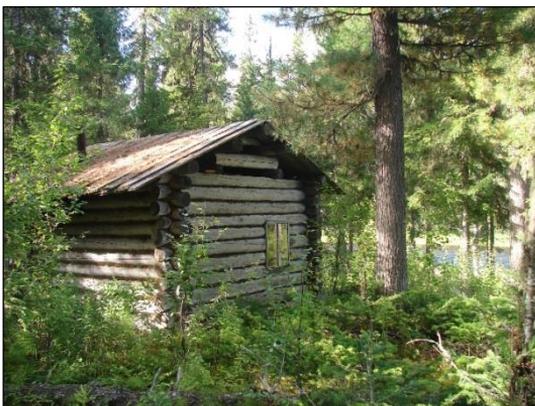
Познакомились, и они сразу начали готовиться к ночевке. От помощи они отказались. Мы забрались в палатку и заснули. Дождь тем временем разошелся не на шутку.



**Река Ыджыт-Ляга в районе тропы
на плато Маньпупунёр**



**Заделали целлофановым пакетом
разбитое окно**



Изба на 40-м км р. Ыджыт-Ляги



Лагерь на 40-м км р. Ыджыт-Ляги



Спустились до тропы идущей к плато Маньпупунёр

Через какое-то время нас разбудили разговоры вновь прибывших. Им почему-то не спалось. Несмотря на дождь, они покинули палатку и разместились под деревьями недалеко от нас. Уснуть нам так и не удалось.

Как только начало светать, мы вылезли из палатки. Наши новые знакомые сидели у потухшего костра, промокшие, замерзшие и явно растерянные. Их палатка стояла в луже, она провисла под тяжестью воды, накопившейся на ее плохо натянутой крыше.

Разговор с ними показал, что люди совершенно не подготовлены к подобного рода путешествиям. Отсутствует у них и соответствующая амуниция, и оборудование, да и еды у них недостаточно на то время, что должно уйти на поход к столбам и обратно.

Виктору с трудом удалось убедить их вернуться назад, подготовиться, а затем уже повторить попытку добраться до горы с кекурами (отдельно стоящие скалы, столбы).

Правда, мужчина с приводимыми доводами согласился сразу, а вот женщина уперлась. Ей непременно надо было попасть на плато. Видимо, только вновь усилившийся дождь заставил ее отступить от своего решения.

Помогли им собраться, подсушиться, обогреться, покормили. Сами они были уже настолько замерзшими, промокшими и деморализованными, что развести костер не могли. Затем переправили их на другой берег и посоветовали остановиться в избушке, что будет на их пути. Там обсушиться, обогреться, отоспаться и затем уже выдвинуться к кордону Усть-Ляга.

На обратном пути заглянули на кордон и узнали, что на другой день «горе путешественники» добрались до места, через день их отвезли в Усть-Илыч, там посадили на автобус, идущий в Троицко-Печорск.

После этих событий мы собрали вещи, поместили их на возвышенное место, подложив под них бревнышки, и накрыли пленкой. Лодку отогнали в заливчик и вытащили на берег.

Река просто бурлила. За ночь, по нашим замерам, воды прибыло около двадцати сантиметров.

Двигаясь по тропе к плато Маньпупунёр, увидели, что ручьи превратились в речушки, поляны — в болото, кое-где появились озерца.

Да, в этих условиях наши новые знакомые вряд ли смогли бы остаться целыми и невредимыми.

Поскольку мы не выспались, то двигались довольно медленно, с остановками. Дорога шла вверх, и это еще больше затрудняло движение.

Начало смеркаться, а мы еще не вышли даже из леса на горную тундру. Пришлось срочно искать место для ночевки. Темнело быстро. Мы оказались в густом хвойном лесу, да еще за горой, за которую садилось солнце.

Облюбовали первую более-менее ровную площадку, быстро поставили палатку. Виктор занялся костром, а я пошел искать воду. В горах это проблема. Проходил более полу-часа. Воду нашел, а вот обратную дорогу потерял. Тем временем стемнело. Что делать? Попробовал кричать. Ответа не последовало. Впопыхах не взял с собой рацию ROGER Кр-23, что хорошо зарекомендовала себя в прошлые наши поездки.

Через некоторое время увидел над вершинами деревьев некое подобие света. Это Виктор, забеспокоившийся моим долгим отсутствием, подбросил в костер веток. Костер вспыхнул на короткое время, осветив вершины не таких уж высоких деревьев.



Ручьи превратились в речушки



Двигались с остановками, медленно



Крутой затяжной подъем со значительным грузом за спиной



В начале показались макушки кекуров, стоящих на плато Маньпупунёр

Теперь направление движения стало понятным, и через некоторое время вышел к палатке.

Повесили котелок. Приготовили ужин. Поели нехотя. Несмотря на усталость, спать легли не сразу.

Забрались в палатку, и тут выяснилось, что по ее центру находится огромный пенёк, которого из-за мха в сумерках мы не заметили.

Кое-как разместились по сторонам пня и заснули.

Проснулись довольно поздно. Утро было солнечным, но прохладным. Солнце до палатки не доставало, поэтому спалось хорошо.

Вечером Виктор залил кипятком в термос, поэтому, не тратя время на разведение костра, быстро позавтракали, собрали вещи и выдвинулись. Теперь надо было добраться до столбов до прилета вертолета.

Задача оказалась та еще... Крутой затяжной подъем со значительным грузом за спиной. Правда, погода радовала. Солнце, легкий ветерок, температура воздуха 10–12°C. Кругом ягоды морошки, брусники, водяники, черники... В горах они созревают практически в одно время. Получается такой яркий разноцветный ковер. Настроение улучшилось.

Наконец вышли к останцам. В начале показались их макушки, затем они стали постепенно выплывать из-за края плато. И... Вот они! Увидели их во всей их красе.

Хоть до этого я здесь уже побывал дважды, все равно это зрелище завораживает.

Завораживают и сами столбы, и тот вид, что открывается с плато. Как передать это словами — не знаю. Лучше смотрите фотографии.

Дошли до останца «Большой брат» и расположились у его основания. Все хорошо, впечатление несколько испортил тот мусор, что оставили здесь нерадивые «дикие» туристы.

Ждем вертолет. А пока сходили за водой и дровами. Вскипятили воду, побрились, умылись... В общем, привели себя в порядок перед встречей с делегацией. Затем приготовили обед... Жизнь наладилась!

Солнышко нагрело камни, и за ветром стало совсем тепло. Запорхали бабочки, появился шмель...



Яркий разноцветный ковер

В это благолепие вторгся посторонний шум. Вертолет. Через некоторое, очень короткое, время он приземлился в отдалении от столбов. На земле его было не видно. Залетел за горку и скрылся из глаз. Спустя пару минут из-за этой горки появилась группа из восьми человек. Они чуть ли не бегом направились к останцам, сфотографировались рядом с ними и также быстро направились к вертолету. Мы успели лишь поздороваться с двумя знакомыми, входящими в эту делегацию. Вскоре вертолет поднялся в воздух и исчез. Мы вновь остались вдвоем на плато Маньпупунёр.

Теперь нам предстояло найти место для лагеря и готовиться к ночлегу. Мы еще не ведали того, что нас ожидает.

Отойдя от Истуканов метров сто – сто пятьдесят в сторону горы Бубен, вышли к ручью. В отличие от предыдущих лет в это дождливое лето ручей был наполнен водой. Выбрали ровную площадку и поставили палатку, заготовили дрова.

Виктор предложил мне прогуляться по плато, а сам взялся за приготовление ужина. Я на всякий случай прихватил с собой компас и рацию. Напарник рации проверил, свою поставил на прием. Мол, если что...

Никак не ожидал, что в горах так быстро темнеет. Не успел отойти от лагеря и двухсот метров, а уже наступили сумерки. Через некоторое время поднялся довольно сильный ветер, послышались завывания.

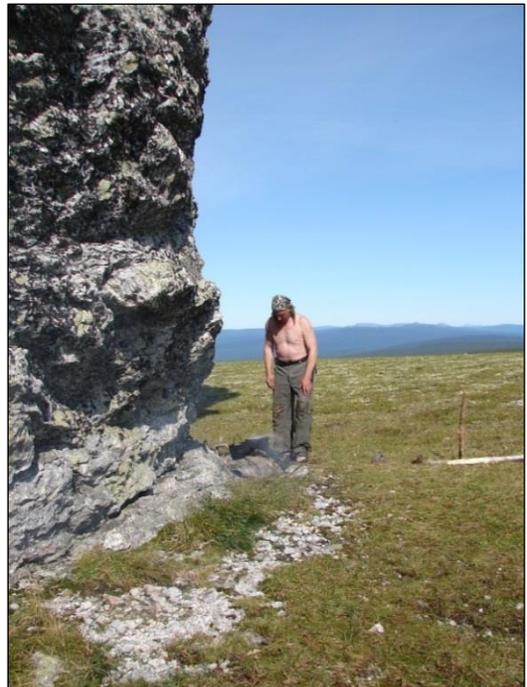
Дошел до столбов, от них спустился к останцу Сестра, за которым находятся скалки Дом или Чум. Здесь ветер оказался особенно силен. Стемнело. Стало как-то не по себе.

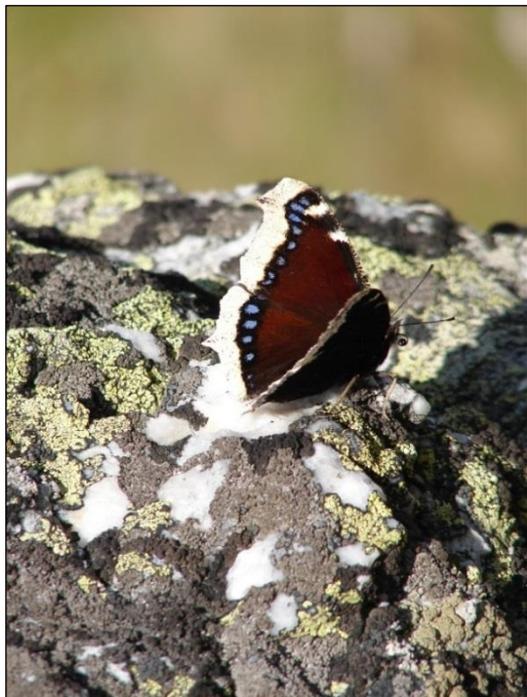
Решил пройти по кромке площадки, где расположены эти реликты. Начал движение от останца Чум, но там оказался отвесный обрыв. Учтывая сильный ветер, отошел от скалы и пошел вдоль них, а затем свернул направо к истукану Старший брат.





Завораживают и сами столбы, и тот вид, что открывается с плато





**Расположились у основания останца Большой брат.
Пригрело солнце и появились бабочки**

Вынырнула Луна. Однако в ее свете ориентироваться стало намного сложнее.

Попытался связаться с Виктором, но из рации раздавались только хрипы. Попробовал определить направление по компасу, но его стрелка устроила «танец».

Продвигаясь далее, забрел в заросли кустарника, сквозь которые невозможно было продрасться. Да и не видно было, что там впереди. Включенный фонарик толком ничего в этом переплетении стволов и ветвей не позволял рассмотреть.

Пришлось вернуться к останцам Сестра и Чум и уже оттуда двигаться сквозь кусты в направлении лагеря. Рация по-прежнему издавала только хрипы.

Сюда при свете дня дошел без труда, а вот обратно двигаться было очень тяжело.

Наконец наткнулся на русло ручья и по нему уже дошел до лагеря.

Виктор был, мягко говоря, встревожен.

– Ты куда пропал? На вызовы по рации не отвечаешь, на крики не реагируешь. Разводил огонь чуть не до небес, не реагируешь. Сходил уже к столбам, тебя не нашел. Подавал сигналы фонарем, ноль реакции. Где ты бродил?!

Странно, но я этого ничего не видел и не слышал.

Мне казалось, что я отсутствовал около часа. Виктор показал на часы и... Н...да! Прошло более трех часов!

Как тут не поверить многочисленным легендам, что связаны с Маньпупунёр.

На другой день оказалось, что мои часы стоят. И стоят с прошлого дня, с того момента, как только я отошел от палатки в сторону идолов.

Виктор еще немного поворчал, разогрел ужин, мы поели и улеглись спать. Ночью пошел дождь, прекратившийся только к семи утра.

Вылезли из палатки... Вся округа оказалась затянутой туманом такой густоты, что в пяти метрах что-либо распознавалось с трудом. Через пару часов туман немного развеялся, стало видно метров за пятьдесят.



Впечатление портит мусор, что оставили «дикие» туристы



Следы посадки «дикого» вертолета



Следы протектора вездехода у истуканов

И это в заповедной зоне, у Столбов

К вопросу: «Почему так не любят «диких» туристов?»

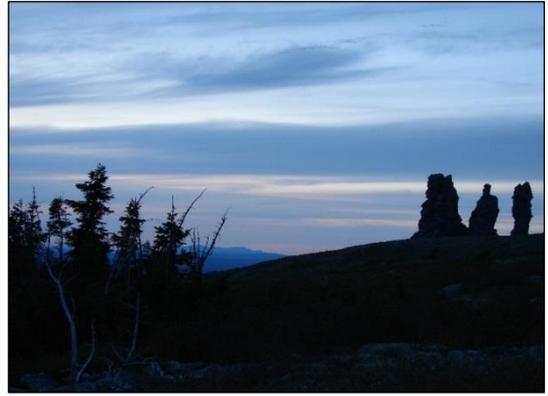


Вертолет приземлился в отдалении от столбов. Спустя пару минут появилась группа из восьми человек.



Выбрали площадку, поставили палатку, заготовили дрова

Развели костер, позавтракали. Опять заморосило. То ли туман садится, то ли дождь идет. Непонятно. Да и не важно. Все вокруг, а также наша одежда, рюкзаки, палатка, спальники — все пропиталось влагой. Ни о какой работе, конечно, речи не могло и быть. Пошли поглазеть на столбы. Чем еще заняться? Бродили как «ежики в тумане». Промокли насквозь. Струйки потекли по телу, в сапогах захлюпало.



Ночь на плато Маньпупунёр

Водное царство. Всевластие водной стихии.

Вечером подсушили одежду и спальники над костром, в палатке зажгли пару свечей для «сугрева» и улеглись спать. Однако сон не шел, мерзли, да и спальники и одежда достаточно быстро опять отсырели. Бр-р-р-р.



Обратно пришлось идти в тумане

Вылезли, развели костер, кипятили чай и грелись. Так прошла ночь. Около семи часов утра туман почти развеялся, и Виктор ушел по своим орнитологическим делам. Мне предстояло приготовить обед и пособирать беспозвоночных для коллекции в зоомузей университета.



Внизу тумана не было. Было ясно и светло. На листьях светились капельки воды

Обед-то приготовил, а вот с беспозвоночными ничего не получилось. Опять наполнил туман. Теперь оставалось только надеяться на опыт Виктора, его знание местности. Вернулся он на два часа позже условленного срока. Теперь была моя очередь волноваться... Рация ROGER Кр-23 опять не сработала, хотя позже, когда мы спустились с плато, с ней проблем не было. Работала исправно.

Пообедали и принялись за сушку одежды и спальников. В палатке зажгли свечи, чтобы она хоть немного просохла. Затем разогрели еще несколько камней на костре и занес-

ли их в наше жилище. На какое-то время все это сработало. Как приятно было оказаться в относительно сухой одежде, теплом спальном мешке и сухой палатке! Блаженство! Уснули сразу.

Поскольку Виктор не успел закончить свои дела, пришлось еще задержаться на одну ночь.

Около часа ночи опять пошел дождь, причем неслабый. Палатка быстро промокла, стала намокать и наша одежда, и спальники. Мало того, палатка стала подтекать. Под ней потекли ручейки. Земля уже не впитывала воду. Да, ночь выдалась тяжелой.

Так промаялись до четырех утра. Вылезли из палатки, развели костер, немного согрелись, приготовили завтрак.

Около семи часов дождь закончился, и Виктор отправился по своим делам, доделывать прерванную вчера работу.

Все это время над плато нависали тучи, но в целом было довольно ясно. Однако к одиннадцати часам вновь наполнился туман. Вернулся Виктор. Пообедали и стали собираться в обратный путь. Идти пришлось в тумане. Одежда, рюкзаки, лицо, руки — все было в воде. По лицу и рукам текли струйки воды.

Вокруг водное царство. Под ногами мох напитан водой, вода во всех впадинках на почве, углублениях на камнях, по истуканам тоже стекают струйки воды, в воздухе висят капли воды. И ни ветерка.

Мир воды, да и только!

Подошли к краю площадки и начали спускаться, надеясь наткнуться на тропинку, ведущую к реке, где оставили вещи и лодку.

Каковы были наше удивление и радость, когда через некоторое время все вокруг прояснилось. Внизу тумана не было. Было ясно и светло. На листьях светились капельки воды.

К концу дня мы подошли к реке и остановились на той же площадке, где ночевали перед походом на Маньпупунёр. Поставили палатку, развели костер. Достали сухую одежду, переоделись.

Жизнь наладилась!

Ночь провели спокойно, хотя опять шел неслабый дождь. Однако в палатке, покрытой пленкой, он был не страшен.

Утром мы быстро собрались и тронулись в путь. Остановились ненадолго на кордоне Усть-Ляга, узнали о судьбе наших новых знакомых и отправились далее по своим делам.

Нам предстояла ночевка в избе Эдик-керка у скалы Кыбла-кырта, а далее дорога на реку Укью.