

ISSN 1810-9810

ПРИРОДНЫЕ РЕСУРСЫ

NATURAL RESOURCES

**№ 1
2021**

Научное издание
SCIENTIFIC EDITION

Национальная академия наук Беларуси
Министерство природных ресурсов и охраны
окружающей среды Республики Беларусь
National Academy of Sciences of Belarus
Ministry of Natural Resources and Environmental
Protection of the Republic of Belarus

Навуковы часопіс
«ПРЫРОДНЫЯ РЭСУРСЫ»
Выдаецца з 1996 года
Выходзіць 2 разы ў год
Красавік 2021 г.

Заснавальнікі:
Нацыянальная акадэмія навук Беларусі
Міністэрства прыродных рэсурсаў і аховы
навакольнага асяроддзя
Рэспублікі Беларусь

Галоўны рэдактар
Міхаіл Яфімавіч Нікіфараў

Рэдакцыйная калегія:
І. І. Ліштван (намеснік галоўнага рэдактара),
А. І. Чайкоўскі (намеснік галоўнага рэдактара),
Я. В. Рошчына (вядучы рэдактар журналу),
М. П. Аношка, У. М. Байчораў, А. І. Барадзін, С. У. Буга,
І. В. Войтаў, С. Я. Галаваты, М. Р. Гермянчук, В. І. Гіпчык,
В. В. Грычык, С. В. Дзямідава, С. А. Дубянок,
М. А. Ерэска, Дз. Л. Іваноў, А. І. Кавалевіч,
М. В. Клебановіч, А. М. Корбут,
К. У. Кузняцова, Б. В. Курзо, Р. Ю. Лабазнаў, В. В. Лапа,
С. А. Лысенка, А. А. Махнач, А. В. Нявераў,
А. В. Пугачэўскі, В. П. Сяменчанка, А. Э. Томсан,
В. С. Хоміч, У. У. Ціток, В. С. Шымава

Адрас рэдакцыі:
вул. Акадэмічная, 1, к. 119,
220072, г. Мінск
Тэл. +375 17 272 19 19.
E-mail: prirod_res@mail.ru

Падпісныя індэксы:
012762 ведамасны
01276 індывідуальны

Камп'ютарная верстка Ю. А. Агейчык
Падпісана да друку 07 красавіка 2021 г.
Фармат 60 × 84 1/8. Папера афсетная. Друк лічбавы.
Ум. друк. л. 15,11. Ул.-выд. л. 16,65.
Наклад 64 экз. Заказ 65.
Кошт: індывідуальная падпіска – 22,32 руб.,
ведамасная падпіска – 22,65 руб.

Выдавец і паліграфічнае выкананне:
Рэспубліканскае ўнітарнае прадпрыемства
«Выдавецкі дом «Беларуская навука».
Пасведчанні аб ДРВВРДВ № 1/18 ад 02.08.2013,
№ 2/196 ад 05.04.2017, ЛП № 02330/455 ад 30.12.2013.
Вул. Ф. Скарыны, 40, 220141, г. Мінск

Scientific Journal
“NATURAL RESOURCES”
Published since 1996
Issued twice a year
April 2021

Founders:
National Academy of Sciences of Belarus
Ministry of Natural Resources and
Environmental Protection
of the Republic of Belarus

Editor-in-Chief
Michael Yefimovich Nikiforov

Editorial board:
І. І. Lishtvan (Associate Editor-in-Chief)
А. І. Tchaikovsky (Associate Editor-in-Chief),
Ya. V. Roshchina (Lead Editor),
V. M. Baichorov, O. I. Borodin, S. V. Buga, I. V. Voitov,
M. G. Germenchuk, V. I. Gipchik, S. E. Golovaty,
V. V. Grichik, S. V. Demidova, S. A. Dubenok,
M. A. Yeresko, D. L. Ivanov, N. V. Klebanovich,
A. I. Kovalevich, A. N. Korbut, E. V. Kuznetsova,
B. V. Kurzo, R. Yu. Labaznov, V. V. Lapa, S. A. Lysenko,
A. A. Makhnach, A. V. Neverov,
M. P. Onoshko, A. V. Pugachevskii, V. P. Semchenko,
V. V. Titok, A. E. Tomson, V. S. Khomich, O. S. Shimova

Address of editorial office:
1, Akademicheskaya str., room 119, 220072, Minsk,
Republic of Belarus.
Phone: 375 17 272 19 19
E-mail: prirod_res@mail.ru

Subscription indices:
012762 departmental
01276 individual

Computer imposition Yu. A. Aheichyk
Signed for publication April 07, 2021
Format 60 × 84 1/8. Offset paper. Seal digital.
Related press sheet 15.11. Publisher's signatures 16.65.
Circulation 64 copies. Order 65.
Price: individual subscription – 22,32 BYN,
departmental subscription – 22,65 BYN.

Publisher and printing:
Republican Unitary Enterprise
“Publishing house “Belarusian Navuka”.
Certificates by SRPMDPE N 1/18 on 08.02.2013,
N 2/196 on 05.04.2017, LP N 02330/455 on 30.12.2013.
Str. Skorina, 40, 220141, Minsk

СОДЕРЖАНИЕ

КЛИМАТИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ

Болотько Л. М., Людчик А. М., Умрейко С. Д. Динамичные климатические нормы метеопараметров для г. Минска	5
Мельник В. И., Пискунович Н. Г., Буяков И. В., Яцухно В. М., Шумская Т. Г. Пространственно-временные изменения почвенных засух на территории Белорусского Полесья в условиях современного изменения климата	15

ВОДНЫЕ РЕСУРСЫ

Данилович И. С., Квач Е. Г., Журавович Л. Н., Пискунович Н. Г. Современные изменения режима увлажнения в теплый период года и условий формирования стока летне-осенней межени на реках Беларуси.	22
--	----

МИНЕРАЛЬНО-СЫРЬЕВЫЕ РЕСУРСЫ

Гуринович М. П. Условия формирования ультрабазит-базитов аргеловщинского комплекса кристаллического фундамента Беларуси.	34
Плакс Д. П., Мурашко О. В. Стратиграфия и ихтиофауна верхнеэмско-эйфельских отложений в разрезах скважин Быховская 1 и Кормянская 1 на востоке Беларуси (на англ. яз.)	40

БИОЛОГИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ

Яцына А. П., Гигиняк Ю. Г., Бородин О. И., Андреев М. П., Лукашанец Д. А., Гайдашов А. А. Антарктические сборы лишайников в гербарии Института экспериментальной ботаники им. В. Ф. Купревича Национальной академии наук Беларуси	68
Вежновец В. В., Лапука И. И. Пространственное распределение зоопланктона и зообентоса в озере Барковщина Ушачского района Беларуси	76
Сауткин Ф. В., Лазаренко М. В., Буга С. В. Насекомые – вредители свидин и дёрен (Cornus s.l.) в декоративных зеленых насаждениях Беларуси.	84
Алехнович А. В., Молотков Д. В. Распространение речных раков в водных объектах Браславского района Витебской области Беларуси	94

ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ, ЭКОЛОГОБЕЗОПАСНЫЕ И РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ

Машкин И. А., Шуканов В. П., Мельникова Е. В., Корытько Л. А., Полянская С. Н. Использование природных тритерпеновых регуляторов роста на посевном и посадочном материале ели европейской (<i>Picea abies</i>) ...	99
---	----

ОБЗОРЫ

Михеева Т. М. Редкие, чужеродные, охраняемые и другие примечательные виды альгофлоры Беларуси. ...	108
---	-----

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

Островский А. М. <i>Chrysopa gibeauxi</i> (Leraut, 1989): первые для Беларуси регистрации малоизвестного вида златоглазок	127
--	-----

CONTENTS

CLIMATIC RESOURCES

- Bolotsko L. M., Liudchik A. M., Umreiko S. D.** Dynamic climatic normals of meteorological parameters for Minsk 5
- Melnik V. I., Piskunovich N. G., Buyakov I. V., Yatsukhno V. M., Shumskaya T. G.** The spatio-temporal pattern of soil droughts on the territory of the Belarussian Polesia in accordance with current climate change 15

WATER RESOURCES

- Danilovich I. S., Kvach E. G., Zhuravovich L. N., Piskunovich N. G.** Current changes of precipitation in warm season and streamflow formation during low-flow period over territory of Belarus 22

MINERAL RESOURCES

- Hurynovich M. P.** Formation conditions of the ultrabasic rocks from the argelovschinsky complex of the crystalline basement of Belarus 34
- Plax D. P., Murashko O. V.** Stratigraphy and ichthyofauna of the Upper Emsian-Eifelian deposits in the Bykhov 1 and Korma 1 borehole sequences in the east of Belarus 40

BIOLOGICAL RESOURCES

- Yatsyna A. P., Hihiniak Yu. H., Borodin O. I., Andreev M. P., Lukashanets Dz. A., Gaidashov A. A.** Antarctic collection of lichens in the herbarium of V. F. Kuprevich Institute of experimental botany of the National Academy of Sciences of Belarus 68
- Vezhnavev V. V., Lapuka I. I.** Spatial distribution of zooplankton and zoobenthos in lake Barkovshchina Ushachsky district of Belarus 76
- Sautkin F. V., Lazarenko M. V., Buga S. V.** Pests of Dogwoods (*Cornus* s.l.) in green areas in Belarus 84
- Alekhnovich A. V., Molotkov D. V.** Current distribution of crayfish in water bodies on Braslav territory, Vitebsk region, Belarus 94

NATUREMANAGEMENT, ECOLOGICALLY SAFE AND RESOURCE-SAVING TECHNOLOGIES

- Mashkin I. A., Shukanov V. P., Melnikova E. V., Korytsko L. A., Polyanskaya S. N.** The use of natural triterpene growth regulators on seeds and seeding materials of European Spruce (*Picea Abies*) 99

REVIEWS

- Mikheeva T. M.** Rear, alien, protected and other notable species of the algal flora of Belarus 108

SHORT MESSAGES

- Ostrovsky A. M.** *Chrysopa Gibeauxi* (Leraut, 1989): the first registration for Belarus of a little-known species of lacewing 127

ЗМЕСТ

КЛІМАТЫЧНЫЯ РЭСУРСЫ

- Балацько Л. М., Людчык А. М., Умрэйка С. Дз.** Дынамічныя кліматычныя нормы метэапараметраў для г. Мінска ... 5
- Мельнік В. І., Піскуновіч Н. Г., Буякоў І. В., Яцухна В. М., Шумская Т. Р.** Прасторава-часавыя змяненні глебавай за-сухі на тэрыторыі Беларускага Палесся ва ўмовах сучасна-га змянення клімату 15

ВОДНЫЯ РЭСУРСЫ

- Даніловіч І. С., Квач Е. Г., Журавовіч Л. Н., Піскуновіч Н. Г.** Сучасныя змяненні рэжыму ўвільгатнення ў цё-плы перыяд году і умоў фарміравання сцёку летне-асенней межані на рэках Беларусі 22

МІНЕРАЛЬНА-СЫРАВІННЫЯ РЭСУРСЫ

- Гурыновіч М. П.** Умовы фарміравання ультрабазіт-ба-зітаў аргелайшчынскага комплексу крышталічнага фунда-менту Беларусі 34
- Плакс Д. П., Мурашка В. В.** Стратыграфія і іхтыяфаўна верхнеэмска-эйфельскіх адкладаў у разрэзах свідравін Бы-хаўская 1 і Кармянская 1 на ўсходзе Беларусі 40

БІЯЛАГІЧНЫЯ РЭСУРСЫ

- Яцына А. П., Гігіняк Ю. Р., Барадзін А. І., Андрэеў М. П., Лукашанец Дз. А., Гайдашоў А. А.** Антарктычныя зборы лі-шайнікаў у гербарыі Інстытута эксперыментальнай батанікі імя В. Ф. Купрэвіча Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі. . . 68
- Вежнавец В. В., Лапука І. І.** Прасторавое размерка-ванне зоопланктону і зообентасу ў возеры Баркаўшчына ўшацкага раёна Беларусі 76
- Сауткін Ф. В., Лазарэнка М. У., Буга С. У.** Насякомыя – шкоднікі свідзін і дзеёранаў (*Cornus* s.l.) у дэкаратыўных зялё-ных насаджэннях Беларусі 84
- Аляхновіч А. В., Малаткоў Д. В.** Распаўсюджванне рачных ракаў у водных аб'ектах Браслаўскага раёна Віцеб-скай вобласці Беларусі 94

ПРЫРОДАКАРЫСТАННЕ, ЭКОЛАГАБЯСПЕЧНЫЯ І РЭСУРСАЗБЕРАГАЛЬНЫЯ ТЭХНАЛОГІІ

- Машкін І. А., Шуканаў В. П., Мельнікава А. У., Ка-рыцька Л. А., Палянская С. Н.** Выкарыстанне прыродных трытэрапенавых рэгулятараў росту на пасяўным і пасадач-ным матэрыяле елкі еўрапейскай (*Picea Abies*) 99

АГЛЯДЫ

- Міхеева Т. М.** Рэдкія, чужародныя, ахоўныя і іншыя зна-мянальныя віды альгафлоры Беларусі 108

КАРОТКІЯ ПАВЕДАМЛЕННІ

- Астроўскі А. М.** *Chrysopa Gibeauxi* (Leraut, 1989): першыя для Беларусі рэгістрацыі малавядомага віду залатавачок. . . 127

КЛИМАТИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ
CLIMATIC RESOURCES
КЛІМАТЫЧНЫЯ РЭСУРСЫ

УДК 551.58

Л. М. Болотько, А. М. Людчик, С. Д. Умрейко*Национальный научно-исследовательский центр мониторинга озоносферы Белорусского государственного университета, Минск, Беларусь, e-mail: liudchikam@tut.by***ДИНАМИЧНЫЕ КЛИМАТИЧЕСКИЕ НОРМЫ МЕТЕОПАРАМЕТРОВ ДЛЯ г. МИНСКА**

Аннотация. Динамические климатические нормы температуры, скорости ветра, относительной влажности и облачности рассчитаны на основании данных наблюдений на Минской метеорологической станции за период 1985–2019 гг. с использованием кубической модели многолетнего тренда. Результаты для большинства сезонов заметно отличаются от прогноза, полученного ранее на основании данных за 1985–2015 гг. и квадратичной модели тренда. Сделан вывод о неудачной модели тренда, использованной в проведенных ранее расчетах. Обсуждаются возможности и способы построения удовлетворительной модели тренда, роль оценки статистической значимости в выборе модели и прогностические возможности динамической климатической нормы.

Ключевые слова: динамическая климатическая норма, температура воздуха, скорость ветра, влажность, облачность, многолетний тренд

L. M. Bolotsko, A. M. Liudchik, S. D. Umreiko*National Ozone Monitoring Research Centre of the Belarusian State University, Minsk, Belarus, e-mail: liudchikam@tut.by***DYNAMIC CLIMATIC NORMALS OF METEOROLOGICAL PARAMETERS FOR MINSK**

Annotation. Dynamic normals of temperature, wind speed, relative humidity, and cloud cover have been computed employing a multiyear trend cubic model on the basis of observation data collected at the Minsk Meteorological Station for the period of 1985–2019. The results for most seasons differ substantially from the forecast obtained previously on the basis of data for 1985–2015 and the quadratic trend model. The conclusion is drawn about the inadequacy of the trend model used in earlier calculations. The possibilities and methods of constructing a satisfactory trend model, role of statistical significance estimation in model selection, and prognostic capabilities of the dynamic climate normal are discussed.

Keywords: dynamic normal, air temperature, wind speed, humidity, cloud cover, multiyear trend

Л. М. Балацько, А. М. Людчык, С. Дз. Умрэйка*Нацыянальны навукова-даследчы цэнтр маніторынгу азонасферы Беларускага дзяржаўнага ўніверсітэта, Мінск, Беларусь, e-mail: liudchikam@tut.by***ДЫНАМІЧНЫЯ КЛІМАТЫЧНЫЯ НОРМЫ МЕТАПАРАМЕТРАЎ ДЛЯ Г. МІНСКА**

Анатацыя. Дынамічныя кліматычныя нормы тэмпературы, хуткасці ветру, адноснай вільготнасці і воблачнасці разлічаны на аснове дадзеных назіранняў, атрыманых на Мінскай метэаралагічнай станцыі ў 1985–2019 гг. з выкарыстаннем кубічнай мадэлі шматгадовага тренду. Вынікі для большасці сезонаў прыкметна адрозніваюцца ад прагнозу, які грунтуваўся на дадзеных за 1985–2015 гг. і зыходзіў з квадратычнай мадэлі тренду. Зроблена выснова аб няўдачай мадэлі тренду, выкарыстанай у папярэдніх разліках. Абмяркоўваюцца магчымасці і шляхі стварэння здавальняючай мадэлі тренду, роля ацэнкі статыстычнай значнасці ў выбары мадэлі і прагнастычныя магчымасці дынамічнай кліматычнай нормы.

Ключавыя словы: дынамічная кліматычная норма, тэмпература паветра, хуткасць ветру, вільготнасць, воблачнасць, шматгадовы тренд

Введение. Одной из основных характеристик климата являются климатические нормы метеопараметров, которые, согласно ортодоксальному определению Всемирной метеорологической организации (ВМО, 1933), определяются по средним значениям, рассчитанным за период в 30 лет. Следующее тридцатилетие позволяет рассчитать новые климатические нормы, сравнить с предыдущими и сделать вывод об изменении климата, а также количественно оценить

величину этого изменения. Вероятно, предложенный алгоритм мог удовлетворительно работать до 20-го столетия, однако уже в середине прошлого века появилась критика принятого определения климатической нормы (подробности и ссылки приведены в [1]). В последние десятилетия, когда мы являемся свидетелями весьма быстрых и резких изменений климата, стало абсолютно очевидным, что такое определение не удовлетворяет потребностям науки и практики. Это обстоятельство не осталось незамеченным и уже во второй половине 20-го века был предложен ряд усовершенствований определения климатической нормы [1], детализирующих описание быстро меняющейся ситуации. Нам представляется, что наиболее удачным является подход К. Я. Винникова с соавторами [2–5], сформулировавшими концепцию «динамической» климатической нормы. Согласно [2–5], наблюдаемое в данный момент времени t значение метеопараметра $y(t)$ следующее:

$$y(t) = Y(t) + \varepsilon(t), \quad (1)$$

где $Y(t)$ – динамическая климатическая норма метеопараметра, $\varepsilon(t)$ – случайные кратковременные флуктуации относительно нормы. Это стандартное представление результатов измерений, особенности заключаются в определении нормы.

Динамическая климатическая норма является суммой двух слагаемых:

$$Y(t) = A(t) + Tr(t). \quad (2)$$

Здесь первое слагаемое представляет собой циклическую часть, повторяющуюся из года в год, второе – многолетний тренд, в общем случае зависящий от времени (в том числе и от времени суток). Таким образом, динамическая климатическая норма допускает трансформацию во времени при переходе от одного года к другому, т. е. позволяет отразить изменения климата в течение периода, который используется для ее определения. Это одно из существенных достоинств нового определения.

С некоторой вероятностью экстраполяция полученных результатов позволяет судить об ожидаемых изменениях в будущем. Условия обеспечения качества такой экстраполяции обсуждаются далее.

Обе составляющих нормы представляются в виде произведения конечных сумм рядов Фурье с основными периодами, равными длительности года и суток. В частности, если предполагается линейная модель тренда,

$$Tr(t) = B(t)t,$$

где $B(t)$ – произведение упомянутых сумм рядов Фурье. В случае квадратичной модели

$$Tr(t) = B(t)t + C(t)t \cdot t,$$

где $C(t)$ – аналогичное разложение. В данной публикации используется кубическая модель тренда. Параметры модели (коэффициенты разложений функций $A(t)$, $B(t)$, $C(t)$ и $D(t)$) определяются посредством минимизации отклонений модели нормы от измеренных значений на протяжении всего рассматриваемого периода:

$$\sum_t [y(t) - A(t) - B(t)t - C(t)t \cdot t - D(t)t \cdot t \cdot t]^2 \rightarrow \min.$$

Более подробные сведения о деталях расчетов приведены в работах [6, 7]. Следует заметить, что представление нормы в виде суммы ограниченного ряда Фурье полностью устраняет существующую в рамках традиционных подходов проблему наличия пропусков в данных наблюдений и неравномерности их рядов: аппроксимация данных наблюдений известной функцией не критична по отношению к названной проблеме [4].

Нельзя сказать, что концепция динамической климатической нормы абсолютно совершенна. Основной проблемой при ее реализации является необходимость задания модели многолет-

него тренда. Это сложная задача, и ее неудачное решение может служить источником ошибок и недоразумений при интерпретации результатов. Пожалуй, формирование модели тренда – самый важный элемент расчетов с использованием названной концепции.

В работах [1, 8, 9] на основании данных наблюдений за период 1985–2015 гг. были рассчитаны динамические климатические нормы температуры воздуха, скорости ветра, абсолютной влажности и облачности для всех областных центров Беларуси. К настоящему времени стали доступными данные за последующие 4 года. Это позволяет оценить эффективность использованной модели тренда для прогноза будущего поведения названных метеопараметров, проверить корректность выработанного ранее прогноза и сделать выводы о наиболее вероятном поведении метеопараметров в ближайшем будущем.

Ниже приведены результаты применения концепции динамической климатической нормы к анализу наблюдений за названными выше метеопараметрами на метеорологической ст. Минск. Обсуждаются проблемы моделирования многолетнего тренда и предсказательные возможности методики. Именно качество получаемого прогноза имеет решающее значение в эпоху быстрого изменения климата. Результаты анализа для других областных городов будут представлены в следующих публикациях.

Исходные данные и детали расчета. В качестве исходных использованы данные наблюдений на ст. Минск за период 1985 – середина 2019 г. (всего около 100 000 измерений). В рядах данных присутствуют пропуски нескольких месяцев. Авторы полагают, что это существенно не повлияло на качество результатов.

Разложение циклической части всех норм (функция $A(t)$) содержит произведения гармоник с периодами 1, 1/2 и 1/3 года и 1 и 1/2 суток. Для описания многолетнего тренда (функции $B(t)$, $C(t)$ и $D(t)$) использованы разложения в виде произведений гармоник с периодами 1, 1/2 года и 1, 1/2 суток. Всего разложение нормы содержит 124 слагаемых. Вполне вероятно, что среди них присутствует много несущественных, однако на данном этапе выявление значимости отдельных членов не является целью исследования. Более того, авторы ограничиваются только графическим представлением результатов и не приводят полученные коэффициенты разложения для обсуждаемых климатических норм. Подробные данные расчетов могут быть представлены по запросу liudchikam@tut.by.

Температура воздуха. На рис. 1 показан суточный ход нормы температуры в разные сезоны 1988, 2015 и 2020 гг., рассчитанный, как и в [1], на 15 января, 15 апреля, 15 июля и 15 октября каждого года. Рассчитывались также нормы суточного хода и других метеопараметров. На эти же даты определялись многолетние тренды метеопараметров, за исключением сезонных трендов температуры (рис. 2), где проводилось усреднение тренда по всему сезону. Причина в том, что на данном рисунке сравниваются нормы сезонных трендов со средними значениями наблюдений в каждом сезоне, а тренды, отнесенные к серединам сезонов, несколько отличаются от среднесезонных и сравнение было бы некорректным. Отметим, что 2020-й год выпадает из интервала, использованного для расчетов нормы, и относится к области прогноза. Поскольку, согласно наблюдениям метеорологов, в сезон декабрь 2019 – февраль 2020 г. зима так и не наступила, прогноз оказался качественно верным.

Зимой, весной и летом дневные и ночные температуры со временем растут. В последние годы летний рост незначителен. Осенью тренд нормы температуры после 2015 г. показывает медленное ее понижение. Эти результаты не совпадают с прогнозом, сделанным в [1] на основании наблюдений за более короткий период 1985–2015 гг. и при использовании квадратичной модели тренда. Тогда отмечалось снижение после 2000 г. зимних температур и рост осенних. Как будет показано далее, причиной несоответствия оказалась использованная в [1] недостаточно «гибкая» модель многолетнего тренда.

На рис. 2 приведены рассчитанные многолетние тренды температуры воздуха в различные сезоны, объясняющие «странное» поведение ее суточного хода со временем. Здесь представлены тренды среднесезонных температур и их сравнение с усредненными по сезонам наблюдениями. По сравнению с результатами, представленными в [1], тренды сезонных температур

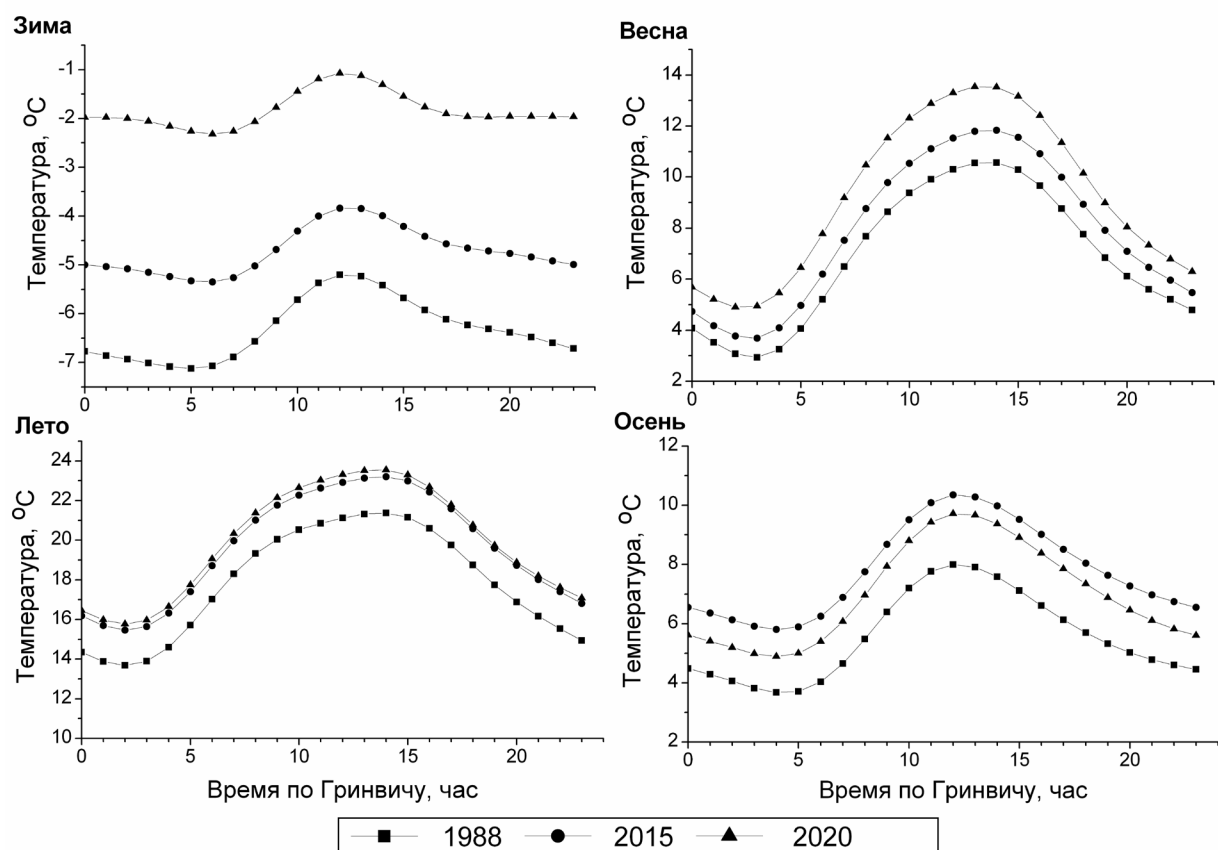


Рис. 1. Суточный ход нормы температуры в разные сезоны в 1988, 2015 и 2020 гг.

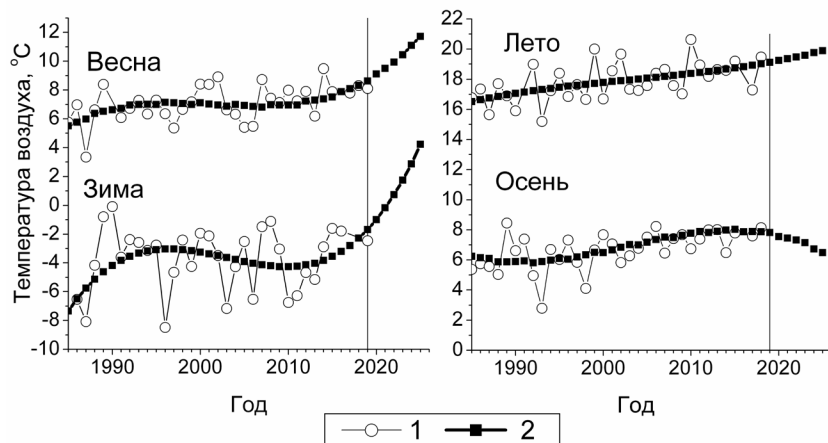


Рис. 2. Среднесезонные температуры воздуха (1) и их многолетние тренды (2).
Вертикальная черта отделяет область прогноза

практически не изменились за использованный в [1] период наблюдений. Наибольшие различия произошли только для зимнего сезона. Однако несколько увеличилась прогнозная скорость роста температуры в весенний и летний периоды. Существенно изменился прогноз будущего поведения температуры в осенний и особенно зимний сезоны. Так, ранее предсказанный рост осенних температур не оправдался после 2015 г. и сменился их постепенным снижением. А прогнозировавшееся похолодание зимнего сезона, согласно новым расчетам, продолжалось только

приблизительно до 2010 г. и сменилось резким потеплением. Как уже отмечалось, это результат использования в [1] модели тренда с недостаточным числом степеней свободы, не способной учесть сложные трансформации анализируемых метеопараметров в течение периода наблюдений.

Скорость ветра. Данные наблюдений показывают заметное снижение скорости ветра к 2015 г. и последующее ее увеличение. Это же подтверждают и рассчитанные многолетние тренды (рис. 3). После 2015 г. норма скорости ветра зимой, весной и летом начинает быстро расти. Исключением является осенний сезон: в течение всего обработанного периода норма скорости ветра линейно снижается, однако не так быстро, как предсказывали расчеты в [1]. Форма кривых суточного хода скорости ветра в различные сезоны хорошо согласуется с приведенной в [8].

Влажность. Рассчитанные многолетние тренды относительной влажности представлены на рис. 4. В работах [1, 9] определялись климатические нормы не относительной, а абсолютной влажности, влияющей на скорость химических реакций паров воды и их производных с загрязнителями воздуха. Поэтому для выявления различий, обусловленных выбором модели тренда, авторами были проведены расчеты нормы относительной влажности с использованием также и квадратичной модели. Заметные различия в результатах относятся к периоду после 2010 г.

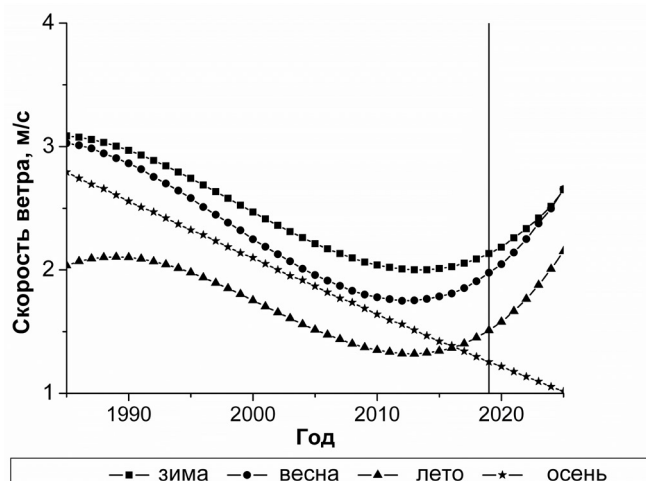


Рис. 3. Тренды среднесуточной скорости ветра в разные сезоны. Вертикальная линия отделяет область прогноза

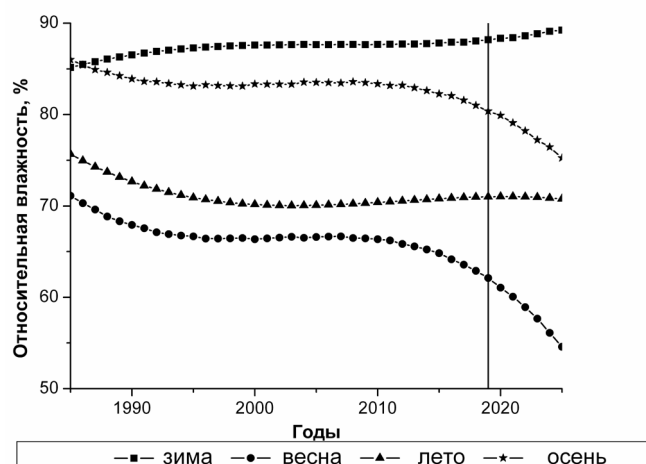


Рис. 4. Многолетние тренды относительной влажности в разные сезоны. Вертикальная черта отделяет область прогноза

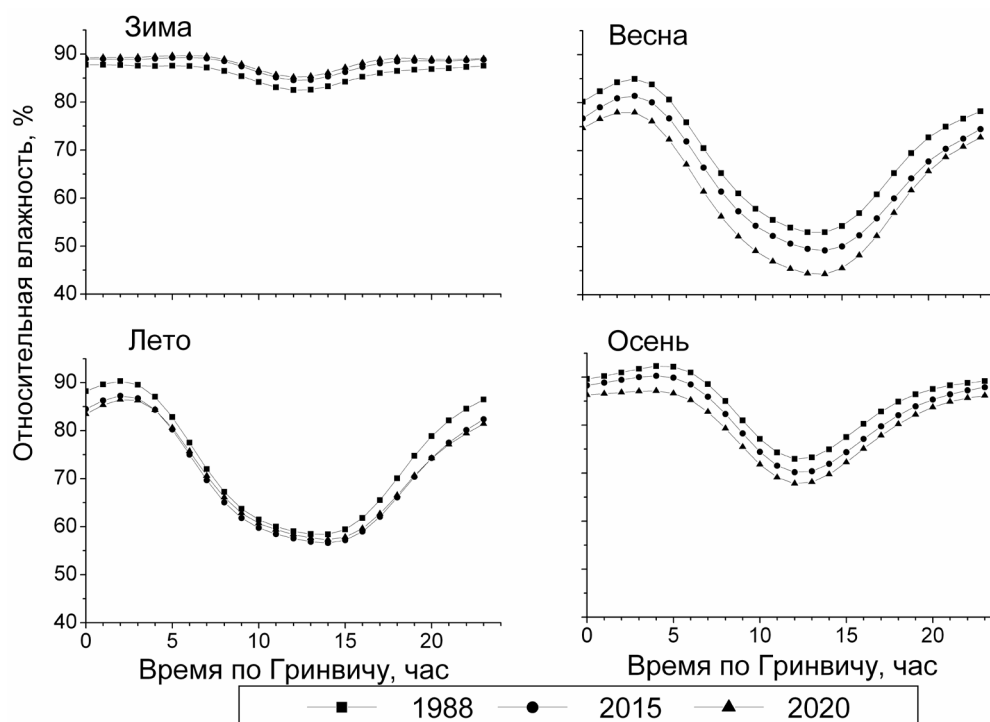


Рис. 5. Суточный ход относительной влажности в разные сезоны 1988, 2015 и 2020 гг.

в зимний, весенний и осенний сезоны. В летний период совершенствование модели тренда не приводит к существенному изменению результатов. Зимой снижение влажности после 2010 г. в рамках квадратичной модели сменилось слабым ростом, весной рост сменился на быстрое уменьшение влажности. Осенью заметно более быстрое уменьшение влажности по сравнению с квадратичной моделью тренда.

Суточный ход относительной влажности в разные сезоны и годы представлен на рис. 5. Влажность незначительно снижается во все сезоны, кроме зимнего, что полностью согласуется с поведением многолетних сезонных трендов (рис. 4). Относительная влажность сильно зависит от температуры воздуха. Именно поэтому она заметно уменьшается в дневное время во все сезоны, кроме зимнего.

Абсолютная влажность. Абсолютная влажность по сравнению с относительной в меньшей степени зависит от температуры, которая влияет на эффективность испарения влаги растительностью и с поверхности земли – процесс, в основном определяющий концентрацию молекул воды в воздухе. Рассчитанные многолетние тренды приведены на рис. 6. По сравнению с расчетами, базировавшимися на квадратичной модели тренда [1, 9] и показывавшими падение влажности зимой к 2015 г., в рамках кубической модели наблюдается рост после 2010 г. Весной оба расчета демонстрируют слабый рост влажности и практически не отличаются. Летом влажность стабилизировалась к 2019 г., хотя квадратичная модель показывала рост. Осенью влажность снижается после 2010 г. (квадратичная модель тренда показывала рост). В [1] уже отмечалось качественное подобие годовых ходов и многолетних трендов температуры и абсолютной влажности. Расчеты с модифицированной моделью тренда также демонстрируют такое подобие. Суточный ход абсолютной влажности менее выражен по сравнению с относительной.

Облачность. Балльность облачности – один из метеорологических параметров, определяющих уровень солнечной радиации у поверхности земли, от которого существенно зависит эффективность химических реакций в загрязненном приземном воздухе. Балльность облачности тесно связана с относительной влажностью воздуха в приземном слое и вертикальной устойчивостью атмосферы. В годовом ходе облачности проявляются локальные минимумы в конце весны и в конце лета, коррелирующие с минимумами относительной влажности [9].

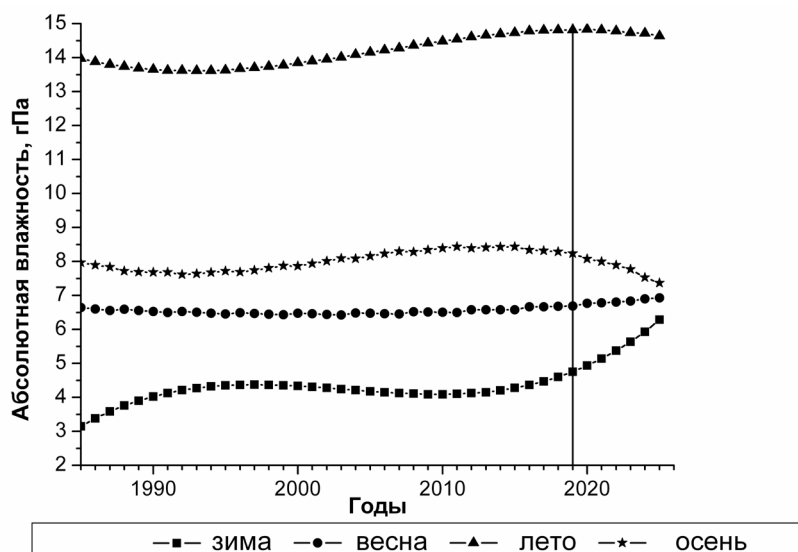


Рис. 6. Многолетние тренды абсолютной влажности в разные сезоны. Вертикальная линия отделяет область прогноза

Суточный ход облачности в разные сезоны показан на рис. 7. Зимой она почти не меняется в течение суток, точно так же как и относительная влажность. Весной и летом максимум приходится на послеполуденное время, осенью проявляется слабо, а зимой почти незаметен.

На рис. 8 представлен многолетний тренд облачности в разные сезоны. Очевидно, что зимняя кривая в области прогноза ведет себя неправильно, поскольку превышает максимально возможные значения при приближении к 2025 г. Более подробно проблема корректности прогноза обсуждается в следующем разделе.

Выбор модели тренда и достоверность прогноза. Как отмечалось в предыдущих разделах, качество результатов расчетов динамических климатических норм существенно зависит от корректности выбора модели многолетнего тренда. Особенно это относится к получаемому

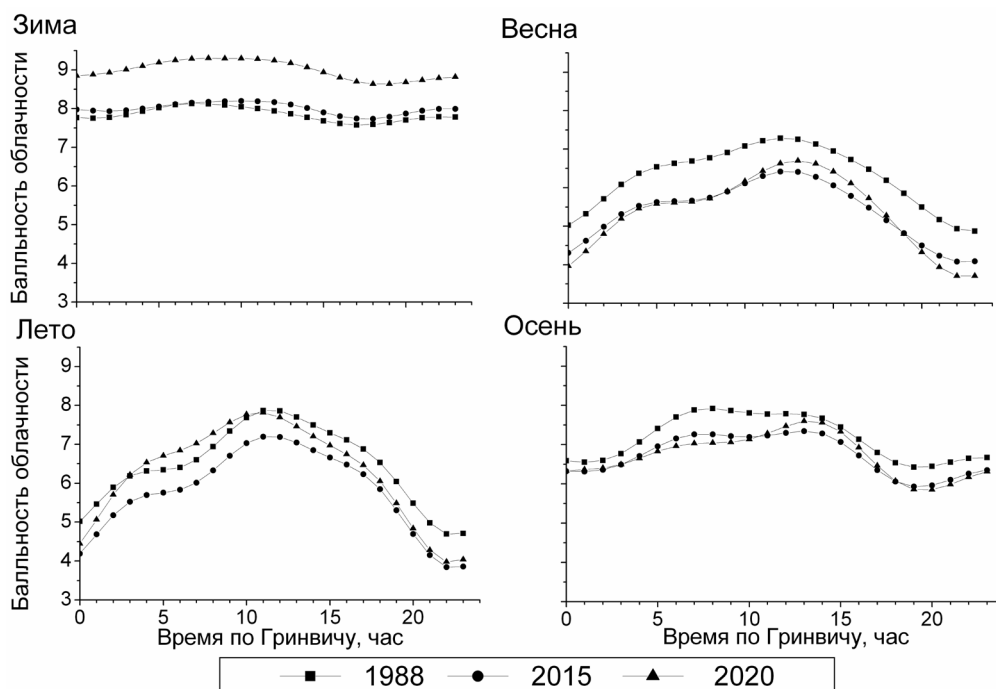


Рис. 7. Суточный ход облачности в зависимости от сезона в разные годы

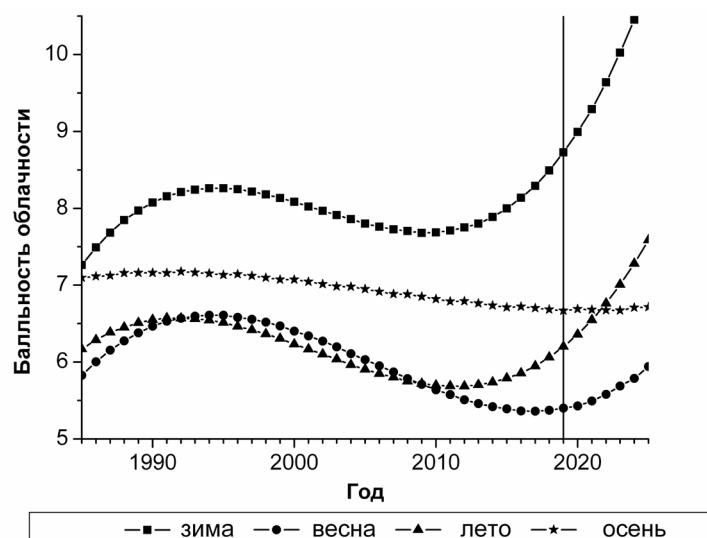


Рис. 8. Многолетние тренды среднесуточной балльности облачности.
Вертикальная линия отделяет область прогноза

экстраполяцией прогнозу будущего поведения метеопараметров. Поэтому важно обсудить причины не очень удачного такого выбора в [1, 8, 9], чтобы избежать подобных ошибок в будущем.

Следует заметить, что авторы концепции динамической климатической нормы в своих исследованиях никогда не выходили за рамки модели линейного тренда. Авторами [1] впервые применена более сложная квадратичная модель, хотя уже тогда можно было обнаружить основания для ее дальнейшего усложнения.

Возможно, на это также повлияли статистические оценки качества уравнения регрессии с использованием критерия Фишера [10], базирующегося на сравнении объясненной уравнением регрессии дисперсии и дисперсии данных наблюдений. Огромное число наблюдений, участвовавших в расчетах, способствовало уверенному выводу о статистической значимости использованного варианта уравнения, а проверка рациональности добавления кубических членов в модель тренда с последующей оценкой их значимости не была проведена по названной выше причине.

Между тем, эти действия позволили бы обнаружить эффективность применения более гибкой модели тренда уже тогда (рис. 9). В частности, прекратившееся снижение зимних температур и начавшееся после 2010 г. их увеличение качественно верно описываются в рамках кубической модели тренда даже с использованием ограниченного 2015-м годом набора данных наблюдений. Следует заметить, что на этом рисунке (в отличие от рис. 3) приведены рассчитанные многолетние тренды температуры для середины каждого из сезонов, а не их среднесезонные значения.

Кстати, авторы [1] отметили присутствие повторяющихся с некоторой цикличностью отклонений измеренных среднемесячных значений температуры воздуха от рассчитанных на основании полученной климатической нормы (рис. 1 в [1]). Однако этому не было уделено должного внимания, и несовершенство квадратичной модели тренда осталось незамеченным. Цикличность легко обнаружить, если сгладить отклонения среднемесячных наблюдений от рассчитанной климатической нормы (рис. 10). Как видно, отклонения возникают с периодичностью, близкой к шести годам, а возможно, и к трем. Правда, попытка учета этого обстоятельства предполагает включение в модель тренда циклической составляющей (отличной от полиномиальной) с меняющейся, судя по рис. 10, периодичностью. Это сложная задача, поскольку уравнение регрессии становится явно нелинейным. Здесь очень полезной может оказаться информация о возможных геофизических причинах такой цикличности, что позволило бы судить об обоснованности дальнейшей модификации модели тренда.

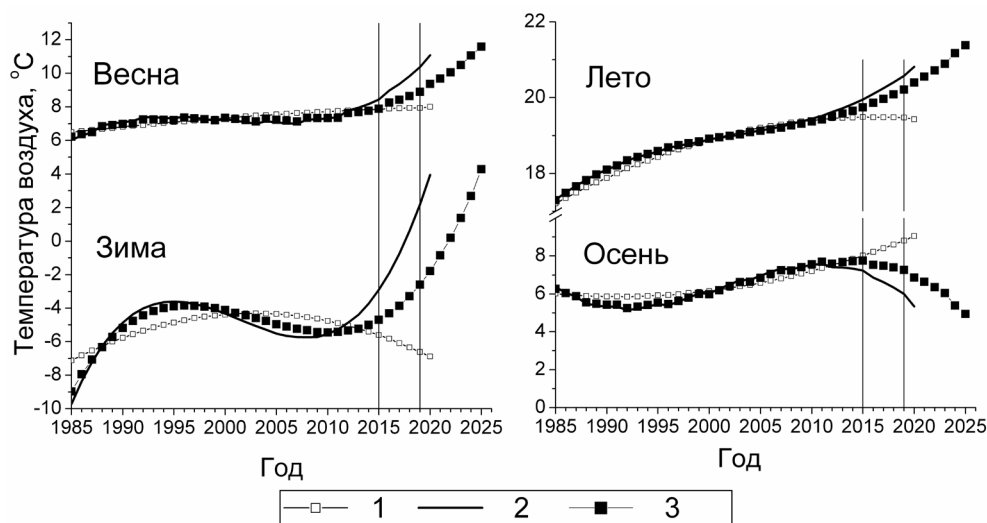


Рис. 9. Многолетние тренды температуры воздуха с использованием данных наблюдений за периоды 1985–2015 и 1985–2019 гг. Вертикальные линии отделяют области прогноза для первого и второго периодов. 1 – квадратичная модель тренда, первый период (согласно [1]), 2 – кубический тренд и первый период, 3 – кубический тренд и второй период

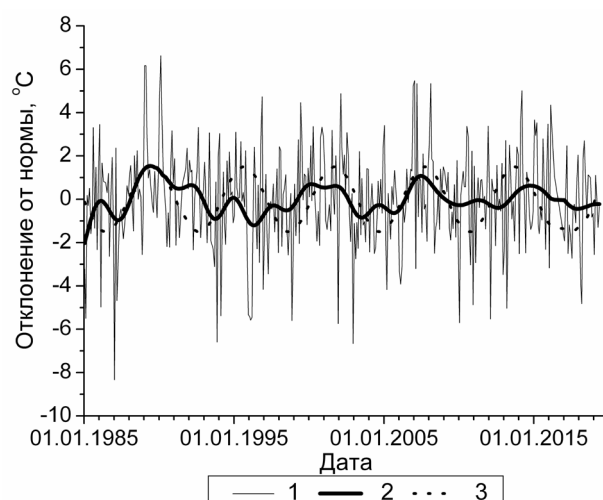


Рис. 10. Отклонение среднемесячных значений температуры воздуха от среднемесячной нормы (1). 2 – результат сглаживания отклонений, 3 – синусоидальная функция с периодом 6 лет

Самые существенные отличия проведенного расчета от выполненного в [1] относятся к прогнозу будущего поведения метеопараметров. Сравнение прошлого прогноза с результатами расчета с использованием модели кубического тренда за более длительный период наблюдений, почти охватывающий область предыдущего пятилетнего прогноза, демонстрирует недостатки модели квадратичного тренда.

Статистическая значимость отдельных коэффициентов регрессии может оказаться полезной при анализе необходимости их присутствия для корректного описания результатов уже полученных наблюдений, но она имеет мало практической ценности в области прогноза. Более полезной и существенной здесь является дополнительная информация (не связанная со статистикой) о процессах, «управляющих» атмосферой, и их характерных временах действия.

В частности, допущенных ошибок прогноза в [1] можно было бы избежать при более тщательном анализе исходных данных. В качестве примера можно сослаться на [11], где были представлены вполне обоснованные соображения о нецелесообразности усложнения модели тренда стратосферного озона посредством перехода к ее кубической версии.

Судить о прогностических возможностях использованного подхода можно посредством сравнения ранее полученного прогноза с результатами последующих наблюдений или их обработки. Это и было сделано в настоящей публикации. Выполненное сравнение показывает, что при удачном выборе модели многолетнего тренда прогноз на несколько лет вперед оказывается качественно верным.

Заключение. В данной публикации описаны результаты применения концепции динамичной климатической нормы для анализа поведения некоторых метеорологических параметров в г. Минске в течение периода 1985–2019 гг. и прогноза их дальнейшего поведения в ближайшие годы. Использована модель кубического тренда. Прогноз будущего поведения многолетних трендов метеопараметров в ряде случаев качественно отличается от полученного ранее с использованием квадратичной модели тренда.

Обсуждены вопросы выбора модели многолетнего тренда метеопараметров с целью получения более достоверного прогноза. Помимо статистических критериев, здесь может оказаться полезной дополнительная информация из альтернативных источников о тенденциях и причинах изменения изучаемых метеопараметров. Возможно, более перспективным окажется использование моделей многолетнего тренда, отличных от полиномиальной.

Список использованных источников

1. *Людчик, А. М.* Динамичные климатические нормы и многолетние тренды метеопараметров для г. Минска / А. М. Людчик, В. И. Покаташкин, Е. В. Комаровская // Природные ресурсы. – 2016. – № 1. – С. 64–71.
2. Analysis of seasonal cycles in climatic trends with application to satellite observations of sea ice extent / K. Y. Vinnikov [et al.] // Geophys. Res. Lett. – 2002. – Vol. 29, no. 9. doi: 10.1029/2001GL014481
3. Diurnal and seasonal cycles of trends of surface air temperature / K. Y. Vinnikov [et al.] // J. Geophys. Res. – 2002. – Vol. 107, no D22. – P. 4641. doi:10.1029/2001JD002007
4. Analysis of diurnal and seasonal cycles and trends in climatic records with arbitrary observation times / K. Y. Vinnikov [et al.] // Geophys. Res. Lett. – 2004. – Vol. 31. L06205. doi:10.1029/2003GL019196
5. Temperature trends at the surface and in the troposphere / K. Y. Vinnikov [et al.] // J. Geophys. Res. – 2006. – Vol. 111. D03106. doi:10.1029/2005JD006392
6. *Людчик, А. М.* Многолетний тренд приземного озона / А. М. Людчик, В. И. Покаташкин // Природные ресурсы. – 2014. – № 1. – С. 97–105.
7. Климатическая норма приземного озона в чистой атмосфере Беларуси / В. В. Божкова [и др.] // Природные ресурсы. – 2019. – № 2. – С. 98–107.
8. *Людчик, А. М.* Региональные особенности климата Беларуси и их изменение в последние десятилетия. I. Температура и скорость ветра / А. М. Людчик, В. И. Покаташкин, В. Я. Венчиков // Природные ресурсы. – 2017. – № 1. – С. 75–82.
9. *Людчик, А. М.* Региональные особенности климата Беларуси и их изменение в последние десятилетия. II. Влажность воздуха и облачность / А. М. Людчик, С. Д. Умрейко // Природные ресурсы. – 2017. – № 2. – С. 83–89.
10. *Бородич, С. А.* Вводный курс эконометрики: учеб. пособие / С. А. Бородич. – Минск: БГУ, 2000. – 354 с.
11. *Божкова, В. В.* Трансформация озонового слоя в средних широтах Северного полушария / В. В. Божкова, А. М. Людчик, С. Д. Умрейко // Природные ресурсы. – 2018. – № 2. – С. 102–111.

Поступила 21.07.2020

ISSN 1810-9810 (Print)
УДК 551.582.2

В. И. Мельник¹, Н. Г. Пискунович¹, И. В. Буяков¹, В. М. Яцухно², Т. Г. Шумская³

*¹Институт природопользования Национальной академии наук Беларуси, Минск, Беларусь,
e-mail: v.melnik 2016@mail.ru, buyakov-ivan@mail.ru, phenosphere@gmail.com*

²Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь, e-mail: yatsukhno@bsu.by

³Республиканский центр по гидрометеорологии, контролю радиоактивного загрязнения и мониторингу окружающей среды, Минск, Беларусь, e-mail: apt_agro@hmc.by

ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ПОЧВЕННЫХ ЗАСУХ НА ТЕРРИТОРИИ БЕЛОРУССКОГО ПОЛЕСЬЯ В УСЛОВИЯХ СОВРЕМЕННОГО ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА

Аннотация. Оценена повторяемость почвенных засух на территории Белорусского Полесья с привлечением всех участков, на которых проводилось определение влажности почвы по данным пунктов государственной сети гидрометеорологических наблюдений. Дана оценка продолжительности и повторяемости лет с сильной почвенной засухой в условиях современного изменения климата (1989–2018 гг.). Приведены сравнительные данные повторяемости почвенных засух за современный период потепления и до потепления. Отмечена цикличность изменений числа сильных почвенных засух на территории Белорусского Полесья с периодом 9–12 лет.

Ключевые слова: Белорусское Полесье, изменение климата, влажность почвы, почвенные засухи

V. I. Melnik¹, N. G. Piskunovich¹, I. V. Buyakov¹, V. M. Yatsukhno², T. G. Shumskaya³

*¹Institute of Nature Management of the National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Belarus,
e-mail: v.melnik 2016@mail.ru, buyakov-ivan@mail.ru, phenosphere@gmail.com*

²Belarusian State University, Minsk, Belarus, e-mail: yatsukhno@bsu.by

*³Republican Center of Hydrometeorology, Control of Radioactive Contamination and Environmental Monitoring, Minsk, Belarus,
e-mail: apt_agro@hmc.by*

THE SPATIO-TEMPORAL PATTERN OF SOIL DROUGHTS ON THE TERRITORY OF THE BELARUSSIAN POLESIA IN ACCORDANCE WITH CURRENT CLIMATE CHANGE

Abstract. The recurrence of soil droughts on the territory of the Belarusian Polesia was estimated with the involvement of all areas where soil moisture was determined according to the data of the points of the state network of hydrometeorological observations. An assessment of the duration and the recurrence of years with severe soil droughts under the conditions of modern climate change (1989–2018) is given. Comparative data on the frequency of occurrence of soil for the modern period of warming and before the warming are presented. The cyclical nature of changes in the number of severe soil droughts on the territory of the Belarusian Polesia with a period of 9–12 years was noted.

Keywords: Belarusian Polesia, climate change, soil moisture, soil droughts

В. І. Мельнік¹, Н. Г. Піскуновіч¹, І. В. Буякоў¹, В. М. Яцухна², Т. Р. Шумская³

*¹Інстытут прыродакарыстання Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі, Мінск, Беларусь,
e-mail: v.melnik 2016@mail.ru, buyakov-ivan@mail.ru, phenosphere@gmail.com*

²Беларускі дзяржаўны ўніверсітэт, Мінск, Беларусь, e-mail: yatsukhno@bsu.by

³Рэспубліканскі цэнтр па гідраметэаралогіі, кантролю радыяактыўнага забруджвання і маніторынгу навакольнага асяроддзя, Мінск, Беларусь, e-mail: apt_agro@hmc.by

ПРАСТОРАВА-ЧАСАВЫЯ ЗМЯНЕННІ ГЛЕБАВАЙ ЗАСУХІ НА ТЭРЫТОРЫІ БЕЛАРУСКАГА ПАЛЕССЯ ВА ЎМОВАХ СУЧАСНАГА ЗМЯНЕННЯ КЛІМАТУ

Анатацыя. Ацэнена паўтаральнасць глебавых засух на тэрыторыі Беларускага Палесся з прыцягненнем усіх участкаў, на якіх праводзілася вызначэнне вільготнасці глебы па дадзеных пунктаў дзяржаўнай сеткі гідраметэаралагічных назіранняў. Дана адзнака працягласці і паўтаральнасці гадоў з моцнай глебай засухай ва ўмовах сучаснага змянення клімату (1989–2018 гг.). Прыведзены параўнальныя дадзеныя паўтаральнасці глебавых засух за сучасны перыяд пацяплення і да яго. Адзначана цыклічнасць змяненняў колькасці моцных глебавых засух на тэрыторыі Беларускага Палесся з перыядам 9–12 гадоў.

Ключавыя словы: Беларускае Палессе, змяненне клімату, вільготнасць глебы, глебавыя засухі

Введение. В условиях современного изменения климата проблема засух и засушливых явлений в Республике Беларусь становится все более актуальной и требует принятия действенных мер к адаптации и смягчению последствий, вызванных засухами. Особенно это касается территории Белорусского Полесья, где негативные последствия изменения климата (высокие температуры воздуха, увеличение повторяемости волн тепла, засух и др.) проявляются в большей мере [1–5]. В последних исследованиях были даны оценки увлажнения территории

Белорусского Полесья по основным критериям увлажнения: осадкам, коэффициенту увлажнения ГТК Селянинова, запасам влаги на постоянных участках с различными по механическому составу дерново-подзолистыми типами почв Белорусского Полесья по данным пунктов государственной сети гидрометеорологических наблюдений [1].

Цель настоящего исследования – дать оценку пространственно-временных изменений продолжительности и повторяемости почвенных засух на территории Белорусского Полесья за период потепления (1989–2018 гг.) и в сравнении с периодом 1951–1980 гг. с привлечением данных всех наблюдательных участков, на которых проводилось определение влажности почвы.

Материалы и методы исследований. Для выполнения работы использовались данные Государственного климатического кадастра, запасы продуктивной влаги почвы в слое 0–20 см под сельскохозяйственными культурами на наблюдательных полевых участках государственной сети гидрометеорологических наблюдений Брестской и Гомельской областей за период 1989–2018 гг., определенные в соответствии с ТКП 17.10-09-2008 (02120) «Охрана окружающей среды и природопользование. Гидрометеорология. Правила организации агрометеорологических наблюдений и работ». Повторяемость лет по декадам означает отношение числа лет в одну из декад месяца с запасами влаги 10 мм и менее хотя бы на одном из участков к общему числу лет наблюдений, выраженное в процентах. Аналогично считалась и повторяемость засух по месяцам.

Анализ материалов, построение рисунков, таблиц выполнено с применением программного пакета MS Office Excel.

Результаты и их обсуждение. Оценка увлажнения территории по запасам влаги. В работе [1] приведены запасы влаги на постоянных полевых участках, что позволило оценить тенденции изменения запасов влаги только от погодных условий. В настоящем исследовании привлечены данные всех участков, на которых проводилось определение влажности почвы. Это дало возможность увеличить объемы выборки по влажности почвы за счет использования данных участков с различными по механическому составу почв (кроме торфяных), и уточнить повторяемость почвенных засух. Началом почвенной засухи, в соответствии с установленными критериями, считались запасы продуктивной влаги 10 мм и менее в слое 0–20 см [6]. Эти критерии взяты за основу при расчетах повторяемости и продолжительности почвенных засух. Повторяемость лет с засухами по декадам означает отношение числа лет в одну из декад месяца с запасами влаги 10 мм и менее хотя бы на одном из участков к общему числу лет наблюдений, выраженное в процентах. Аналогично считалась и повторяемость засух по месяцам.

Как и следовало ожидать, вследствие увеличения выборки данных по запасам влаги, повторяемость почвенных засух как по отдельным пунктам наблюдений, так и в целом по областям оказалась в среднем на 5–10 % больше, чем при использовании данных только постоянных полевых участков [1]. Наибольшая повторяемость почвенных засух отмечается на участках с песчаными и рыхлыми супесчаными почвами, подстилаемых песками: Брест, Ганцевичи, Дрогичин, Полесская, Пружаны, Гомель, Октябрь, Мозырь, Василевичи, Жлобин. Наименьшая повторяемость почвенных засух отмечена в пунктах наблюдений Житковичи и Пинск (табл. 1).

За период потепления сроки наступления почвенных засух весной отмечаются раньше, чем прежде. В пунктах наблюдений Брест и Гомель имели место засухи на отдельных наблюдательных участках даже в первую декаду апреля: в 1991 и 2016 гг. соответственно; в пунктах наблюдений Полесская (1994) и Брест (1993) отмечена почвенная засуха во второй декаде апреля, чего раньше не наблюдалось. В третьей декаде апреля почвенные засухи отмечены в районе пунктов наблюдений: Брест (1993), Ганцевичи (2006), Полесская (1999, 2007), Василевичи (2007), Гомель (1996, 2009, 2014), Житковичи, Лельчицы (2009), Мозырь (1993, 2014, 2015), Октябрь (2009, 2011). До периода потепления почвенные засухи в апреле в Брестской области не наблюдались, а их повторяемость в Гомельской области не превышала 6 % [7]. За 1989–2018 гг. повторяемость засух в Брестской области в апреле составила 20 %, в Гомельской выросла до 27 % (табл. 2). Полученные нами результаты о более ранних сроках наступления почвенных засух весной подтверждаются данными исследований, где сокращение сроков наступления

Таблица 1. Повторяемость (%) лет с почвенной засухой по декадам и месяцам в слое 0–20 см по пунктам наблюдений Брестской и Гомельской областей за 1989–2018 гг.

Апрель				Май				Июнь				Июль				Август				Сентябрь				Октябрь			
I	II	III	M-ц	I	II	III	M-ц	I	II	III	M-ц	I	II	III	M-ц	I	II	III	M-ц	I	II	III	M-ц	I	II	III	M-ц
Брестская область																											
Барановичи																											
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	10,0	13,3	23,3	20,0	16,7	23,3	40,0	20,0	6,7	13,3	26,7	13,3	26,7	26,7	33,3	16,7	10,0	3,3	16,7	3,3	3,3	0,0	3,3
0,0	0,0	3,3	3,3	10,0	6,7	16,7	20,0	33,3	30,0	16,7	46,7	23,3	20,0	13,3	30,0	10,0	10,0	13,3	16,7	6,7	6,7	10,0	10,0	3,3	3,3	3,3	3,3
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,7	26,7	30,0	30,0	30,0	26,7	63,3	20,0	13,3	20,0	26,7	26,7	30,0	30,0	46,7	16,7	13,3	6,7	26,7	0,0	0,0	0,0	0,0
Пружаны																											
0,0	0,0	0,0	0,0	3,3	20,0	26,7	36,7	56,7	66,7	53,3	86,7	33,3	36,7	30,0	63,3	26,7	23,3	23,3	40,0	10,0	6,7	6,7	16,7	0,0	0,0	0,0	0,0
Высокое																											
0,0	0,0	0,0	0,0	3,3	13,3	26,7	33,3	46,7	36,7	40,0	73,3	33,3	36,7	43,3	60,0	33,3	36,7	40,0	60,0	13,3	26,7	13,3	33,3	0,0	6,7	0,0	6,7
Полесская																											
0,0	3,3	6,7	10,0	10,0	20,0	43,3	46,7	33,3	43,3	20,0	53,3	26,7	33,3	23,3	46,7	26,7	20,0	13,3	36,7	6,7	10,0	16,7	20,0	6,7	0,0	0,0	6,7
Дрогичин																											
0,0	0,0	0,0	0,0	6,7	13,3	13,3	20,0	13,3	10,0	16,7	30,0	13,3	13,3	10,0	16,7	23,3	23,3	16,7	40,0	13,3	10,0	10,0	16,7	3,3	6,7	6,7	10,0
Пинск																											
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,3	16,7	16,7	20,0	26,7	26,7	36,7	20,0	23,3	26,7	40,0	16,7	33,3	23,3	50,0	16,7	23,3	10,0	30,0	3,3	3,3	0,0	6,7
Брест																											
3,3	3,3	3,3	6,7	6,7	20,0	40,0	43,3	50,0	46,7	46,7	70,0	40,0	36,7	46,7	60,0	23,3	36,7	33,3	56,7	33,3	26,7	13,3	46,7	10,0	6,7	3,3	10,0
Гомельская область																											
Жлобин																											
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	10,0	20,0	23,3	30,0	26,7	23,3	40,0	26,7	16,7	23,3	46,7	26,7	23,3	16,7	36,7	10,0	10,0	0,0	13,3	0,0	6,7	0,0	6,7
Октябрь																											
0,0	0,0	6,7	6,7	3,3	10,0	23,3	30,0	43,3	33,3	43,3	70,0	50,0	30,0	26,7	60,0	50,0	43,3	50,0	66,7	23,3	20,0	10,0	33,3	3,3	0,0	0,0	3,3
Гомель																											
3,3	0,0	10,0	13,3	3,3	16,7	26,7	36,7	33,3	26,7	33,3	53,3	30,0	20,0	26,7	50,0	33,3	30,0	13,3	43,3	13,3	6,7	26,7	3,3	0,0	0,0	3,3	3,3
Василевичи																											
0,0	0,0	3,3	3,3	13,3	13,3	33,3	43,3	43,3	36,7	36,7	56,7	33,3	23,3	26,7	46,7	10,0	10,0	13,3	13,3	10,0	10,0	10,0	23,3	3,3	3,3	0,0	6,7
Житковичи																											
0,0	0,0	3,3	3,3	3,3	6,7	10,0	16,7	23,3	33,3	26,7	50,0	26,7	16,7	16,7	36,7	30,0	20,0	20,0	36,7	0,0	0,0	3,3	3,3	0,0	0,0	0,0	0,0
Мозырь																											
0,0	0,0	10,0	10,0	10,0	10,0	20,0	26,7	33,3	23,3	20,0	40,0	33,3	23,3	16,7	46,7	16,7	16,7	23,3	36,7	3,3	10,0	13,3	20,0	10,0	6,7	0,0	10,0
Лельчицы																											
0,0	0,0	3,3	3,3	6,7	10,0	13,3	23,3	30,0	26,7	30,0	53,3	30,0	13,3	10,0	36,7	20,0	13,3	3,3	26,7	6,7	0,0	0,0	6,7	6,7	0,0	0,0	6,7

почвенных засух весной в среднем для территории Беларуси составило 25–30 % за три последовательных периода (1951–1970, 1971–1990, 1991–2010) для минеральных почв естественного увлажнения под яровыми культурами в слое 0,4 м до значений влажности почвы 0,8 WHB–0,5 WHB (наименьшей влагоемкости) [8]. Уменьшение запасов влаги в апреле обусловлено более ранними весенними процессами (сход снежного покрова, оттаивание и просыхание почвы), существенным повышением температуры воздуха и снижением количества осадков [1].

Результаты исследований показали, что в 1989–2018 гг. почвенные засухи отмечались в течение всего вегетационного периода (апрель–октябрь) практически каждый год в обеих областях (табл. 2). Наибольшая повторяемость почвенных засух в областях наблюдается в летние месяцы. Так, в мае повторяемость засух за современный период потепления в Брестской области выросла в пять раз, в Гомельской – примерно в два раза. В июне увеличение повторяемости почвенных засух составило соответственно 1,7 и 1,3 раза. В среднем за вегетационный период (апрель–октябрь) увеличение повторяемости засух составило 18 % в Брестской и 15 % – в Гомельской области с данными периода до потепления (1951–1980), взятыми из работы [7].

Т а б л и ц а 2. Изменение повторяемости (%) лет с почвенными засухами в Белорусском Полесье

Период	Область	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	IV–X
1951–1980	Брестская	–	14	55	58	54	45	17	–	82
	Гомельская	6	37	66	57	55	35	8	–	85
1989–2018	Брестская	20	73	93	87	87	77	30	3	100
	Гомельская	27	77	87	87	93	60	13	3	100
Разность	Брестская	20	59	38	29	33	32	13	3	18
	Гомельская	21	40	21	30	38	25	5	3	15

Оценка продолжительности почвенных засух. В период вегетации растений почвенная засуха в пахотном слое в отдельные годы может удерживаться на протяжении трех декад подряд и более. Такая засуха считается опасным метеорологическим явлением и относится к экстренной информации [6]. В дальнейшем почвенную засуху продолжительностью три декады подряд и более условно назовем сильной засухой. За 1989–2018 гг. повторяемость сильных засух в целом за вегетационный период (апрель–октябрь) составила 80 % в Брестской области и 77 % – в Гомельской. Наиболее часто сильные засухи встречаются в июне–августе. Повторяемость сильных засух и их максимальная продолжительность приведены в табл. 3.

Как видно из табл. 3 наиболее сильные почвенные засухи за период потепления на большинстве пунктов наблюдений были отмечены в 1994, 2002 и 2015 гг. Максимальная продолжительность сильных засух – 8 декад зафиксирована в Гомеле (08.07–18.09.2014), Бресте (18.07–28.09.2003), Высоком (18.07–28.09.2002 и 18.06–28.08.2015); 7 декад – в Жлобине (18.07–18.09.1994), Василевичах (18.05–18.07.2013), Ганцевичах (28.06–28.08.1994), Дрогичине (28.06–28.08.1994), Ивацевичах (18.07–18.09.2002), Полесской (18.07–18.09.2002). Наибольшая повторяемость сильных засух (%) за весь период вегетации (апрель–октябрь) отмечена в пунктах наблюдений: Брест – 60, Высокое – 53, Пружаны – 53, Полесская – 47, Октябрь – 50, Василевичи – 43, Гомель – 37; наименьшая – в пунктах наблюдений Барановичи, Ганцевичи, Житковичи – 23, Мозырь – 20.

Т а б л и ц а 3. Максимальная продолжительность сильных засух и их повторяемость по пунктам наблюдений Брестской и Гомельской областей за период апрель–октябрь, 1989–2018 гг.

Пункт наблюдений, область	Максимальная продолжительность сильных засух (в декадах)	Годы	Число случаев с сильными засухами (3 декады и более)	Повторяемость (%) лет с сильными засухами (май–октябрь)
Барановичи	5	2015	8	23,3
Брест	8	2003	23	60,0
Высокое	8	2002, 2015	17	53,3
Ганцевичи	7	1994	9	23,3
Дрогичин	7	1994	10	33,0
Ивацевичи	7	2002	9	30,0

Окончание табл. 3

Пункт наблюдений, область	Максимальная продолжительность сильных засух (в декадах)	Годы	Число случаев с сильными засухами (3 декады и более)	Повторяемость (%) лет с сильными засухами (май–октябрь)
Пинск	6	2015	11	30,0
Полесская	7	2002	15	46,7
Пружаны	5	1989, 1991, 1994, 2002, 2012, 2015, 2018	18	53,3
Брестская область				80
Василевичи	7	2013	17	43,3
Гомель	8	2014	12	36,7
Житковичи	5	2013, 2018	10	23,3
Жлобин	7	1994	11	30,0
Лельчицы*	3	1989, 2002, 2004, 2006, 2007	5	24,0
Мозырь	5	2015	9	20,0
Октябрь	6	2004, 2015	20	50,0
Гомельская область				77

* Данные наблюдений за период 1989–2013 гг.

Повторяемость (%) лет с сильными засухами в летний период по месяцам наиболее выражена в районах пунктов наблюдений Брестской области, особенно Брест, Пружаны. В Гомельской области повторяемость наиболее сильных засух отмечена в пунктах наблюдений Василевичи, Гомель, Октябрь. Наибольшая повторяемость сильных засух наблюдается в июне и августе, что объясняется в первую очередь существенным уменьшением осадков в эти месяцы и высокими значениями температуры воздуха за период потепления (рис. 1).

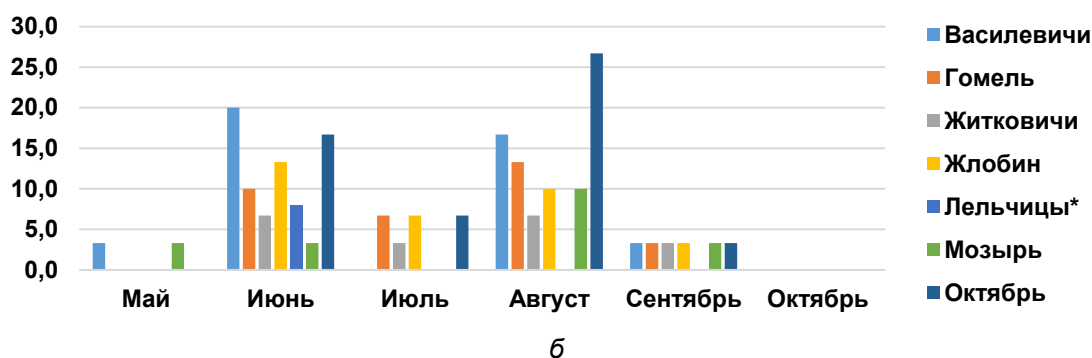
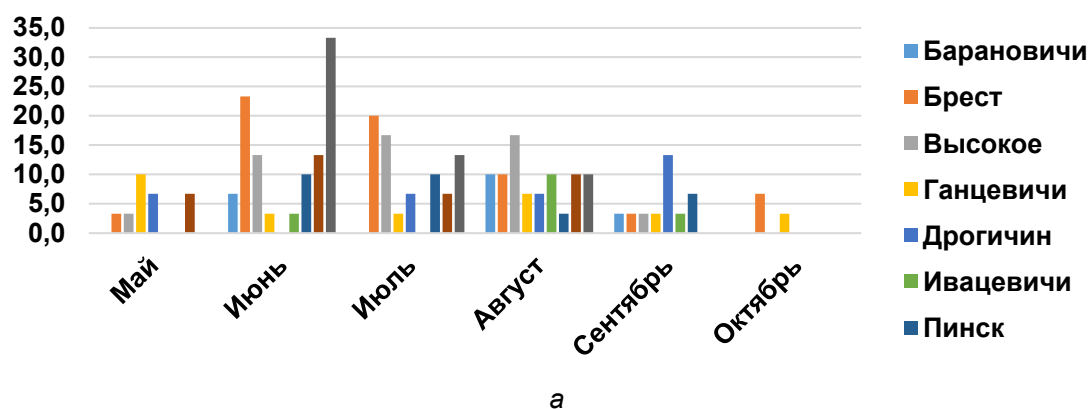


Рис. 1. Повторяемость (%) лет с сильными почвенными засухами в слое 0–20 см в Белорусском Полесье по пунктам наблюдений Брестской (а) и Гомельской (б) областей

При сравнении повторяемости лет с почвенными засухами продолжительностью месяца и более периода 1989–2018 гг. с данными периода до потепления (1951–1980), взятыми из [7], значительный рост повторяемости сильных засух в обеих областях отмечен в течение всего периода вегетации за период потепления. Особенно существенной эта разность наблюдается в мае–августе. В июне повторяемость сильных почвенных засух в Брестской области выросла в 4,4 раза, в Гомельской – в 2,9 раза. В августе повторяемость сильных засух в обеих областях выросла примерно в 3 раза. Повторяемость сильных засух в Брестской области за период потепления во все месяцы, за исключением августа, выше чем в Гомельской, хотя до потепления повторяемость сильных засух была выше в Гомельской области (табл. 4).

Таблица 4. Изменение повторяемости (%) лет с сильными засухами в слое 0–20 см продолжительностью три декады и более в Белорусском Полесье

Период	Область	V	VI	VII	VIII	IX	X	V–VIII	IX–X
1951–1980	Брестская		13	18	10	2	1	–	–
	Гомельская	5	14	15	16	4	2	–	–
1989–2018	Брестская	16,7	57,0	36,7	26,7	20,0	6,7	76,7	23,3
	Гомельская	3,0	40,0	20,0	43,0	6,7	0,0	73,3	10,0
Разность	Брестская	17	44	19	17	18	6	–	–
	Гомельская	-3	26	5	27	4	-2	–	–

При анализе динамики изменения числа случаев с сильными засухами по годам за период май–октябрь 1989–2018 гг., аналогично данным, приведенным в [1], отмечена цикличность их изменений. Цикличность изменений числа сильных почвенных засух на территории Белорусского Полесья с периодом 9–12 лет может быть вызвана цикличностью глобальных

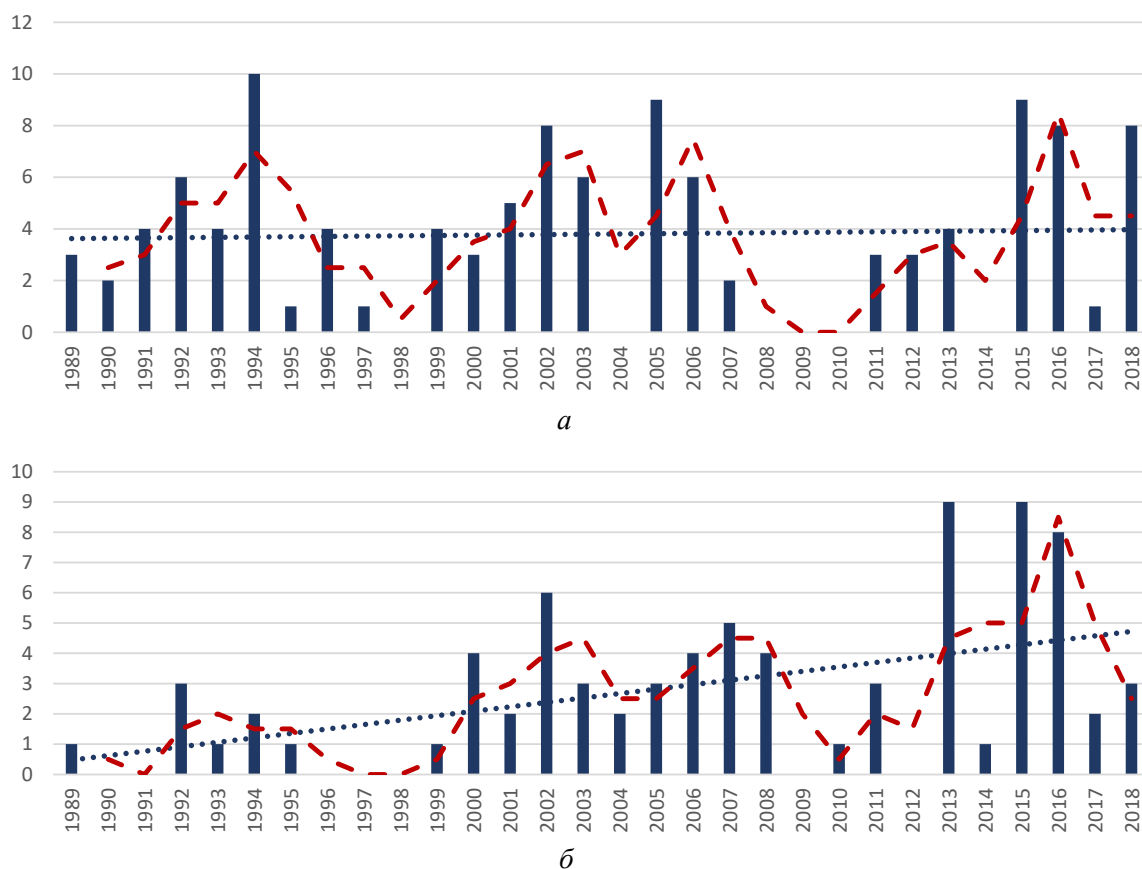


Рис. 2. Динамика изменения суммарного числа случаев с сильными почвенными засухами по пунктам наблюдений Брестской (а) и Гомельской (б) областей по годам за период май–октябрь 1989–2018 гг.

процессов в атмосфере [9]. Исходя из цикличности изменений числа сильных засух, можно прогнозировать их уменьшение в вегетационный период 2019–2022 гг. и максимальный рост примерно к 2025–2026 гг. (рис. 2).

Пространственно-временные изменения повторяемости засух и их продолжительность, выявленные циклы изменения числа почвенных засух необходимо учитывать на ближайшую перспективу при планировании и обосновании рациональных технологий возделывания сельскохозяйственных культур на территории Белорусского Полесья.

Заключение. На территории Белорусского Полесья почвенные засухи наблюдаются практически ежегодно. Отмечен значительный рост повторяемости засух в обеих областях в течение всего периода вегетации в условиях современного изменения климата за 1989–2018 гг. В мае повторяемость засух за период потепления в Брестской области выросла в пять раз, в Гомельской – примерно в два раза. В июне увеличение повторяемости почвенных засух выросло соответственно в 1,7 и 1,3 раза. В среднем за вегетационный период (IV–X) увеличение повторяемости засух составило 18 % в Брестской и 15 % в Гомельской областях по сравнению с периодом 1951–1980 гг. Отмечены более ранние сроки наступления весенних почвенных засух. За 1989–2018 гг. повторяемость засух в Брестской области в апреле выросла до 20 %, а в Гомельской – до 27 % по сравнению с 1951–1980 гг.

Повторяемость сильных почвенных засух в Брестской области за период потепления во все месяцы, за исключением августа, выше чем в Гомельской, хотя до потепления повторяемость сильных засух была выше в Гомельской области. В июне повторяемость сильных засух за период 1989–2019 гг. по сравнению с периодом 1951–1980 гг. в Брестской области выросла в 4,4 раза, в Гомельской – в 2,9 раза; в августе повторяемость сильных засух в обеих областях выросла примерно в 3 раза.

Выявлена цикличность изменений числа сильных почвенных засух на территории Белорусского Полесья с периодом 9–12 лет, которая может быть вызвана цикличностью глобальных процессов в атмосфере. Исходя из цикличности изменений числа сильных засух, можно ожидать уменьшение сильных засух в вегетационный период 2019–2022 гг. и их максимальный рост примерно к 2025–2026 гг.

Пространственно-временные изменения повторяемости засух и их продолжительности, выявленные циклы изменения числа почвенных засух необходимо учитывать на ближайшую перспективу при планировании и обосновании рациональных технологий возделывания сельскохозяйственных культур на территории Белорусского Полесья.

Список использованных источников

1. Оценка влагозапасов и повторяемости почвенных засух на территории Белорусского Полесья в условиях современного изменения климата / В. И. Мельник [и др.] // Природные ресурсы. – 2020. – № 2. – С. 104–115.
2. Данилович, И. С. Современные изменения климата Белорусского Полесья: причины, следствия, прогнозы / И. С. Данилович, В. И. Мельник, Б. Гейер // Журн. Бел. гос. ун-та. Сер. География. Геология. – 2020. – № 1. – С. 3–13.
3. Мельник В. И. Основные результаты мониторинга изменения климата на территории Республики Беларусь / Фитосанитарная ситуация в Беларуси в условиях изменения климата // Институт защиты растений; под ред. С. В. Соколки, Е. А. Якимович. – Минск: Колорград, 2019. – С. 5–13.
4. Логинов, В. Ф. Изменение климата Беларуси: причины, последствия, возможности регулирования / В. Ф. Логинов, С. А. Лысенко, В. И. Мельник: 2-е изд. доп. – Минск: Энциклопедикс, 2020. – 264 с.
5. Логинов, В. Ф. Особенности изменения осадков в Белорусском Полесье в современный период / В. Ф. Логинов, В. И. Мельник // Природные ресурсы. – 2019. – № 2. – С. 108–116.
6. О реализации закона Республики Беларусь «О гидрометеорологической деятельности» [Электронный ресурс] : постановление Совета Министров Респ. Беларусь, 23 янв. 2007 г., № 75 // ЭТАЛОН. Законодательство Республики Беларусь / Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. – Минск, 2007.
7. Агроклиматические ресурсы Белорусской ССР / Госком. СССР по гидромет. и контролю природ. среды. Бел. респ. упр. по гидромет. и контролю природ. среды. Гидромет. центр; под ред. М. А. Гольберга, В. И. Мельника. – Минск, 1985. – 451 с.
8. Вихров В. И. Климатическое сокращение сроков наступления почвенной засухи в Беларуси / В. И. Вихров // Вестн. Белорус. с/х академии. – 2012. – № 4. – С. 111–115.
9. Логинов, В. Ф. Космические факторы климатических изменений / В. Ф. Логинов. – Минск: Беларус. навука, 2020. – 168 с.

Поступила 29.01.2021

ВОДНЫЕ РЕСУРСЫ**WATER RESOURCES****ВОДНЫЯ РЭСУРСЫ**

УДК 551.582, 551.583, 556,5

И. С. Данилович¹, Е. Г. Квач², Л. Н. Журавович², Н. Г. Пискунович¹¹*Институт природопользования Национальной академии наук Беларуси, Минск, Беларусь,
e-mail: irina-danilovich@yandex.ru*²*Республиканский центр по гидрометеорологии, контролю радиоактивного загрязнения
и мониторингу окружающей среды (Белгидромет), Минск, Беларусь***СОВРЕМЕННЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ РЕЖИМА УВЛАЖНЕНИЯ В ТЕПЛЫЙ ПЕРИОД ГОДА
И УСЛОВИЙ ФОРМИРОВАНИЯ СТОКА ЛЕТНЕ-ОСЕННЕЙ МЕЖЕНИ
НА РЕКАХ БЕЛАРУСИ**

Аннотация. Выполнена оценка режима увлажнения территории Беларуси в теплый период года и как результирующего параметра – речного стока в период летне-осенней межени. Установлены тенденции изменения и пространственная дифференциация месячных сумм осадков, максимальных сумм осадков и продолжительность выпадения осадков; выявлены особенности формирования стока в период открытого русла – наименьших расходов воды за сезон и наибольших расходов во время прохождения дождевых паводков. Рассчитаны показатели засушливости территории страны на основании использования стандартизированных индексов (SPI и SSFI), рекомендованных ВМО. Показано, что несмотря на незначительные изменения годовых сумм осадков в период изменения климата Беларуси (1989–2018 гг.), отмечается увеличение интенсивности выпадения осадков и повторяемость засушливых явлений в летние месяцы. В режиме стока, несмотря на отсутствие четких тенденций изменения доли летне-осеннего стока, отмечается увеличение высоты дождевых паводков и/или рост значений наименьших расходов воды периода открытого русла и одновременно увеличение повторяемости очень маловодных периодов.

Ключевые слова: изменение климата, осадки, засухи, речной сток, летне-осенняя межень

I. S. Danilovich¹, E. G. Kvach², L. N. Zhuravovich², N. G. Piskunovich¹¹*Institute of Nature Management of the National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Belarus,
e-mail: irina-danilovich@yandex.ru*²*Republican Center for Hydrometeorology, Radioactive Contamination Control and Environmental Monitoring (BelhydroMet),
Minsk, Belarus***CURRENT CHANGES OF PRECIPITATION IN WARM SEASON
AND STREAMFLOW FORMATION DURING LOW-FLOW PERIOD OVER TERRITORY OF BELARUS**

Annotation. The study presents an assessment of the moistening regime over territory of Belarus in warm season and as resulting parameter – surface streamflow during low-flow season. The tendencies of monthly precipitation, maximal daily totals and duration of rainfall were detected; streamflow characteristics, such as the lowest discharges for the low-flow season and highest discharges of rain floods were estimated. The Standard Precipitation Index and Standard Streamflow Index were calculated to estimate the drying conditions over territory of Belarus. Despite the insignificant change of the annual precipitation during the period of 1989–2018, the intensification of rain falling has increased over territory of Belarus but at the same time the number of meteorological droughts growth in May–September. The streamflow rate didn't change significant but the highest rain floods discharges and/or the lowest discharges during low-flow season has growth (except the Neman River basin) while hydrological droughts repeatability also has increased in all river basins of the study region.

Keywords: climate change, precipitation, droughts, streamflow, low-flow season

I. С. Данилович¹, Е. Г. Квач², Л. Н. Журавовіч², Н. Г. Піскунович¹¹*Інстытут прыродакарыстання Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі, Мінск, Беларусь,
e-mail: irina-danilovich@yandex.ru*²*Рэспубліканскі цэнтр па гідраметэаралогіі, кантролю радыеактыўнага забруджвання
і маніторынгу навакольнага асяроддзя (Белгідрамет), Мінск, Беларусь***СУЧАСНЫЯ ЗМЯНЕННІ РЭЖЫМУ ЎВІЛЬГАТНЕННЯ Ў ЦЁПЛЫ ПЕРЫЯД ГОДА І УМОЎ ФАРМІРАВАННЯ СЦЁКУ
ЛЕТНЕ-АСЕННЕЙ МЕЖАНІ НА РЭКАХ БЕЛАРУСІ**

Анатацыя. Выканана адзнака рэжыму ўвільгатнення тэрыторыі Беларусі ў цёплы перыяд года і як вынікавага параметру – рачнога сцёку ў летне-асеннюю межань. Устаноўлены тэндэнцыі змены і прасторавыя адрозненні месячных сум ападкаў, максімальных сум ападкаў і працягласці выпадзення ападкаў; выяўлены асаблівасці фарміравання сцёку

ў перыяд адкрытага рэчышча – найменшых расходаў вады за сезон і найбольшых расходаў падчас праходжання дажджавых паводак. Разлічаны паказчыкі засушлівасці тэрыторыі краіны на падставе выкарыстання стандартызаваных індэксаў (SPI і SSFI), рэкамендаваных СМА. Паказана, што нягледзячы на нязначныя змены гадавых сум ападкаў у перыяд змены клімату Беларусі (1989–2018 гг.), адзначаецца павелічэнне інтэнсіўнасці выпадзення ападкаў і паўтаральнасць засушлівых з'яў у летнія месяцы. У рэжыме сцёку, нягледзячы на адсутнасць выразных тэндэнцый змены долі летне-асенняга сцёку, адзначаецца павелічэнне вышыні дажджавых паводак і/або рост значэнняў найменшых расходаў вады ў перыяд адкрытага рэчышча і адначасова павелічэнне паўтаральнасці вельмі малаводных перыядаў.

Ключавыя словы: змяненне клімату, ападкаў, засухі, рачны сцёк, летне-асенняя межань

Введение. Климатические изменения на территории Беларуси, отмеченные в начале 1970-х годов, наиболее значимо проявились с 1990-х [1] и отразились на режиме рек [2–4]. Формирование речного стока связано с множеством природных факторов, главным среди которых является режим увлажнения, от которого зависят запасы влаги на водосборах и приток воды в русла рек. Значительные повышения или понижения водности рек зависят от резких аномалий в режиме увлажнения.

В последние годы характерной чертой климата в регионе Европы, и в том числе территории Беларуси, являются засухи и засушливые условия в атмосфере, почве, водных системах, от которых ежегодно страдает значительная часть населения европейского региона. Тенденции частоты метеорологических засух в Европе, установленные на основе стандартизированного индекса осадков (Standard Precipitation Index, SPI) за три месяца (SPI-3) показывают увеличение их повторяемости с 1950 г. в южной Европе и большей части центральной Европы, однако во многих частях северной Европы частота засух снизилась [5]. Ожидается, что частота метеорологических засух (SPI-3) к середине XXI столетия (2041–2070 гг. по сравнению с 1981–2010 гг.) увеличится на большей части региона, в частности в южной части Европы, при этом уменьшение числа засух прогнозируется только для ограниченных частей северной Европы [6]. Тенденции стока в самый засушливый месяц за период 1950–2015 гг. показывают снижение в южной и большей части центральной Европы, но в северной части Европы минимальный сток увеличился [7, 8].

Территория Беларуси располагается в переходной зоне между севером, где отмечается увеличение осадков и минимальный сток увеличивается, и югом, где наблюдается уменьшение осадков и минимального стока. За последние 30 лет, охватывающих период потепления климата Беларуси (1989–2018 гг.), отсутствуют значимые изменения годовых сумм осадков, но в то же время засушливые явления отмечаются более часто [9].

Водные ресурсы страны, которые тесно связаны с режимом выпадения осадков, в 12 % лет в период 1989–2018 гг. были ниже среднего многолетнего значения и составили от 51 до 93 % от средней многолетней величины. Максимальные значения водных ресурсов в этот период отмечены в 1998 г. – 88,88 км³ (второй по величине максимум за весь период наблюдений), что составляет 154 % от средней многолетней величины и в 2013 г. – 73,90 км³ или 128 % от среднего многолетнего значения. Минимальные значения водных ресурсов наблюдались в 2015 г. (51 % от средней многолетней величины). Водные ресурсы, отмеченные в 2015 г., явились абсолютным минимумом более чем за 100-летний период изучения.

В связи с продолжающимся периодом заметного изменения климата, неоднородным пространственным распределением трендов осадков по территории Беларуси и в прилегающих регионах и, как следствие, разнонаправленных изменений условий формирования речного стока, особенно в период открытого русла, актуальность детальных исследований пространственно-временных особенностей режима увлажнения в теплый сезон (май–сентябрь) и изменения стока в период летне-осенней межени на реках Беларуси является несомненной.

Исходные данные и методология. В работе использовали количественные характеристики Государственного климатического и Государственного водного кадастров Республики Беларусь, находящиеся в ведении Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь, а также расчетные статистики и индексы, характеризующие гидроклиматический режим территории Беларуси. Описание исходных данных представлено на рис. 1.

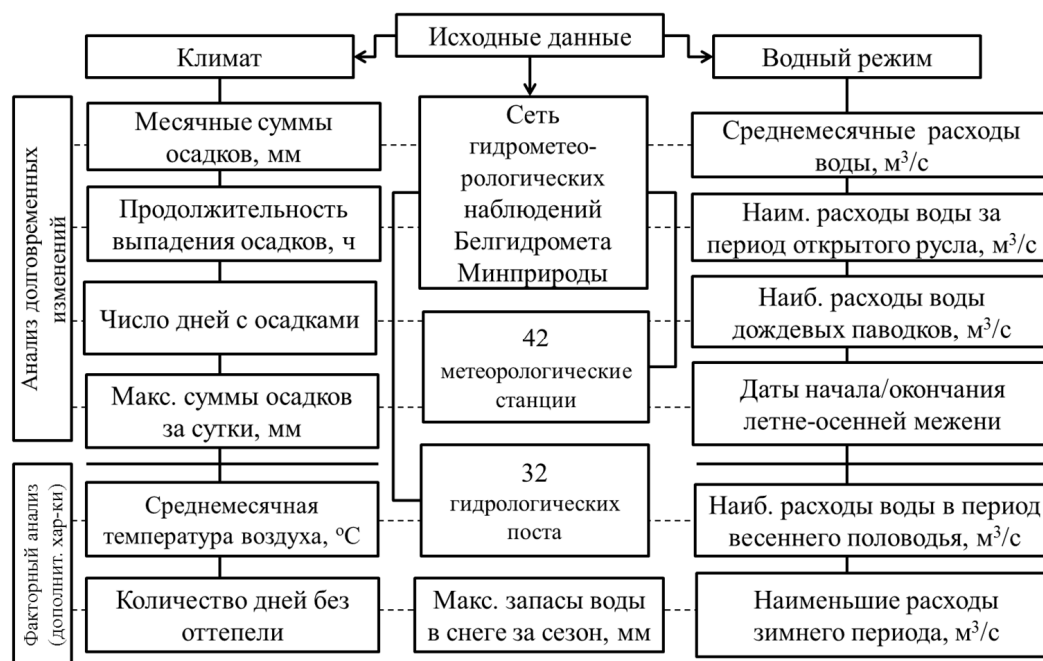


Рис. 1. Перечень климатических и гидрологических характеристик территории Беларуси, используемых в работе

Периоды. Для оценки многолетних колебаний в режиме увлажнения и выявления тенденций гидроклиматических изменений принят период 1948–2018 гг. Современные трансформации режима увлажнения и водного режима за период заметного изменения климата Беларуси рассчитаны за 1989–2018 гг. Для дополнительного анализа принимался 30-летний период 1958–1988 гг., как равнозначный по продолжительности и предшествующий периоду изменения климата Беларуси (1989–2018 гг.) и близкий к предыдущей климатической норме, рекомендованной Всемирной метеорологической организацией (ВМО) 1961–1990 гг.

В соответствии с целью исследования условий формирования речного стока летне-осенней межени на реках Беларуси внутригодовой период для исследования режима увлажнения охватывает май–сентябрь (так как осадки в этот период года обуславливают режим летне-осенней межени на реках страны) и для исследования речного стока – период от даты окончания половодья до даты начала зимнего периода (период открытого русла).

Методология. Для количественной оценки влияния метеорологических параметров на формирование речного стока выполнен факторный анализ, который включал следующие исходные метеорологические параметры: среднемесячные значения температуры воздуха (T_{1-12} , °C), месячные суммы осадков (P_{1-12} , мм), количество дней с осадками (P_p , дни), количество дней без оттепелей (N_{th} , дни), максимальные запасы воды в снеге за сезон (SWE, мм); гидрологические параметры: средние месячные расходы воды (Q_{1-12} , м³/с), наибольшие расходы воды в период весеннего половодья (Q_{max} , м³/с), наименьшие расходы зимнего периода (Q_{min_wint} , м³/с), наименьшие расходы в период открытого русла (Q_{min_sum} , м³/с).

Установление засушливых периодов (метеорологических и гидрологических засух) выполнено посредством расчетов стандартизированного индекса осадков (Standard Precipitation Index, SPI) и стандартизированного индекса речного стока (Standard Streamflow Index, SSFI) [10]. Выбор индексов связан с универсальностью при использовании в отношении осадков и речного стока (сходность методик расчета и интерпретации результатов), а также широким использованием данных индексов в мировой практике и сравнимостью полученных результатов с зарубежными исследованиями.

Использование индекса SPI рекомендовано ВМО в качестве основного метеорологического индекса засушливости, который следует использовать странам для мониторинга и отслеживания условий засушливости [11]. Для вычисления индексов SPI строится функция гамма-распреде-

ния и определяется кумулятивная вероятность наблюдаемых осадков, которая преобразуется далее с использованием обратной функции Гаусса к вероятности нормально распределенной случайной величины Z с нулевым средним и дисперсией, равной единице, которая и является значением SPI [12].

В качестве исходных данных при расчете SPI используются исторические данные об осадках, которые в настоящей работе вычислены с использованием временного масштаба в 1 месяц (SPI-1), т. е. рассчитаны за каждый месяц с мая по сентябрь в период 1948–2018 гг. по каждой метеорологической станции.

Стандартизированный индекс речного стока (SSFI) разработан с использованием месячных величин речного стока и методов нормирования, аналогичных расчетам SPI. Значения индекса SSFI характеризует периоды высокого и низкого стока, связанные с засухами и паводками. Положительные значения SPI и SSFI указывают на объем осадков/стока выше среднего, а отрицательные – ниже среднего. В работе использованы индексы, характеризующие засушливые условия: $-0,5...-1,0$ – слабовыраженная засуха; $-1,1...-1,5$ – умеренная засуха; $-1,5...-1,99$ – сильная засуха; $-2,0$ и менее – экстремальная засуха [10].

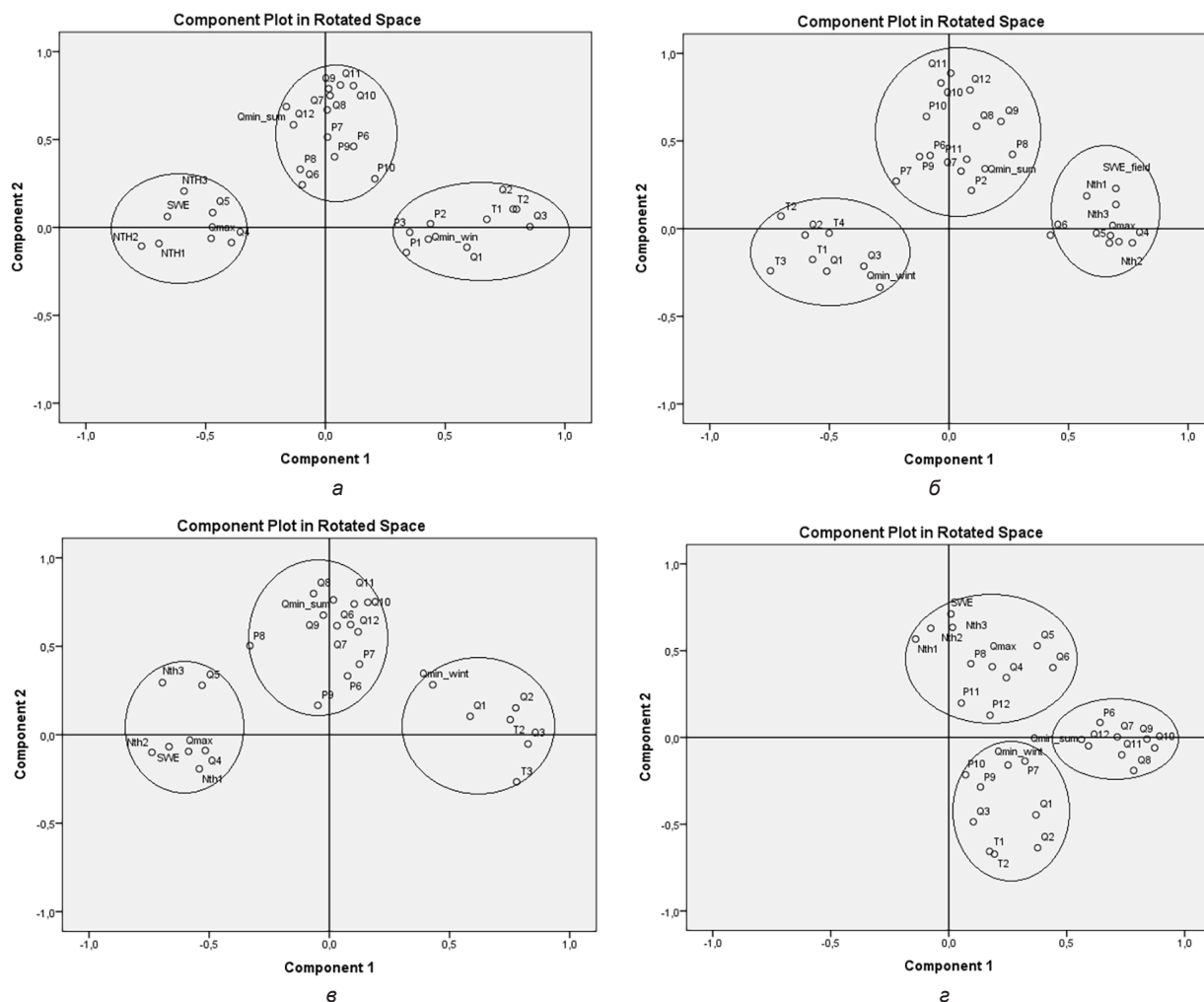
Результаты и их обсуждение. Оценка вклада метеопараметров в изменчивость речного стока. Для понимания причин изменения речного стока необходимо установить и подтвердить статистическими методами механизм влияния метеорологических параметров на формирование стока рек в различные фазы гидрологического цикла. Реки Беларуси характеризуются смешанным типом питания: снеговым, грунтовым и дождевым, т.е. так или иначе связанным с режимом увлажнения водосборов. При этом термический режим территории выступает в качестве регулятора преобладающего типа питания, особенно в зимний сезон, и, как следствие, ведущего фактора формирования внутригодового распределения стока, а также величины стока в различные фазы гидрологического цикла.

В более ранних работах [3, 13, 16], посвященных изучению водного режима рек Беларуси, отражены ведущие факторы изменения речного стока в различные сезоны. Но для количественной оценки вклада метеорологических параметров на формирование стока в разные фазы водного режима, выполнен факторный анализ, который показал следующее распределение факторных нагрузок (рис. 2).

Для анализа отобраны исходные признаки с величинами факторных нагрузок от 0,88 до 0,30, которые можно разделить на группы в соответствии с основными фазами гидрологического цикла: (1) зимняя межень, (2) весеннее половодье и (3) летне-осенняя межень.

Согласно проведенному анализу формирование наименьшего расхода зимнего периода ($Q_{\min_wint}$) и стока зимней межени (Q_{12-3}) в большей степени по сравнению с другими факторами обусловлено влиянием температуры воздуха (T_{12-3}) и величиной осадков (P_{1-3}) в зимние месяцы. Сток весеннего половодья (Q_{4-5}), который отмечается в апреле–мае на территории Беларуси, и наибольший расход весеннего половодья ($Q_{\max}$) наиболее тесно связаны с максимальными запасами воды в снеге (SWE) и числом дней без оттепелей (N_{th}). Меженный сток в летне-осенний период – июль–ноябрь (Q_{7-11}) и наименьший расход в период открытого русла ($Q_{\min_sum}$) формируется преимущественно в результате выпадения осадков в июне–сентябре (P_{6-9}).

Отдельно стоит отметить причинно-следственные связи гидроклиматических параметров в бассейне р. Припять. Вследствие преобладания плоского рельефа, высокого залегания грунтовых вод и значительной заболоченности водосбора, режим реки характеризуется плавным изменением расходов воды во времени, более инертными колебаниями водности и растянутыми паводками, что отразилось на группировке исходных признаков для бассейна. Водность рек в рассматриваемом бассейне в каждую из фаз гидрологического цикла обусловлена водностью предшествующего сезона, т. е. отмечается пролонгированное влияние метеорологических факторов на формирование стока. Например, наименьший расход зимней межени связан (кроме температуры и осадков в декабре–феврале) с осадками в сентябре–октябре ($P_{9,10}$). Наибольший расход весеннего половодья (кроме числа дней без оттепелей) обусловлен величинами осадков и температуры в ноябре–декабре (T_{11} , $P_{11,12}$).



Extraction Method: Principal Component Analysis. Rotation Method: Varimax with Kaiser Normalization

Рис. 2. Компонентная диаграмма факторов для пунктов наблюдений на реках, отражающих режим 4 основных речных бассейнов в пределах территории Беларуси

Особенности изменения режима увлажнения. Факторный анализ показал, что сток летне-осенней межени в большинстве бассейнов рек страны связан с особенностями выпадения осадков в июле–сентябре. При этом летне-осенняя межень на реках территории Беларуси начинается в зависимости от метеорологических условий сезона, в марте–мае и продолжается до ноября–декабря, но минимальные значения уровней воды и стока отмечаются преимущественно в летние месяцы – июль–сентябрь. В связи с этим особенности режима увлажнения рассматриваются за период с мая по сентябрь.

Более ранние исследования режима увлажнения [9, 14, 17] показали отсутствие значимых изменений годовых сумм осадков на территории Беларуси. Согласно выполненным расчетам сумм осадков с мая по сентябрь за различные периоды отмечается временная и пространственная дифференциация их выпадения (табл. 1). В период 1989–2018 гг. в мае на всей территории и июле в центральной и южной частях страны отмечено увеличение осадков по сравнению с предшествующими периодами (1948–1988 и 1958–1988 гг.) в пределах 6–23 %. В июне и сентябре режим увлажнения характеризовался незначительным снижением месячных сумм осадков. В августе за последние 30 лет зафиксирован существенный недобор осадков в центральной части и на юге страны на 14–22 %. В пространственном отношении недобор осадков за рассматриваемый сезон отмечен на западе и юго-западе страны, и на востоке и центре Беларуси (рис. 3).

Т а б л и ц а 1. Изменение (%) месячных сумм осадков за различные периоды, обобщенные по трем регионам территории Беларуси

Период	Район	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Май–сентябрь
1948–1988/1989–2018	Север	6	1	–2	–2	–4	–1
1958–1988/1989–2018		10	1	2	12	2	27
1948–1988/1989–2018	Центр	6	–6	10	–15	–1	–6
1958–1988/1989–2018		10	–8	13	–22	–1	–8
1948–1988/1989–2018	Юг	10	–5	17	–17	7	12
1958–1988/1989–2018		13	–7	23	–14	14	29

П р и м е ч а н и е. Под изменением понимается разность месячных сумм осадков за периоды 1989–2018–1948(58)–1988 гг., выраженная в %.

Расчеты трендов месячных сумм осадков за период 1948–2018 г. (рис. 3) в мае показали увеличение месячных сумм осадков в пределах 2–3 мм за десятилетие, лишь на западе и частично в центральном регионе тренды осадков в мае отрицательные до –1...–2 мм за десятилетие. В июне для западной и центральной части страны получены отрицательные тренды до –4 мм за десятилетие, на юге и севере преобладают положительные тренды от 1 до 7 мм за десятилетие.

В июле отмечается наибольший рост осадков в рассматриваемый период – на большинстве станций положительные тренды составляют 6–10 мм за десятилетие. В августе режим увлажнения характеризовался отрицательными трендами –1...–4 мм за десятилетие в центральной и южной части страны, в северной части – положительные тренды в пределах 1–2 мм за десятилетие. В сентябре установлены отрицательные тренды месячных сумм осадков, которые составляют от –1...–3 мм за десятилетие в северной и центральной (бассейн Березины) части страны, на остальной территории преобладают положительные тренды до 1–2 мм за десятилетие.

Для более детального анализа режима увлажнения рассмотрены колебания максимальных сумм осадков за сутки и продолжительность выпадения осадков в период с мая по сентябрь. Установлено, что в мае–сентябре отмечается в основном снижение продолжительности выпадения осадков по территории страны: суммарно на 5–12 ч, при средних многолетних значениях

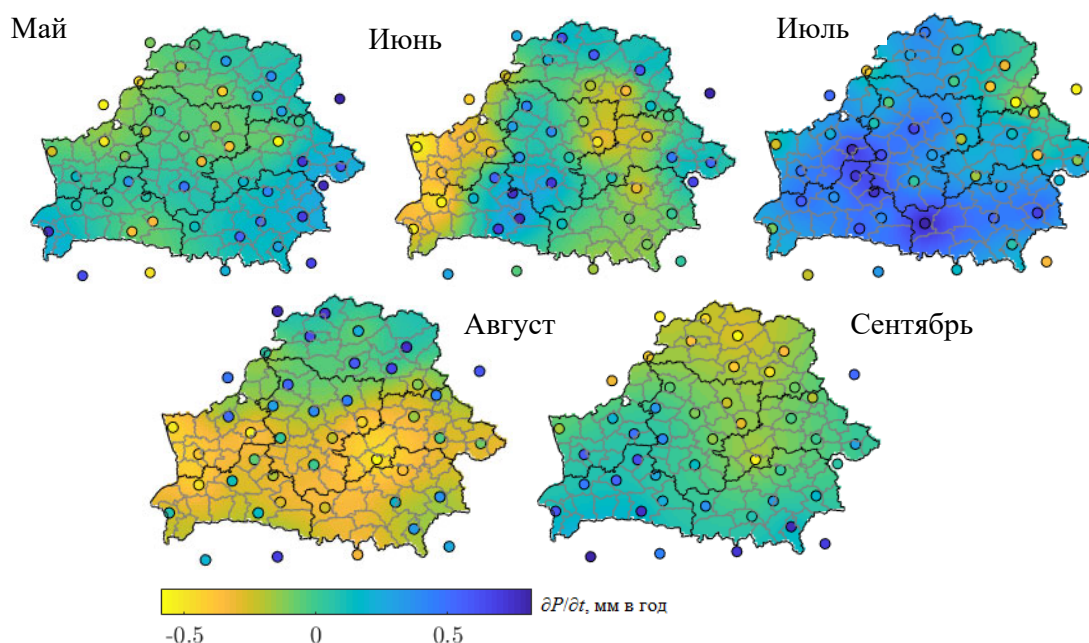


Рис. 3. Величины трендов (мм в год) месячных сумм осадков за период 1948–2018 гг. (точки на карте показывают станционные данные, фон – интерполированные данные)

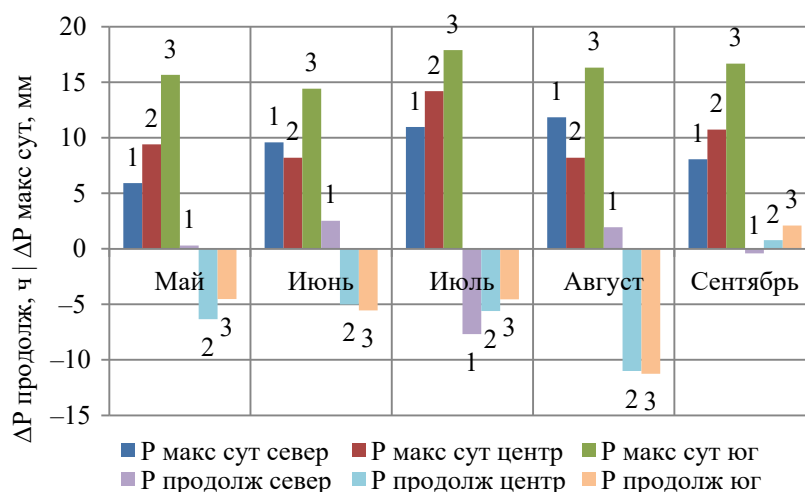


Рис. 4. Величины изменения максимальных сумм осадков за сутки (мм) и продолжительности выпадения осадков (ч) за периоды 1958–1988/1989–2018 гг. по территории Беларуси, условно разделенной на три части: 1 – север, 2 – центр, 3 – юг

в пределах 45–55 ч. Лишь на севере Беларуси в большинстве из рассматриваемых месяцев продолжительность осадков сохранилась на прежнем уровне (рис. 4). На фоне снижения продолжительности выпадения осадков зафиксировано увеличение максимальных сумм осадков за сутки (рис. 4), величины которых возросли по всей территории страны в мае–сентябре.

Рост максимальных сумм составляет от 5 до 18 мм (при средних многолетних значениях до периода потепления 16–25 мм, увеличение составило около 30 % во все рассматриваемые месяцы), наибольший рост отмечен в июле для всех станций, и наиболее значительное увеличение суточных максимумов осадков зафиксировано в южной части страны.

Уменьшение продолжительности выпадения осадков и рост максимальных сумм осадков может свидетельствовать об увеличении продолжительности периодов без осадков и более частом формировании засушливых условий. Эту гипотезу подтверждает анализ стандартизированных индексов осадков SPI-1, согласно которым в период потепления отмечается рост повторяемости метеорологических засух на территории страны (табл. 2).

Повторяемость сильных засух ($SPI-1 < -1,5$) в период 1948–1988 гг. и 1958–1988 гг. с мая по сентябрь отмечалась в 20–43 % лет, в период потепления (1989–2018 гг.) в 31–62 % лет. Экстремальные засухи ($SPI-1 < -2,0$) отмечались в период 1948–1988 и 1958–1988 гг. в 7–23 % лет, в период потепления климата экстремальные метеорологические засухи отмечены в 14–31 % лет периода потепления.

Таблица 2. Повторяемость (%) сильных и экстремальных метеорологических засух, определенных на основе индекса SPI-1

Станция	SPI-1 < -1,5			SPI-1 < -2		
	1948–1988	1958–1988	1989–2018	1948–1988	1958–1988	1989–2018
Брест	28	23	31	13	7	14
Гродно	33	30	48	13	17	27
Горки	33	37	31	15	20	24
Марьина Горка	43	33	52	15	7	28
Минск	35	33	41	18	13	14
Пинск	30	27	41	13	10	14
Полесская	25	20	62	15	10	21
Шарковщина	40	37	59	18	13	31
Василевичи	40	43	35	20	23	17
Верхнедвинск	30	23	52	13	13	24

Таким образом, при отсутствии значимых трендов годовых сумм осадков в период 1989–2018 гг., осадки теплого периода (май–сентябрь) характеризуются пространственной неоднородностью, при этом снижается продолжительность их выпадения на 10–20 % (за исключением севера страны) и рост максимальных сумм осадков на 30 % во все месяцы, что свидетельствует об увеличении повторяемости засушливых периодов и подтверждается расчетами индексов SPI, которые показали рост повторяемости сильных и экстремальных засух в воздухе в период потепления климата.

Особенности изменения режима минимального стока. Детальная оценка формирования минимального стока рек Беларуси приведена в работе [13]. Авторами установлено, что минимальный летне-осенний сток в период 1966–2000 гг. по сравнению с 1932–1965 гг. увеличился на большинстве рек Беларуси. Снижение минимального стока отмечено лишь на реках бассейна Западного Буга и верховье бассейна Припяти. Анализ формирования дождевых паводков и их связь с максимальными суммами осадков представлен в [16], который показал, что на реках бассейнов Западной Двины, Немана и Днестра в период 1966–2010 гг. отмечается уменьшение величины дождевых паводков, в бассейне Припяти – в основном увеличение на 10–20 %.

С учетом накопленных материалов наблюдений и в связи с изменениями в структуре выпадения осадков в последние 30 лет, которые свидетельствуют о нарастании экстремальности климата, требуется проведение современной оценки режима увлажнения в период изменения климата и комплексного анализа влияния этих изменений на формирование речного стока.

За последние три десятилетия в связи со значительным увеличением температуры воздуха ($\Delta T_{\text{ср.год}} +1,3^\circ\text{C}$), и особенно в зимний период ($\Delta T_{12-2} +2,1\ldots 2,4^\circ\text{C}$), изменились сроки наступления и окончания фаз гидрологического режима. В связи с преобладанием оттепельного характера погоды зимой и увеличением доли зимнего стока и, как следствие, снижением доли весеннего стока и более раннего завершения весеннего половодья, начало летне-осенней межени сдвинулось на более ранние сроки [17]. Смещение дат начала меженного сезона для рек бассейна Западной Двины составило за период 1989–2018 гг. 7–22 дня, рек бассейнов Немана и Западного Буга – 6–13 дней, рек бассейна Днестра – 3–11 дней, рек бассейна Припяти – 4–22 дня. Наиболее ранние даты начала летне-осенней межени пришлись на середину–конец марта (1989, 1995, 1997, 2008), а на реках бассейна Западного Буга раннее начало летне-осенней межени отмечено в 2008 г. в середине февраля. Продолжительность летне-осенней межени во всех речных бассейнах на территории Беларуси увеличилась в среднем на 12–29 дней. Поздние даты окончания периода летне-осенней межени приходятся на конец декабря–середину января (2007, 2012). На реках всех бассейнов, кроме рек бассейнов Немана и Западного Буга, по сравнению с периодом до 1989 г. незначительно увеличилась доля летнего и осеннего стока.

Несмотря на положительные тренды месячных сумм осадков в мае и июле и увеличение интенсивности выпадения осадков, рост высоты дождевых паводков в теплый период года отмечается лишь в бассейнах рек Западной Двины и Днестра (рис. 5). В бассейне Немана отмечается значительное снижение высоты дождевых паводков, что связано с недобором осадков в период 1989–2018. В бассейне Припяти на главной реке отмечается небольшой рост высоты дождевых паводков, на притоках – снижение.

С другой стороны, изменение структуры выпадения осадков в последние десятилетия обусловили более частые периоды низкой водности в летне-осенний сезон. В годы, предшествующие периоду потепления, уровни воды летне-осенней межени были выше по сравнению с уровнями зимней межени [3, 17]. Но в связи с преобладанием оттепельного характера погоды в последние годы, уровни зимней межени превышают уровни летне-осенней, наблюдается тенденция снижения величины уровней летне-осенней межени в среднем на 32 см.

Формирование опасно низких уровней воды (ниже навигационных отметок) на реках страны отмечались в 1995, 1996, 2002–2005, 2007, 2010–2018 гг. или в 15 годах из 30 лет периода потепления. В среднем продолжительность стояния опасно низких уровней составляет от 3 (Припять – Мозырь, 1996) до 205 (Днепр – Могилев, 2018) дней. Понижение уровней воды ниже опасного низкого значения составило от 2 см (Березина – Светлогорск, 2011) до 147 см (Днепр – Могилев, 2015).

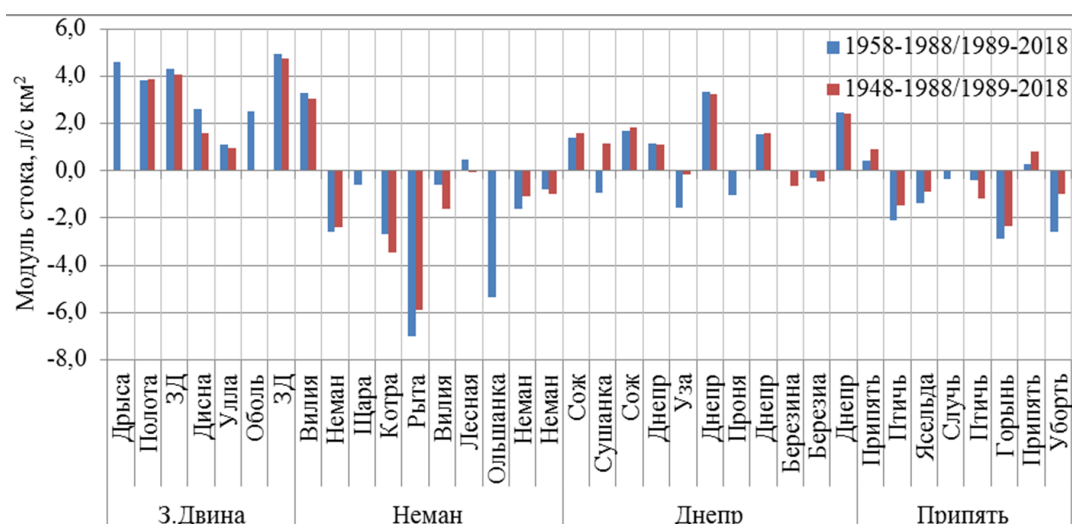


Рис. 5. Разности модулей наибольшего расхода воды (л/с км²) во время прохождения дождевого паводка в теплый период года за различные периоды

Оценка частоты периодов низкой водности на реках страны в летне-осенний период выполнена на основе стандартизированных индексов речного стока (SSFI). Для проверки частоты маловодных периодов, связанных с засушливыми явлениями в атмосфере, использованы среднемесячные расходы воды за май–сентябрь, на основе которых были рассчитаны индексы SSFI-1 (за каждый месяц с мая по сентябрь). Затем были отобраны индексы в диапазоне $SSFI-1 < -0,5$... $-2,0$. Отобранные индексы разделены по грациям за равные 30-летние периоды (рис. 6).

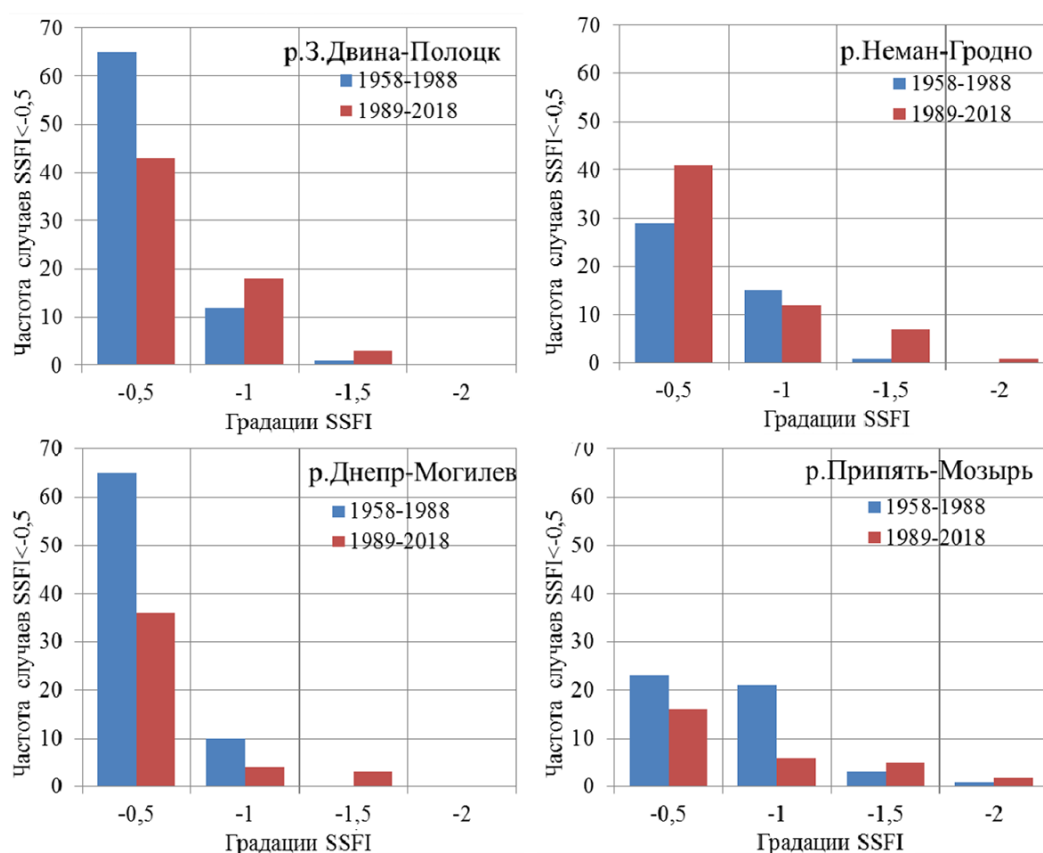


Рис. 6. Количество гидрологических засух различных градаций согласно значениям стандартизированного индекса стока (Standart Streamflow Index, SSFI) за различные периоды

Наиболее часто в течение 1958–2018 гг. маловодные периоды отмечались в бассейнах рек Западной Двины и Днепра, при этом слабовыраженные засухи ($SSFI-1 < -0,5$) наблюдались более часто в период, предшествующий потеплению. Реже низкая водность характерна для бассейнов Немана и Припяти. При этом в бассейне Немана слабовыраженные гидрологические засухи в период потепления отмечались чаще по сравнению с предшествующим периодом на 25 %, что объясняется недобором осадков на западе страны (рис. 3). Сильные и экстремальные засухи ($SSFI-1 < -1,5 \dots -2,0$, повторяемостью 1 раз в 20 и 50 лет соответственно [10]) для территории Беларуси менее характерны, но в период потепления климата стали отмечаться на реках страны. Во всех речных бассейнах их повторяемость возросла в 1,5–2 раза в последние десятилетия и составила от 2 до 8 случаев за последние 30 лет, наибольшее увеличение числа случаев сильной засухи отмечено в бассейне Немана (+8).

Таким образом, отмечено незначительное увеличение доли летне-осеннего стока в годовом объеме стока в бассейне рек Днепра и Припяти, но в то же время отмечается увеличение повторяемости очень маловодных периодов во всех речных бассейнах, и одновременно увеличение высоты дождевых паводков и/или рост наименьших расходов воды периода открытого русла (кроме бассейна Немана).

Взаимосвязь между метеорологическими и гидрологическими параметрами. Изменение условий увлажнения территории страны и речного стока в мае–сентябре в течение периода потепления (1989–2018) характеризуется дифференциацией во времени и пространстве (табл. 3). В бассейне реки Западной Двины, где отмечается увеличение месячных сумм осадков по сравнению с предшествующим 30-летним периодом, установлено увеличение повторяемости метеорологических засух на 30–50 %. Доля летне-осеннего стока значительно не изменилась вследствие компенсации роста числа сильных гидрологических засух увеличением высоты дождевых паводков теплого периода, что объясняется возрастанием продолжительности периодов без осадков и одновременным ростом суточных максимумов осадков.

Т а б л и ц а 3. Сводная таблица результатов обобщения метеорологических и гидрологических показателей увлажнения теплого периода

Речной бассейн	Суммарное изменение осадков за май–сентябрь	Доля летне-осеннего стока	Наименьший расход летне-осеннего периода	Метеозасухи (сильные)	Гидро-засухи (сильные)	Наибольший расход дождевого паводка
Западная Двина	До +27 %	–1...+1 %	Незначимые положительные тренды 1948–2018 гг.	На 30–50 % чаще	+1	+1,0...4,7 л/с км ²
Неман	До –8 %	–1...+1 %	Незначимые отрицательные тренды 1948–2018 гг.	На 30 % чаще	+1	–1,1...–5,9 л/с км ²
Днепр	В верхней и нижней частях бассейна +20 % В средней до –8 %	+1...+4 %	Положительный тренд за 1948–2018 гг.	На 30 % чаще	0	+1,1...3,2 л/с км ²
Припять	До +29 %	+1...+2 %	Положительный тренд за 1948–2018 гг.	На 50 % чаще	+3	–0,9...–2,4 л/с км ² на главной реке: +0,8...0,9 л/с км ²

П р и м е ч а н и е. Изменение показано за период 1989–2018 гг. по отношению к 1948(58)–1988 гг.

В бассейне Немана зафиксирован значительный недобор осадков в период потепления по сравнению с предшествующими периодами. Наиболее значимый дефицит осадков наблюдался в августе, частота метеорологических засух увеличилась в бассейне Немана на 30 %, наиболее значительно по сравнению с другими речными бассейнами увеличилась частота гидрологических засух: возросло число умеренных засух, что характерно только для бассейна Немана и отмечен самый значительный прирост числа сильных засух. На некоторых реках снизилась

доля летне-осенней межени и на большинстве рек существенно снизилась высота дождевых паводков теплого периода.

В бассейне Днепра верховье и нижняя часть характеризуются достаточным увлажнением в период потепления, в средней части отмечен недобор осадков за период май–сентябрь (бассейн Березины). Доля летне-осеннего стока по бассейну характеризуется увеличением (кроме Березины). Отмечается увеличение повторяемости сильных метеорологических (на 30 %) и гидрологических засух (+3), которые ранее в бассейне не фиксировались. Характерной особенностью для бассейна является увеличение значений наибольших расходов воды во время прохождения теплых дождевых паводков и наименьших расходов воды периода открытого русла.

В бассейне Припяти отмечено в целом увеличение осадков, несмотря на небольшой недобор осадков в июне и значительный недобор в августе (табл. 3), и увеличение частоты сильных метеорологических засух на 50 %. Доля летне-осенней межени значимо не изменилась, но отмечается увеличение значений наименьших расходов воды в период открытого русла и некоторое увеличение высоты дождевых паводков на главной реке и снижение их на притоках.

Выводы. Несмотря на отсутствие значимых изменений в режиме осадков в годовом разрезе в период потепления климата, отмечается трансформация структуры выпадения осадков в теплый период года (май–сентябрь) – значимый рост в мае и июле в центральной и южной частях страны и снижение в августе.

Пространственное распределение осадков в период 1989–2018 гг. характеризуется увеличением осадков (по сравнению с предшествующим 30-летним периодом) на севере страны в период май–сентябрь, что вызвало рост высоты дождевых паводков и компенсировало увеличение числа метеорологических и гидрологических засух в бассейне Западной Двины.

В бассейне Немана отмечено снижение осадков и наибольший рост числа метеорологических засух, как следствие, снизилась высота дождевых паводков, на некоторых реках снизилась доля летне-осеннего стока в годовом гидрологическом цикле, наблюдаются слабые отрицательные тренды наименьших расходов воды периода открытого русла.

В бассейне Днепра в целом режим увлажнения характеризуется приростом осадков, что обусловило рост высоты дождевых паводков (кроме бассейна Березины), положительные тренды наименьших расходов воды и увеличение доли летне-осенней межени, несмотря на увеличение числа засух.

В бассейне Припяти зафиксировано увеличение осадков и одновременно рост числа засух вдвое по сравнению с предшествующим периодом наблюдений. Несмотря на положительную динамику сумм осадков, высота дождевых паводков на большинстве рек снизилась, что можно объяснить морфологическими особенностями бассейна – плоским рельефом и высокой заболоченностью. Увеличение осадков выразилось в небольшом увеличении доли летне-осеннего стока и положительных трендах наименьших расходов воды периода открытого русла.

Список использованных источников

1. *Логинов, В. Ф.* Изменение климата Беларуси: причины, последствия, возможности регулирования / В. Ф. Логинов, С. А. Лысенко, В. И. Мельник: 2-е изд. доп. – Минск: Энциклопедикс, 2020. – 264 с.
2. *Волчек, А. А.* Водные ресурсы Беларуси и их прогноз с учетом изменения климата / А. А. Волчек, В. Н. Корнеев. – Брест: Альтернатива, 2017. – 240 с.
3. Гидрологический мониторинг Республики Беларусь: под ред. А. И. Полищука, Г. С. Чекана. – Минск: Книгазбор, 2009. – 260 с.
4. Особенности формирования водности рек Беларуси в последние десятилетия / И. С. Данилович [и др.] // Природные ресурсы. – 2017. – № 2. – С. 5–12.
5. Science for Disaster Risk Management 2017: Knowing Better and Losing Less', EUR 28034 EN / K. Poljanšek [et al.]. – Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2017.
6. Meteorological Droughts in Europe: Events and Impacts – Past Trends and Future Projections', JRC Technical Report / J. Spinoni [et al.]. – Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2016. <http://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/bitstream/JRC100394/lb-na-27748-en-n.pdf>
7. Filling the White Space on Maps of European Runoff Trends: Estimates from a Multi-Model Ensemble / K. Stahl [et al.] // Hydrology and Earth System Sciences 16. – 2012. – N 7 (11 July). – P. 2035–2047. <https://doi.org/10.5194/hess-16-2035-2012>
8. *Gudmundsson, L.* Observation-Based Gridded Runoff Estimates for Europe (E-RUN Version 1.1) / L. Gudmundsson, S. I. Seneviratne // Earth System Science. Data 8. – 2016. – N 2 (7 July). – P. 279–295.

9. Оценка влагозапасов и повторяемости почвенных засух на территории Белорусского Полесья в период современного потепления климата / В. И. Мельник [и др.] // Природные ресурсы. – 2020. – № 2. – С. 104–114.
10. WMO and GWP, 'Handbook of Drought Indicators and Indices', Integrated Drought Management Tools and Guidelines Series, WMO-No. 1173. – Geneva: World Meteorological Organization (WMO) and Global Water Partnership (GWP), 2016.
11. The Lincoln Declaration on Drought Indices: universal meteorological drought index recommended / M. Hayes [et al.] // Bulletin of the American Meteorological Society. – 2011. – Vol. 92(4). – P. 485–488.
12. *Guttman, N. B.* Comparing the palmer drought index and the standardized precipitation index / N. B. Guttman // Journal of the American Water Resources Association. – 1998. – Vol. 34(1). – P. 113–121.
13. *Волчек, А. А.* Минимальный сток рек Беларуси / А. А. Волчек, О. И. Грядунова. – Брест: БрГУ, 2010. – 300 с.
14. *Логинов, В. Ф.* Водный баланс речных водосборов / В. Ф. Логинов, А. А. Волчек. – Минск: Тонпик, 2006. – 160 с.
15. *Данилович, И. С.* Особенности режима увлажнения территории Беларуси в связи с изменяющимся климатом / И. С. Данилович, В. И. Мельник // Актуальные проблемы наук о Земле: исследования трансграничных регионов: материалы IV Междунар. науч.-практ. конф., Брест, 12–14 сент. 2019 г. – Брест, 2019. – С. 208–211.
16. *Волчек, А. А.* Паводки на реках Беларуси / А. А. Волчек, Т. А. Шелест; Брест. гос. ун-т им. А. С. Пушкина. – Брест: БрГУ, 2016. – 199 с.
17. Разработать прогноз состояния окружающей среды Беларуси на период до 2035 года : отчет о НИР (промежут.) / Институт природопользования НАН Беларуси: рук. В. С. Хомич. – Минск, 2020. – 315 с. – № ГР 20192690.

Поступила 29.01.2021

МИНЕРАЛЬНО-СЫРЬЕВЫЕ РЕСУРСЫ**MINERAL RESOURCES****МІНЕРАЛЬНА-СЫРАВІННЫЯ РЭСУРСЫ**

УДК 552.321.5:550.41 (476)

М. П. Гуринович

*Филиал «Институт геологии» государственного предприятия «НПЦ по геологии», Минск, Беларусь,
e-mail: marfap88@mail.ru*

**УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ УЛЬТРАБАЗИТ-БАЗИТОВ АРГЕЛОВЩИНСКОГО
КОМПЛЕКСА КРИСТАЛЛИЧЕСКОГО ФУНДАМЕНТА БЕЛАРУСИ**

Аннотация. Приводится краткая геохимическая характеристика ультрабазит-базитовых пород аргеловщинского комплекса кристаллического фундамента центральной части Беларуси, определены условия их формирования. Образования комплекса характеризуются нормальной щелочностью, высокой магнизиальностью, низкой глинозёмистостью и общей железистостью. Для микроэлементного состава пород свойственна обогащённость Cr, Ni и Co. Характерной их особенностью являются отрицательные Zr-Hf и Ta-Nb аномалии, что позволяет предполагать коровую контаминацию. Условия формирования пород сходны с геодинамическими обстановками образования толеитовых базальтов островных дуг.

Ключевые слова: кристаллический фундамент, породы аргеловщинского комплекса, геохимия, условия формирования

M. P. Hurynovich

*Branch "Institute for Geology" of the State Enterprise «Research and Production Center for Geology», Minsk, Belarus,
e-mail: marfap88@mail.ru*

**FORMATION CONDITIONS OF THE ULTRABASIC-BASIC ROCKS FROM THE ARGELOVSHINSKY COMPLEX
OF THE CRYSTALLINE BASEMENT OF BELARUS**

Abstract. The article provides a brief geochemical characteristic of the ultrabasic-basic rocks of the argelovschinsky complex of the crystalline basement of the central part of Belarus, the conditions of their formation are determined. Rocks of the complex are characterized by normal alkalinity, high magnesium content, low alumina content and total iron content. The micro-element composition of the rocks is characterized by enrichment in Cr, Ni and Co. Their characteristic feature is negative Zr-Hf and Ta-Nb anomalies, which suggests crustal contamination. The formation conditions of the rocks are similar to the geodynamic settings of the formation of tholeiitic basalts of island arcs.

Keywords: crystalline basement, rocks of the argelovschinsky complex, geochemistry, formation conditions

М. П. Гурыновіч

*Філіял «Інстытут геалогіі» дзяржаўнага прадпрыемства «НПЦ па геалогіі», Мінск, Беларусь,
e-mail: marfap88@mail.ru*

**УМОВЫ ФАРМІРАВАННЯ ЎЛЬТРАБАЗІТ-БАЗІТАЎ АРГЕЛАЎШЧЫНСКАГА КОМПЛЕКСУ
КРЫСТАЛІЧНАГА ФУНДАМЕНТУ БЕЛАРУСІ**

Анатацыя. Прыводзіцца кароткая геахімічная характарыстыка ультрабазіт-базітавых парод аргелаўшчынскага комплексу крышталічнага фундаменту цэнтральнай часткі Беларусі, вызначаны ўмовы іх фарміравання. Утварэнні комплексу характарызуюцца нармальнай шчолачнасцю, высокай магнезіальнасцю, нізкай гліназёмістасцю і агульнай жалезістасцю. Для мікраэлементнага складу парод уласцівая ўзбагачанасць Cr, Ni і Co. Характэрнай іх асаблівасцю з'яўляюцца адмоўныя Zr-Hf і Ta-Nb анамаліі, што дазваляе меркаваць коравую кантамінацыю. Умовы фарміравання парод падобныя да геадынамічных абставін утварэння талеітавых базальтаў астраўных дуг.

Ключавыя словы: крышталічны фундамент, пароды аргелаўшчынскага комплексу, геахімія, умовы фарміравання

Введение. Аргеловщинский комплекс выделен [1] в центральной части кристаллического фундамента Беларуси в пределах Старицкой зоны разломов [2] северо-восточного простира-ния. Породы слагают цепочку небольших по размеру массивов (не превышают первых квадрат-ных километров) и линзовидных интрузивных тел, вскрытых на глубинах 80–120 м. Массивы ком-плекса сложены разнообразными по минеральному составу ультрабазит-базитами (перидотиты,

вебстериты, пироксениты, горнблендиты, габбро амфиболовое, габбродолериты и микрогаббро-порфириды). Некоторая часть пород превращена в хлорит-амфиболовые, хлорит-тремолит-серпентиновые и хлорит-флогопит-тремолитовые породы (сланцы). Вмещающими породами ультрабазит-базитов являются гранитоиды микашевичского комплекса, плагиогнейсы и мигматизированные гнейсы перетокской толщи. Возрастное положение пород аргеловщинского комплекса определяется тем, что они располагаются среди разгнейсованных гранитоидов микашевичского комплекса с возрастом 1970 ± 15 , 1982 ± 26 млн лет [3], не подвержены расщеплению, как вмещающие породы, и являются более поздними образованиями. В свою очередь массивы ультрабазит-базитов прорываются гранитоидами бобовнянского комплекса, синхронного по времени формирования житковичскому и коростенскому комплексам (возраст 1875–1820 млн лет) [4], т. е. породы аргеловщинского комплекса сформировались в интервале примерно 1970–1875 млн лет назад.

Геохимические особенности пород. Ультрабазит-базиты аргеловщинского комплекса по содержанию кремнезема относятся к породам ультраосновного (таблица, № 1–2) и основного (таблица, № 3–12) составов. Большинству пород аргеловщинского комплекса характерна низкая общая железистость ($F_{\text{общ}} = 0,31–0,41$) и глиноземистость ($al' = 0,07–0,37$), низкое содержание TiO_2 (обычно менее 0,5 %), преобладание MgO над CaO (таблица, № 1–8). Ультраосновным породам (ультрабазитам) свойственно высокое содержание MgO, CaO, низкое содержание Na_2O , Al_2O_3 , наиболее магнезиальными и низкоглиноземистыми являются перидотиты. Габброиды (таблица, № 9–12) отличаются высокой титанистостью и глиноземистостью ($t' = 8,00–13,47$; $al' = 0,65–0,87$), низким содержанием MgO (7,4–10,4 %) [5]. По соотношению кремнезема и содержания щелочей они относятся к породам низкощелочного и нормальнощелочного ряда; преобладающий тип щелочности – натриевый.

Средние содержания оксидов (мас.%) и микроэлементов (г/т) в породах аргеловщинского комплекса

Компоненты	Порода											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Оксиды, мас.%												
SiO_2	42,86	41,23	47,01	46,78	46,66	48,70	51,70	52,08	46,39	49,33	43,64	53,05
TiO_2	0,18	0,21	0,36	0,38	0,52	0,28	0,47	0,34	1,63	1,63	1,65	0,73
Al_2O_3	3,39	2,97	5,28	5,12	6,32	3,63	9,32	4,27	16,99	13,75	19,38	13,34
Fe_2O_3	14,83	9,76	5,06	7,18	3,23	9,21	3,16	1,76	4,21	7,23	15,70	2,44
FeO	–	4,08	5,93	5,55	6,87	–	6,94	6,05	7,86	6,14	–	6,73
MnO	0,15	0,17	0,14	0,17	0,21	0,16	0,19	0,18	0,15	0,20	0,12	0,14
MgO	26,43	29,67	20,96	20,71	17,66	20,92	14,96	17,18	7,37	7,71	7,38	10,36
CaO	2,72	4,14	10,36	11,10	14,69	13,54	9,22	14,79	8,67	8,34	7,30	6,09
Na_2O	0,40	0,18	0,71	0,71	0,78	0,65	0,95	0,67	2,65	2,35	1,75	2,52
K_2O	0,18	0,10	0,33	0,32	0,32	0,33	0,97	0,48	1,18	1,36	0,90	2,29
P_2O_5	0,06	0,10	0,10	0,08	0,04	0,04	0,14	0,07	0,31	0,01	0,08	0,20
SO_3	0,10	0,11	0,17	0,23	0,10	–	0,07	0,05	0,67	–	0,67	0,10
П.п.п.	8,10	9,71	3,21	2,81	0,07	2,84	1,74	–	0,95	1,38	0,66	1,41
Сумма	99,30	99,87	99,58	99,86	97,31	100,29	99,83	97,80	98,99	99,39	99,20	99,65
$F_{\text{общ}}$	0,36	0,32	0,35	0,38	0,37	0,31	0,41	0,32	0,62	0,64	0,68	0,47
t'	1,20	1,52	3,28	3,00	5,17	2,99	4,68	4,40	13,47	12,16	10,48	8,00
al'	0,08	0,07	0,17	0,15	0,23	0,12	0,37	0,17	0,87	0,65	0,84	0,68
Na_2O/K_2O	2,22	1,80	2,15	2,22	2,44	2,06	1,02	1,55	2,26	1,74	1,98	1,11
n	4	5	4	9	6	2	4	8	2	2	2	3
Микроэлементы, г/т												
Ti	1400	2130	1000	2460	1860	2850	3500	1350	13 000	6800	7400	5250
V	80	70	200	140	200	120	180	170	240	240	200	110

Окончание табл.

Компоненты	Порода											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Cr	1300	3600	1500	1710	1430	2800	1080	1350	170	20	—	1380
Ni	1020	1450	1000	690	300	660	480	230	80	40	30	310
Co	100	90	200	110	140	80	80	120	70	60	50	70
Sc	12	5	40	30	54	24	31	45	10	38	9	20
Cu	80	40	150	110	130	80	30	50	110	100	70	20
Pb	8	3	6	5	7	9	7	9	10	10	11	13
Zn	500	330	100	190	100	250	80	80	300	130	400	180
Mo	3,5	4,0	2,0	2,9	1,2	5,0	1,0	1,0	—	1,6	—	1,3
Sn	2,5	2,5	1,0	2,9	2,3	1,0	2,8	2,1	—	2,6	—	6,0
Ga	5	5	10	9	11	8	15	10	—	26	—	50
Sr	—	—	100	160	330	—	230	260	600	500	350	700
Ba	150	—	100	170	160	180	250	210	300	300	290	570
Be	1,0	—	0,6	0,8	0,5	1,6	1,4	0,8	1,8	2,2	1,9	2,3
Zr	20	80	30	30	50	30	110	40	120	100	70	70
Nb	5,0	5,0	4,0	4,6	3,9	4,3	8,0	3,1	5,0	9,2	6,0	5,8
Y	13	16	15	16	16	18	45	15	27	32	23	18
Yb	1,3	1,5	1,5	1,6	1,6	1,8	4,5	1,4	2,5	3,2	2,3	1,9
<i>n</i>	3	4	1	11	7	4	4	13	1	5	2	4

Примечание: 1 – перидотиты роговообманковые; 2 – хлорит-тремолит-серпентиновые и хлорит-флогопит-тремолитовые породы по перидотитам; 3 – вебстериты; 4 – пироксениты оливин-роговообманковые; 5 – пироксениты оливин-роговообманковые (Кольцевой объект); 6 – флогопит-тремолит-роговообманковые породы по пироксенитам; 7 – горнблендиты оливинсодержащие; 8 – горнблендиты (Кольцевой объект); 9 – габбро амфиболовое; 10 – габбро амфиболовое магнетитсодержащее; 11 – габбродолериты; 12 – микрогаббро-порфириды. $F_{\text{общ}} = (Fe_2O_3 + FeO + MnO) / (Fe_2O_3 + FeO + MnO + MgO)$, мас.% – общая железистость; $t' = (TiO_2 \times 100) / (Fe_2O_3 + FeO)$, мас. % – титанистость пород; $al' = Al_2O_3 / (Fe_2O_3 + FeO + MgO)$, мас.% – коэффициент глиноземистости; *n* – количество проб.

Для микроэлементного состава пород характерна обогащенность Cr, Ni и Co (таблица), наибольшее содержание которых наблюдается в перидотитах и пироксенитах и их измененных разностях. Всем образованиям комплекса свойственно низкое содержание Pb, Zr, Nb, перидотиты обеднены также Sc, Cu, Sr, Ba [5]. Геохимическая специализация пород определяется как сидерофильная на Cr, Ni и Co. Образования аргеловщинского комплекса также характеризуются наличием никелевой и благороднометальной минерализаций (содержание никеля – до 2000 г/т, платина – до 700 мг/т, палладий – до 500 мг/т, серебро – до 100 мг/т, золото – 15 мг/т) [6].

Условия формирования. Особенности химического состава ультрабазит-базитовых пород аргеловщинского комплекса позволяют предполагать, что родоначальным источником могли быть магмы пикритового или пикрит-базальтового состава, возникающие при значительной степени плавления мантийного субстрата в условиях резко повышенного теплового потока [7], что свойственно океаническим базальтам [8].

На дискриминационной диаграмме (рис. 1, а) точки состава большинства ультрабазит-базитов попадают в поле океанических островных базальтов (№ 1–8), а габброидов основного состава (№ 9–12) – в поле океанических абиссальных базальтов. На треугольной диаграмме $(Na_2O + K_2O) - FeO^* - MgO$ (диаграмма AFM) перидотиты, вебстериты, пироксениты и горнблендиты обособляются в компактную группу пород в поле повышенной магнезиальности (рис. 1, б), тогда как габброиды (габбро амфиболовое, габбродолериты, микрогаббро-порфириды) образуют ореол, вытянутый в сторону линии дифференциации Гавайской щелочной серии [9], что свидетельствует, по-видимому, о формировании их позже из более дифференцированных порций расплава. Это также подтверждается и тем, что в габброидах наблюдается актинолитовая роговая обманка с высоким содержанием кремнезема и низким – алюминия, что свойственно роговым обманкам поздней стадии кристаллизации [10].

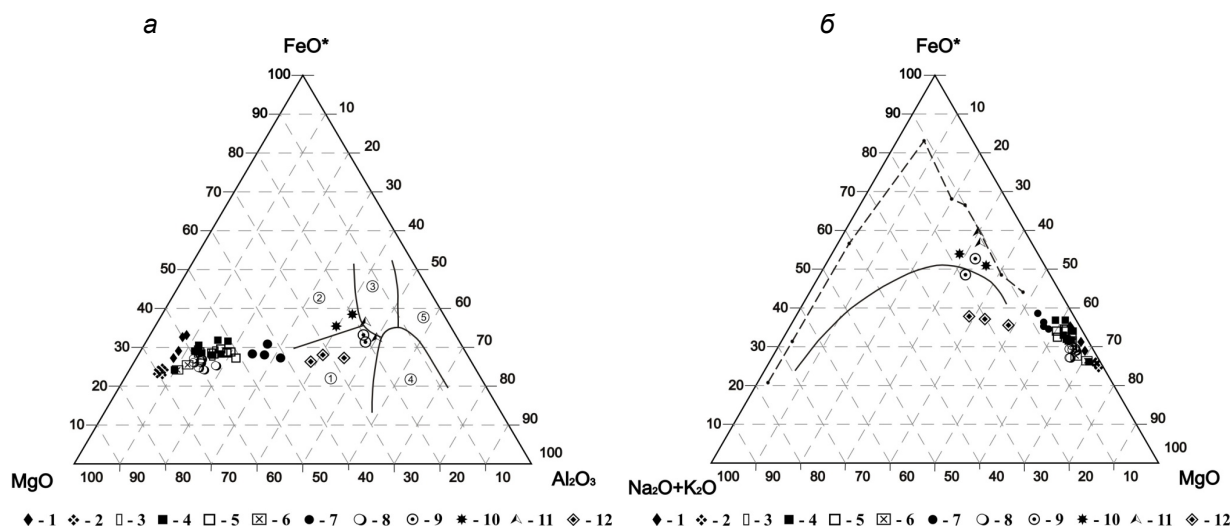


Рис. 1. Дискриминационные диаграммы для пород аргеловщинского комплекса: а – диаграмма $\text{MgO}-\text{FeO}^*-\text{Al}_2\text{O}_3$; б – диаграмма AFM: $(\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O})-\text{FeO}^*-\text{MgO}$. Примечание: название пород см. таблицу. Поля базальтовых серий (цифры в кружочках): 1 – океанических абиссальных, 2 – океанических островных, 3 – континентальных платобазальтовых, 4 – орогенных островодужных и окраинно-континентальных, 5 – островных из зон растяжения [8]. Пунктирной линией показан тренд дифференциации габброидов Скергаардского интрузива [11], сплошной линией – тренд дифференциации Гавайской щелочной серии [9]

Диаграмма распределения некогерентных элементов (рис. 2) показывает, что ультрабазит-базитовые породы аргеловщинского комплекса обогащены Sr, Ba, Th относительно Ta и элементов с высоким ионным потенциалом (Nb, Zr). Это, по-видимому, отражает внедрение магм, которые были обогащены легкими редкоземельными (РЗЭ) и крупноионными литофильными элементами в зоне конвергенции. Выделяется повышенное содержание церия и самария во всех породах. Вариации элементов Ba, Rb, Th позволяют оценить долю участия вещества верхней и нижней коры в процессе контаминации вследствие относительного обеднения Rb и Th пород нижней коры. Минимумы Rb, Th при повышении Ba в породах свидетельствуют об участии материала нижней коры в кристаллизации пород. В отдельных образцах (пироксенит скв. Зк-749,0 м, вебстерит скв. Сц 742д-167,7 м и микрогаббро-порфирит скв. Сц 650д-161,0 м) фиксируется обогащение Rb, что, возможно, связано с вкладом материала верхней коры.

На диаграмме также четко наблюдаются отрицательные Ta-Nb и Zr-Hf аномалии, которые, вероятно, свидетельствуют о контаминации корового материала родоначальным расплавом

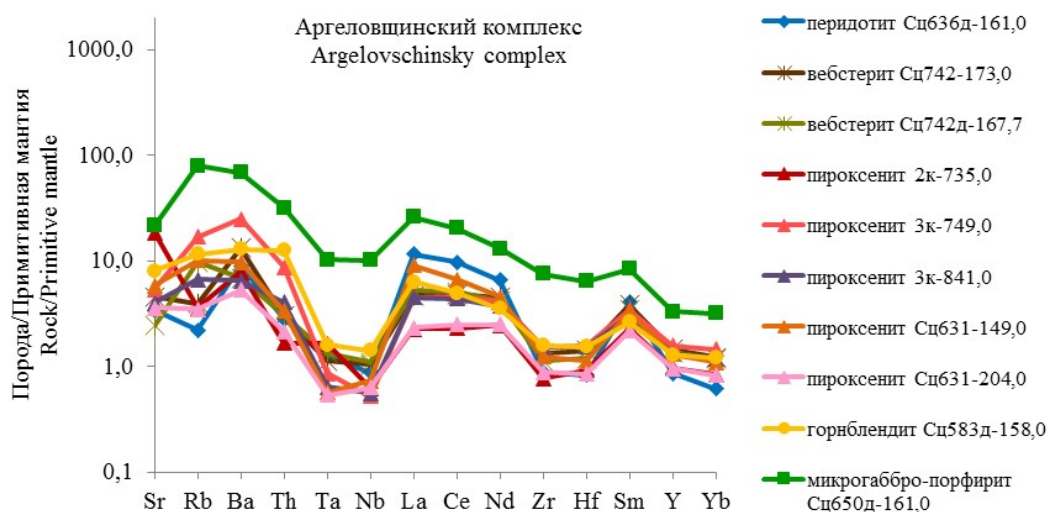


Рис. 2. Распределение некогерентных элементов в породах аргеловщинского комплекса [12]

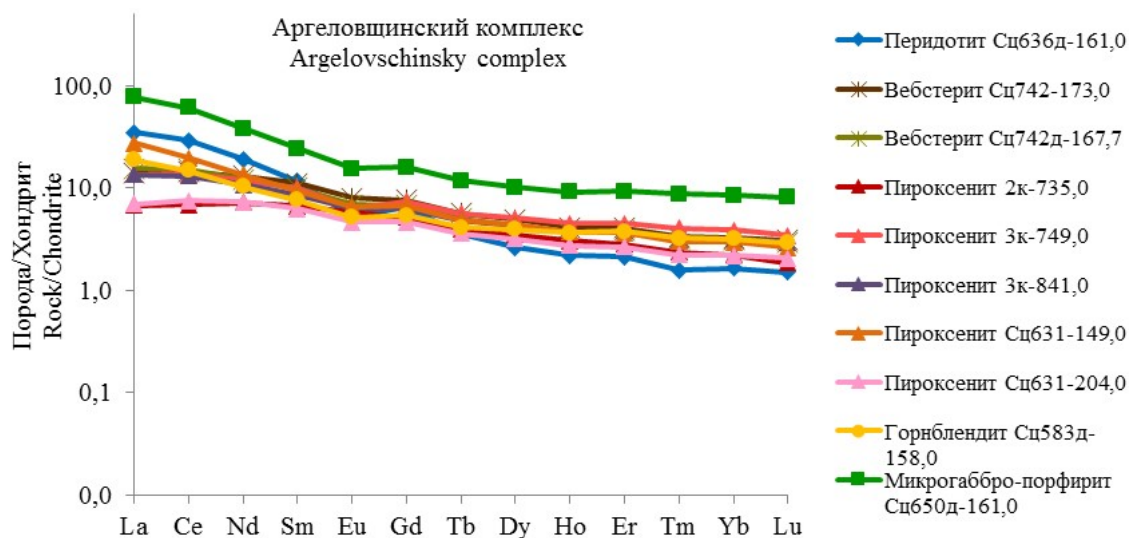


Рис. 3. Хондрит-нормализованное распределение редких земель в породах аргеловщинского комплекса [15]

комплекса в процессе прохождения этого расплава через нижнюю и верхнюю кору к поверхности. Такие минимумы свойственны породам островных дуг [13]. По Ti/Y (≥ 350) и Ce/Nb (>2) магматы аргеловщинского комплекса сопоставимы с толеитовыми базальтами островных дуг [8].

Хондрит-нормализованные спектры РЗЭ пород аргеловщинского комплекса (рис. 3) демонстрируют обогащение их легкими редкими землями, а также наблюдается слабовыраженная отрицательная Eu аномалия, что в совокупности свидетельствует о невовлеченности в процесс фракционирования плагиоклаза [14]. Спектры распределения редкоземельных элементов в ультрабазит-базитовых породах аргеловщинского комплекса умеренно дифференцированы ($La/Yb = 4,2-29,4$). Характерной особенностью пород являются отрицательные Zr-Hf и Ta-Nb аномалии (рис. 2), что позволяет предполагать коровую контаминацию магмой. По соотношению в породах Ta/Yb и Th/Yb и Ti/Y и Zr/Y они наиболее близки к толеитовым базальтам островных дуг [8].

Выводы. По химическому составу породы аргеловщинского комплекса относятся к отряду ультраосновных и основных пород толеитовой магматической серии низкой и нормальной щелочности. Ультрабазит-базиты имеют высокое содержание магния ($MgO = 15,0-29,7\%$), низкую титанистость ($t' = 1,2-5,2$), глиноземистость ($al' = 0,07-0,37$) и железистость ($F_{общ} = 0,31-0,41$); преобладание закисной формы железа над окисной. Для микроэлементного состава пород характерна обогащенность Cr, Ni, Co, обедненность Pb, Zr и Nb; кроме того, перидотиты обеднены также Sc, Cu, Sr, Ba.

Ультрабазит-базитовые породы аргеловщинского комплекса умеренно дифференцированы ($La/Yb = 4,2-29,4$), характеризуются отрицательными Y-Yb аномалиями, что указывает на глубинный магматический источник образования. Отсутствие ярко выраженной Eu аномалии и наличие резких минимумов Ta-Nb и Zr-Hf свидетельствуют о коровой контаминации. Условия формирования пород сходны с геодинамическими обстановками образования толеитовых базальтов островных дуг.

Список использованных источников

1. Черняховский, А. Б. Ультраосновные породы Бобовнянского выступа и их металлогеническая специализация / А. Б. Черняховский, В. И. Пасюкевич, Г. И. Илькевич // Докл. Акад. наук БССР. – 1981. – Т. XXV. – № 12. – С. 1120–1123.
2. Аксаментова, Н. В. Вещественный состав и структурная позиция мафит-ультрамафитовых пород аргеловщинского комплекса кристаллического фундамента Беларуси / Н. В. Аксаментова, В. Д. Кожин, А. И. Трусов // Докл. Нац. акад. наук Беларуси. – 2004. – Т. 48, № 6. – С. 82–87.
3. Изотопный возраст, природа и структура докембрийской коры в Беларуси / Е. В. Бибикова [и др.] // Стратиграфия, геологическая корреляция. – 1995. – Т. 3, № 6. – С. 68–78.
4. Уран-свинцовый изотопный возраст гранитоидов Белоруссии / Н. П. Щербак [и др.] // Докл. Акад. наук БССР. – 1990. – Т. 34, № 8. – С. 740–743.

5. *Гуринович, М. П.* Петрохимические особенности ультрамафит-мафитовых массивов аргеловщинского комплекса (Беларусь) / М. П. Гуринович // Металлогения древних и современных океанов – 2017. Дифференциация и причины разнообразия рудных месторождений: XXIII молодеж. науч. шк. – Миасс, Ин-т минералогии УрО РАН. – 2017. – С. 224–228.
6. *Толкачикова, А. А.* Типы золото-платинометальной минерализации в ультрабазит-базитовых комплексах кристаллического фундамента Беларуси / А. А. Толкачикова, С. М. Жмодик, М. П. Гуринович // Актуальные проблемы геологии, геохимии и геофизики: Первый Евразийский горно-геологич. форум; Междунар. науч.-практ. конф. – Минск: НПЦ по геологии, 2016. – С. 82–84.
7. *Аксаментова, Н. В.* Геохимические особенности мафит-ультрамафитовых пород аргеловщинского комплекса Беларуси / Н. В. Аксаментова, А. А. Толкачикова, В. И. Левицкий // Вес. Нац. акад. навук Беларусі. Сер. хім. навук. – 2007. – № 1. – С. 69–73.
8. *Pearce, T. H.* The relationship between major element chemistry and tectonic environment of basic and intermediate volcanic rocks / T. H. Pearce, B. E. Gormen, T. C. Birkett // Earth. Planet. Sci. Lett. – 1977. – Vol. 36, N 1. – P. 121–132.
9. *Ноккольдс, С. Р.* Геохимические наблюдения. Геохимия некоторых серий изверженных пород / С. Р. Ноккольдс, Р. Аллен. – М.: Изд-во иностр. лит-ры, 1958. – 176 с. (пер. с англ.).
10. *Harry, W. T.* Aluminium replacing silicon in some silicate lattices / W. T. Harry // Mineral Mag. – 1950. – N 29. – P. 142–150.
11. *Wager, L. R.* Geological investigations in East Greenland. The petrology of the Scaergaard intrusion, Kangerdlugssuaq, East Greenland / L. R. Wager, W. A. Deer // Medd. om Greenland. – 1939. – Vol. 105, N 4. – 352 p.
12. *McDonough, W. F.* Chemical and isotopic systematics of continental lithospheric mantle / W. F. McDonough // In : H. O. A. Meyer and O. H. Leonardos (Editors), Proc. 5th Int. Kimberlite Conf., CPRM (Comp. Pesq. Recurs. Miner.), Brasilia, 1994. – P. 478–485.
13. *Короновский, Н. В.* Магматизм как индикатор геодинамических обстановок: учеб. пособие / Н. В. Короновский, Л. И. Демина. – М.: КДУ, 2011. – 234 с.
14. Интерпретация геохимических данных: учеб. пособие / Е. В. Складаров [и др.]; под ред. Е. В. Складарова. – М.: Интермет Инжиниринг, 2001. – С. 68–69.
15. *Sun, S. S.* Chemical and isotopic systematic of oceanic basalts : implications for mantle composition and processes / S. S. Sun, W. F. McDonough // In : Saunders A. D. and Norry M. J. (eds.). Magmatism in ocean basins. – Geol. Soc. London. Spec. – 1989. – Pub. 42. – P. 313–345.

Поступила 12.01.2021

D. P. Plax¹, O. V. Murashko²¹Belarusian National Technical University, Minsk, Belarus, e-mail: agnatha@mail.ru²«Institute of Geology» Branch of the State Enterprise «Research and Production Centre for Geology», Minsk, Belarus, e-mail: volum@tut.by**STRATIGRAPHY AND ICHTHYOFAUNA OF THE UPPER EMSIAN-EIFELIAN DEPOSITS
IN THE BYKHOV 1 AND KORMA 1 BOREHOLE SEQUENCES
IN THE EAST OF BELARUS**

Abstract. The paper presents the results of a palaeoichthyological study of core samples from the Bykhov 1 and Korma 1 boreholes drilled in eastern Belarus. Based on the ichthyofaunal, lithological and geophysical data, a detailed stratigraphic division of the Upper Emsian-Eifelian deposits exposed in the studied boreholes has been performed. Their detailed description is provided. Vertebrate evidences were used to compare these deposits with the similar age formations developed within the adjacent territories of Ukraine, Russia and the Baltic States. The ichthyofauna data were used to clarify the stratigraphic distribution of some taxa in the Upper Emsian-Eifelian deposits of Belarus, to supplement their systematic composition within the studied territory, and also to complement the palaeontological characteristics of the regional stratigraphic units of the actual Stratigraphic Chart of the Devonian Deposits of Belarus (2010). The presented results should be taken into account in the future when performing large-scale geological surveys within the studied area.

Keywords: Belarus, ichthyofauna, Upper Emsian deposits, Eifelian deposits, Lower and Middle Devonian

Д. П. Плакс¹, О. В. Мурашко²¹Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь, e-mail: agnatha@mail.ru²Филиал «Институт геологии» государственного предприятия «НПЦ по геологии», Минск, Беларусь, e-mail: volum@tut.by**СТРАТИГРАФИЯ И ИХТИОФАУНА ВЕРХНЕЭМСКО-ЭЙФЕЛЬСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ
В РАЗРЕЗАХ СКВАЖИН БЫХОВСКАЯ 1 И КОРМЯНСКАЯ 1 НА ВОСТОКЕ БЕЛАРУСИ**

Аннотация. Представлены результаты палеоихтиологического изучения керна скважин Быховская 1 и Кормянская 1, пробуренных на востоке Беларуси. На основе ихтиофауны, а также литологических и геофизических данных выполнено детальное стратиграфическое расчленение верхнеэмско-эйфельских отложений, вскрытых вышеупомянутыми скважинами. Приведено их подробное описание. По позвоночным проведено сопоставление этих отложений с одновозрастными образованиями, развитыми на смежных территориях Украины, России и стран Балтии. Полученные данные по ихтиофауне уточняют стратиграфическое распространение некоторых таксонов в верхнеэмско-эйфельских отложениях Беларуси, дополняют их систематический состав на территории страны, а также дополняют палеонтологическую характеристику региональных стратиграфических подразделений действующей Стратиграфической схемы девонских отложений Беларуси (2010 г.). Представленные результаты исследований в дальнейшем следует учитывать при проведении крупномасштабной геологической съемки в исследуемом районе.

Ключевые слова: Беларусь, ихтиофауна, верхнеэмские и эйфельские отложения, нижний и средний девон

Д. П. Плакс¹, В. В. Мурашка²¹Беларускі нацыянальны тэхнічны ўніверсітэт, Мінск, Беларусь, e-mail: agnatha@mail.ru²Філіял «Інстытут геалогіі» дзяржаўнага прадпрыемства «Навукова-вытворчы цэнтр па геалогіі», Мінск, Беларусь, e-mail: volum@tut.by**СТРАТИГРАФИЯ І ІХТЫЯФАУНА ВЕРХНЕЭМСКА-ЭЙФЕЛЬСКИХ АДКЛАДАЎ У РАЗРЭЗАХ СВДРАВІН
БЫХАЎСКАЯ 1 І КАРМЯНСКАЯ 1 НА ЎСХОДЗЕ БЕЛАРУСІ**

Анатацыя. Прадстаўлены вынікі палеаіхтыялагічнага вывучэння керна свідравін Быхаўская 1 і Кармянская 1, якія былі прасвідраваны на ўсходзе Беларусі. На аснове іхтыяфаўны, а таксама літалагічных і геафізічных дадзеных выканана дэталёвае стратыграфічнае расчлененне верхнеэмска-эйфельскіх адкладаў, ускрытых вышэйзгаданымі свідравінамі. Прыведзена іх падрабязнае апісанне. Па хрыбетных праведзена супастаўленне гэтых адкладаў з утварэннямі таго ж самага ўзросту, развітымі на сумежных тэрыторыях Украіны, Расіі і краін Балтыі. Атрыманыя дадзеныя па іхтыяфаўне ўдакладняюць стратыграфічнае распаўсюджванне некаторых таксонаў у верхнеэмска-эйфельскіх адкладах Беларусі, дапаўняюць іх сістэматычны склад на тэрыторыі краіны, а таксама дапаўняюць палеанталагічную характарыстыку рэгіянальных стратыграфічных падраздзяленняў дзеючай Стратыграфічнай схемы дэвонскіх адкладаў Беларусі (2010 г.). Прадстаўленыя вынікі даследаванняў у далейшым варта ўлічваць пры правядзенні буйнамаштабнай геалагічнай здымкі ў даследаваным раёне.

Ключавыя словы: Беларусь, іхтыяфаўна, верхнеэмскія і эйфельскія адклады, ніжні і сярэдні дэвон

Introduction. The deposits of the Upper Emsian of the Lower Devonian and of the Eifelian Stage of the Middle Devonian are widespread in the eastern part of Belarus [1, 2]. These are represented by terrigenous, carbonate-terrigenous, carbonate and carbonate-sulfate rocks. The organic remains found in these rocks are carbonified plant remains, acritarchs, stromatolites, scolecodonts, conchostracans, ostracodes, inarticulate brachiopods, conodonts, ichthyofauna and miospores. The two latter groups of the organic remains are most abundant. They are also essential for the division of the Upper Emsian – Eifelian deposits. For this reason they were subject to priority study.

This paper presents the results of a palaeoichthyological study of the mentioned deposits exposed for the last years in two parametric boreholes: Bykhov 1 and Korma 1. The first one was drilled in the junction zone of the Orsha Depression and Zhlobin Saddle, and the second one – in the Zhlobin Saddle (Text-Fig. 1). The study of the ichthyofauna together with the lithology and logging data allowed the authors to determine the age of the rocks and to substantiate the regional and local stratigraphic units distinguished in these borehole sections, as well as to correlate them with the similar age different facies deposits developed within the adjacent territories of Ukraine, Russia and the Baltic States. The subdivision and comparison of deposits from some section parts that do not contain vertebrates were made using information of other fossil groups, as well as the logging data, material composition of the rocks and their stratigraphic position in the section. It is also worth to mention that the original lithostratigraphic division of the sections of these two boreholes was performed by A. G. Laptsevich, O. F. Kuzmenkova, G. D. Streltsova and N. S. Yakovleva. In this paper the authors made some refinements of the divisions of these borehole sections and proposed ichthyological complexes for the established stratigraphic units (Regional Stages, Formations).

Materials and methods. The descriptions of the Upper Emsian – Eifelian deposits, geological and geophysical materials and more than 170 samples collected for the palaeontological and stratigraphic studies from the Bykhov 1 and Korma 1 parametric boreholes served as the basis for this work. The remains of various ichthyofauna groups were identified in many collected rock samples after their technical treatment. The agnathans are represented by scattered tubercles, single tesserae, and small fragmentary skeletal elements of the heterostracans. The fishes are represented by separate fragments, more or less intact placoderm plates, some isolated scales and discrete fragments of the acanthodian fin spines, separate chondrichthyan scales, scattered scales, teeth, small fragmented jaws and bones of the sarcopterygians and some isolated scales of the actinopterygians. The identification of the skeletal remains of these vertebrate representatives was mainly based on their morphological features. Histological data were used to determine some acanthodian scales. A complex analysis of the sculpture features and the internal structure of the skeleton-forming tissues made it possible to determine the species with the greater accuracy. However, the material fragmentation and preservation degree sometimes prevented from the definition of a species. For this reason, some of the agnathan and fish definitions were left in the open nomenclature.

The ichthyofauna remains extracted from the rocks were subject to ichthyofaunistic analysis. The results of this analysis together with the lithological and geophysical (logging) data were used as the basis for both the rock age determination and identification of the regional and local stratons in the sections of the Upper Emsian – Eifelian deposits of the studied boreholes, and for their correlation with same age deposits within the transboundary territories of the adjacent countries (Ukraine, Russia and the Baltic States). The Stratigraphic Chart of the Devonian deposits of Belarus 2010 [2] was taken as the stratigraphic basis for the Upper Emsian – Eifelian sediments division within the studied area.

The pictures of the macroscopic skeletal elements of the ichthyofauna were taken using PowerShot SX130 IS and Sony A58 with lens Industar-50 cameras. The electron micrographs of the agnathan and fish remains were made with a scanning electron microscope JSM-5610 LV (JEOL, Japan). The pictures were processed using the Adobe Photoshop CS6 program, and the drawings were performed using the program CorelDRAW 2019. A microscope Axioskop 40 A Pol was used to study the internal structure of some ichthyofauna remains.

Most of the studied ichthyofauna remains are from the personal collection of one of the authors, and its smaller part is stored in the palaeontological collection of the Department of Mining, Belarusian National Technical University.

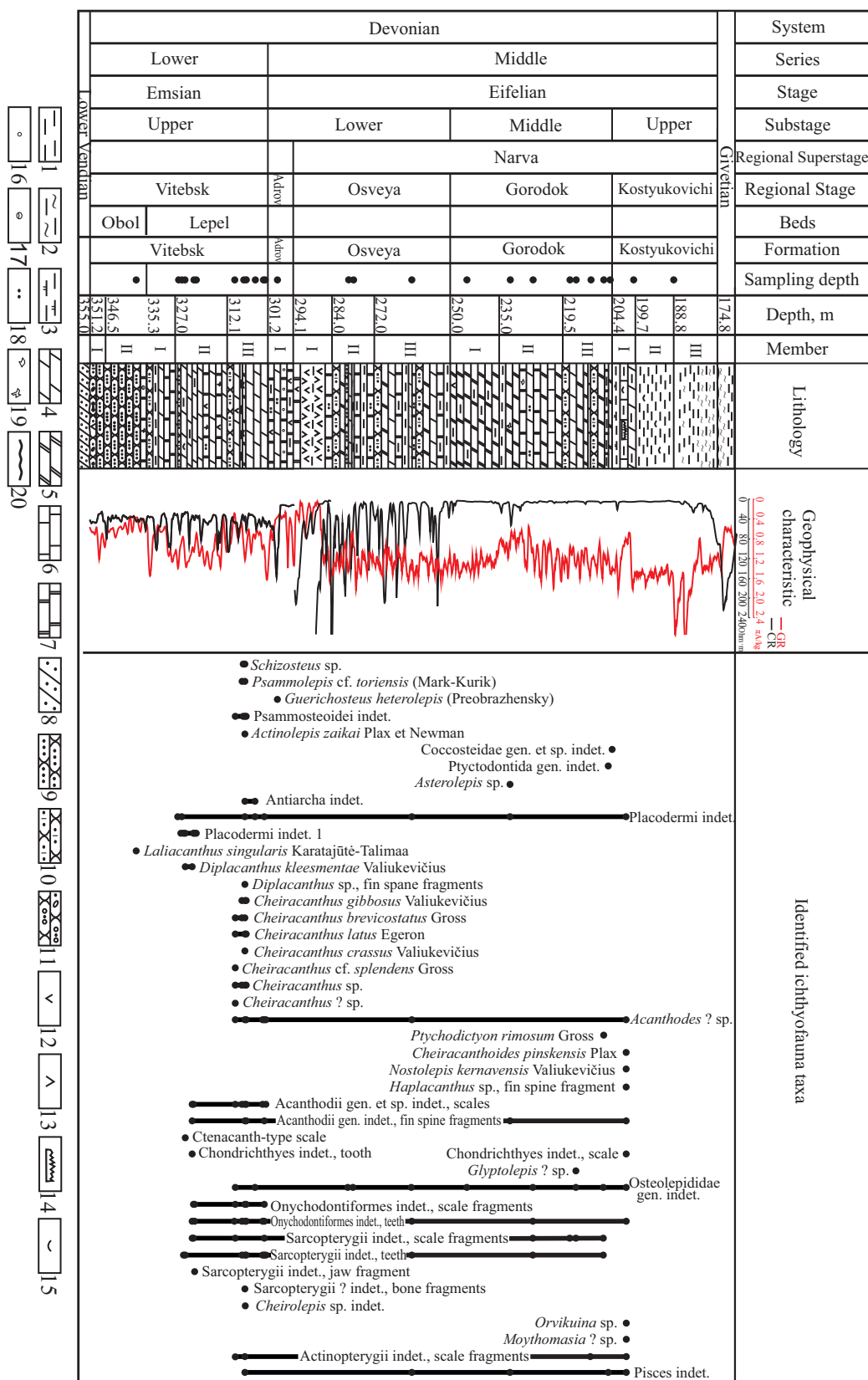
Stratigraphic subdivision of the Upper Emsian – Eifelian deposits of the studied boreholes

The **Bykhov 1 borehole** was drilled in the junction zone of the Orsha Depression and Zhlobin Saddle near the Bolshaya Zimnitsa village of the Slavgorod District, Mogilev Region (see Text-Fig. 1). A detailed stratigraphic division of the exposed deposits (Text-Fig. 2) was made in accordance with the results of the lithological and palaeoichthyological studies of the rocks with consideration of the geophysical data of logging diagrams and conodont evidences. A detailed lithological characteristic of the Bykhov 1 borehole sequence (from bottom to top), as well as its biostratigraphic and geophysical description are presented below. Some skeletal elements of the agnathans and fishes from the rocks of this borehole are shown in Plates I-X.

335.3–351.2 m, thickness 15.9 m – Lower Devonian (D_1), Emsian Stage (D_{1e}), Upper Emsian Substage (D_{1e2}), Vitebsk Regional Stage (Formation) (D_{1vt}), Obol Beds (D_{1ob}). These deposits are represented by two lithological members – the sandy-gravelite and dolomite-sandstone ones. The considered interval is characterized by an increased gamma-ray logging value ($1.2 \pi A/kg$) at the bottom and a gradually decreasing GR curve as low as $0.4 \pi A/kg$ towards the roof. The values of the conventional resistivity (CR) within this interval range from 25 to 80 Ohm·m. The highest value was recorded in the lower part of the interval. Two lithological-geophysical members are distinguished in composition of these deposits on the basis of the rock material composition and geophysical logging data.



Text-Fig. 1. Map of Belarus showing the location of the borehole sections where the skeletal elements of the fish fauna were found. Boreholes: 1 – Bykhov 1; 2 – Korma 1



Text-Fig. 2. Geological section of the Upper Emsian and Eifelian deposits of the Bykhov 1 borehole with the ichthyofauna distribution. Legend. Rocks: 1 – clays, 2 – silt clays, 3 – dolomite clays, 4 – marls, 5 – dolomite marls, 6 – limestones, 7 – dolomites, 8 – sandstone tillites, 9 – sandstones, 10 – carbonate sandstones, 11 – gravelites, 12 – gypsum, 13 – anhydrite. Other symbols: 14 – conodonts, 15 – shell detritus, 16 – oolites, 17 – stromatolites, 18 – sandiness, 19 – cavernosity, 20 – discontinuity surfaces

The first member (depth interval of 346.5 to 351.2 m, 4.7 m thick) is represented by the sandstones and gravelites which overlie with a large discontinuity the red-colored tillites of the Glusk Formation of the Vilchanka Series of the Lower Vendian. The sandstones are light grey with a slightly greenish tint, assorted, mainly quartz, well cemented with clayey cement, dense, laminated, massive, platy. The gravelites are light grey, coarse-grained, with inclusions of pebbles, well cemented, with clayey-carbonate cement.

The second member (depth interval of 335.3 to 346.5 m, 11.2 m thick) is composed of mainly sandstones, but of dolomites in the roof. The sandstones are light greenish-grey, medium- and fine-grained, usually quartz, well cemented, with carbonate-clayey cement, dense, platy, where two scales of *Lalacanthus singularis* Karatajūtė-Talimaa were found. The dolomites are light grey, cryptocrystalline, slightly cavernous, in places, with stromatolites.

301.2–335.3 m, thickness 34.1 m – Lower Devonian (D₁), Emsian Stage (D_{1e}), Upper Emsian Substage (D_{1e2}), Vitebsk Regional Stage (Formation) (D_{1vt}), Lepel Beds (D_{1lp}). These strata are represented by interbedded sandstones, clays, marls and dolomites. The γ -activity logging diagram values range from 0.35 to 1.6 π A/kg. The values of the conventional resistivity range from 30 to 100 Ohm·m. Three lithological-geophysical members are well distinguished within these strata.

The first member (depth interval of 327.0–335.3 m, 8.3 m thick) is represented by interbedded sandstones, clays, marls and dolomites. The sandstones are light greenish-grey, medium- and fine-grained, well cemented, with clayey-carbonate cement, platy. The clays are greenish-grey, with brown-grey interlayers, lumpy, in places, platy-fragmented, dense. The marls are greenish-grey, dense, unclearly laminated, platy, in sites contain shell detritus of the lingulids.

The second member (depth range of 312.1 to 327.0 m, thickness 14.9 m) is composed of sandstones, clays, marls and dolomites. The sandstones are greenish-grey, mostly fine-grained, well cemented, with carbonate cement, platy; occur at the bottom of the member. The clays are greenish-grey, grey, brown, dense, foliated at some levels, mainly platy-comminuted, carbonate, in places, contain scarce conchostracans. The marls are greenish-grey, in places, with brown and lilac spots, dense, platy, massive, aleuritic or clayey at some levels, with numerous ostracodes, scarce shells of the conchostracans, rather numerous small shell fragments of the inarticulate brachiopods, one fragment of the Placodermi indet. plate, numerous small unidentified plate fragments, a denticle from a spinal plate and several spinal plates of Placodermi indet. 1, not very numerous scales of *Diplacanthus kleesmentae* Valiukevičius, Acanthodii gen. et sp. indet., small fin spine fragments of Acanthodii gen. indet., one Ctenacanth-type scale, numerous teeth of Onychodontiformes indet., Sarcopterygii indet., scale fragments of Onychodontiformes indet., Sarcopterygii indet., a small jaw fragment of Sarcopterygii indet. The dolomites are light grey, pelitomorphic, microcrystalline, unclearly laminated, in some sites, stromatolite-like, with rare caverns filled with clayey material and nests of pink laminar gypsum.

The third member (depth interval of 301.2–312.1 m, 10.9 m thick) consists of sandstones (the bottom of the member), dolomite clays, marls, dolomitic, silt and clayey marls. The sandstones are light grey, with a greenish tint, medium- and fine-grained, feldspar-quartz, well cemented, with clayey-carbonate cement, platy. The clays are dolomitic, in places silty, sandy, grey, with a slightly greenish tint, with brown spots, contain fragmentary skeletal elements of *Psammolepis* cf. *toriensis* (Mark-Kurik), indefinable fragmentary skeletal element of *Schizosteus* sp., Psammosteoides indet., scales of *Cheiracanthus* sp., *C. gibbosus* Valiukevičius, *Cheiracanthus brevicostatus* Gross, Acanthodii gen. et sp. indet., teeth of Onychodontiformes indet., Sarcopterygii indet. The marls are greenish-grey, dense, platy, in some places, with nests of orange gypsum, small pyrite crystals, rounded quartz and feldspar grains, contain a small plate fragment of Antiarcha indet., small fragments of Placodermi indet. plates, scales of *Acanthodes* ? sp., Acanthodii gen. et sp. indet., a micromeric fragment of Acanthodii gen. indet. fin spine, scale fragments of Osteolepididae gen. indet., Onychodontiformes indet., teeth of Onychodontiformes indet., Sarcopterygii indet. The marls are dolomitic, greenish-grey, clayey, dense, platy, contain isolated tubercles of *Psammolepis* cf. *toriensis* (Mark-Kurik), Psammosteoides indet., scattered scales of *Cheiracanthus* sp., *C. latus* Egerton, *C. gibbosus* Valiukevičius, *Acanthodes* ? sp., Acanthodii gen. et sp. indet., small fragments of the fin spines of Acanthodii gen. indet., teeth of Onychodontiformes indet., Sarcopterygii indet.,

small scale fragments of *Sarcopterygii* indet. The marls are silty, greenish-grey, dense, platy, with small pyrite crystals, small gypsum grains, contain scarce small shell fragments of lingulids, one tubercle of *Schizosteus* sp., numerous tubercles of *Psammosteoides* indet., single tesseræ and small indefinable fragmentary skeletal elements of *Psammolepis* cf. *toriensis* (Mark-Kurik), small plate fragments of *Antiarcha* indet., *Placodermi* indet., two small fragments of the indefinable plates of *Actinolepis zaikai* Plax et Newman [3], small fragments of the *Diplacanthus* sp., *Acanthodii* gen. indet. fin spines, numerous scales of *Cheiracanthus* sp., *C. brevicostatus* Gross, *C. latus* Egerton, *C. gibbosus* Valiukevičius, *C. crassus* Valiukevičius, *Acanthodes* ? sp., *Acanthodii* gen. et sp. indet., numerous teeth of *Onychodontiformes* indet., *Sarcopterygii* indet., single scale fragments of *Onychodontiformes* indet., *Sarcopterygii* indet., not large bone fragments of *Sarcopterygii* ? indet., small bone fragments of *Pisces* indet., rare scales of *Actinopterygii* indet. The marls are clayey, greenish-grey, dense, platy, with rounded quartz grains, as well as with the scattered tubercles of *Psammosteoides* indet., isolated scales of *Cheiracanthus* sp., *C. brevicostatus* Gross, *C. crassus* Valiukevičius, *C. cf. splendens* Gross, *C. ?* sp., *Acanthodes* ? sp., *Acanthodii* gen. et sp. indet., scale fragments of *Osteolepididae* gen. indet., teeth of *Onychodontiformes* indet., *Sarcopterygii* indet., scales of *Cheirolepis* sp. indet., *Actinopterygii* indet.

294.1–301.2 m, thickness 7.1 m – Middle Devonian (D₂), Eifelian Stage (D_{2ef}), Lower Eifelian Substage (D_{2ef1}), Adrov Regional Stage (Formation) (D_{2ad}): a member of interbedded light grey, dense, hard, platy, unclearly layered, clayey, sandy and oolitic dolomites. At the bottom of the member, the gamma-ray logging shows a low value of 0.4 πA/kg, and the conventional resistivity curve shows there a high value of 160 Ohm·m. In the roof of the member, on the contrary: the γ-activity value is 1.4 πA/kg, and the conventional resistivity curve shows 15 Ohm·m. Among the organic remains in the rocks of this member there are very rare oogonies of the charophyte algae *Sycidium* sp. and some isolated small skeletal elements of *Guerichosteus heterolepis* (Preobrazhensky).

250.0–294.1 m, thickness 44.1 m – Middle Devonian (D₂), Eifelian Stage (D_{2ef}), Lower Eifelian Substage (D_{2ef1}), Osveya Regional Stage (Formation) (D_{2os}): these strata are composed of terrigenous-carbonate-sulfate rocks. The γ-activity logging diagram has a well-defined saw-tooth pattern with values ranging from 0.65 to 1.65 πA/kg from a depth of 284.0 m. The gamma-ray logging curve is characterized by the lower values from 0.1 to 0.7 πA/kg in the depth range from 294.1 to 284.0 m. The conventional resistivity values are mainly high and vary from 90 to 220 Ohm·m over the whole considered interval. Three lithological-geophysical members are well distinguished within these deposits on the basis of their rock material composition and geophysical logging data.

The first member (depth interval of 284.0 to 294.1 m, 10.1 m thick) is represented by clays, clayey-carbonate-sulfate rocks, gypsum, sandy dolomite. The clays are dark greenish-grey in color, slightly micaceous, dense, with uneven bedding surfaces. The clayey-carbonate-sulfate rocks are light grey in color, hard, massive, horizontally layered, with uneven, wavy, tuberos bedding surfaces. The gypsum forms the main body of this rock and is fine- to coarse-grained, sometimes, transverse fibrous. Its color varies from orange-red to light brownish-grey and dark brown. There are interlayers of white transverse columnar gypsum from 1 to 2 mm thick. The described rocks also contain interlayers of greenish-grey clays. There are also interlayers of light grey, in places, black, fine-crystalline anhydrite. The dolomite is light grey, sandy, dense, hard, massive.

The second member (depth interval of 272.0 to 284.0 m, 12.0 m thick) is composed of sandstones, clays, marls, dolomite marls, sandy and clayey dolomites. The sandstones are light grey, with a greenish tint, feldspar-quartz, fine-grained, well cemented, with carbonate-sulfate cement, platy, massive and contain fragments of the *Osteolepididae* gen. indet. scales. The clays are dark greenish-grey, dense usually with horizontal layering. The marls are greenish-grey, in places spotted (jasper-like), dense, unclearly layered, platy. The marls are dolomitic, greenish-grey, in places, spotted, unclearly layered, dense, solid, platy, with scale fragments of *Osteolepididae* gen. indet. The dolomites are sandy, light grey, slightly fractured, hard, platy. The dolomites are clayey, light grey, with a slightly greenish tint, in places with subhorizontal layering, hard, massive, platy. Throughout the section of this member there are gypsum inclusions and interlayers. The gypsum color changes from white and light grey to reddish brown.

The third member (depth interval of 250.0 to 272.0 m, 22.0 m thick) consists of interbedded sandstones, clays, marls, dolomite marls and dolomites. The sandstones are bluish-grey, feldspar-quartz, with rounded grains of gypsum, fine-grained, well cemented, with carbonate-clayey cement, platy. The clays are bluish-grey, greenish-grey, dense, usually horizontally layered. The marls are bluish-grey, greenish-grey, in places, spotted (jasper-like), dense, massive, with gypsum grains, with small indefinable plate fragments of *Placodermi* indet., a scale of *Acanthodes?* sp., not numerous scale fragments of *Osteolepididae* gen. indet., two small tooth fragments of *Onychodontiformes* indet., *Sarcopterygii* indet., micromeric bone fragments of *Pisces* indet. The marls are dolomitic, greenish-grey, in places spotted, with gypsum inclusions, indistinctly laminated, dense, hard, platy. The dolomites are light grey, usually undistinctly laminated, hard, platy, clayey or sandy at some levels.

204.4–250.0 m, thickness 45.6 m – Middle Devonian (D₂), Eifelian Stage (D_{2ef}), Middle Eifelian Substage (D_{2ef2}), Gorodok Regional Stage (Formation) (D_{2gr}): the strata of terrigenous-carbonate rocks. The interval is characterized by increased gamma activity values varying from 0.7 to 1.8 π A/kg and low conventional resistivity values ranging from 5 to 50 Ohm·m. These strata can be divided into three lithological-geophysical members on the basis of their material composition and geophysical logging data.

The first member (depth interval of 235.0 to 250.0 m, 15.0 m thick) is represented by clayey marls, dolomitic, sandy, grey, light grey, greenish-grey, lilac-grey, dense, mostly horizontally layered, platy, with isolated integral or fragmentary scales of *Osteolepididae* gen. indet., *Sarcopterygii* indet., teeth of *Onychodontiformes* indet. and *Sarcopterygii* indet.

The second member (depth interval of 219.5 to 235.0 m, 15.5 m thick) is composed of interbedded marls, dolomite marls, limestones and dolomites. The marls are greenish-grey, light grey, clayey, dense, sandy, with rounded quartz grains, with single scale fragments of *Osteolepididae* gen. indet., *Sarcopterygii* indet., teeth of *Onychodontiformes* indet. and *Sarcopterygii* indet. The marls are dolomitic, light grey, with light greenish tint, pelitomorphic, dense, with small plate fragment of *Asterolepis* sp., a fragment of an indefinable plate of *Placodermi* indet., a small fragment of the fin spine of *Acanthodii* gen. indet. and rare small bone fragments of *Pisces* indet. The limestones are light grey, fine-grained, dense, platy. The dolomites are beige-grey, beige-greenish-grey, pelitomorphic, hard, platy, massive, in places cavernous, with sulfide mineralization along subvertical cracks.

The third member (depth interval of 204.4 to 219.5 m, 15.1 m thick) consists of sandstones, marls, dolomite marls, limestones and clayey dolomites. The sandstones are light grey, with bluish-greenish tint, fine-grained, quartz, well-cemented, with clayey-carbonate cement, dense, platy. The marls are grey, bluish-green-grey, with brown and rusty spots, dense, platy, with few scolecodonts, some small shall fragments of inarticulate brachiopods, a small scale fragment of *Glyptolepis* ? sp., small scale fragments of *Osteolepididae* gen. indet. and *Sarcopterygii* indet. The marls are dolomitic, light grey, greenish grey, bluish grey, in places, spotted (jasper-like), dense, platy, with conchoidal fracture, with one small fragment of the *Ptyctodontida* gen. indet. triter, some scales of *Ptychodictyon rimosum* Gross, scale fragments of *Osteolepididae* gen. indet., *Sarcopterygii* indet., with very few small imprints of the *Sarcopterygii* indet. scales, numerous teeth of *Sarcopterygii* indet., indefinable small fragments of the skeletal elements of *Pisces* indet. The limestones are whitish, dense, pelitomorphic, platy, with single oogonies of the *Sycidium* sp. charophyte algae, some small scale fragments of *Actinopterygii* indet. The dolomites are clayey, grey, cryptocrystalline, dense, hard, platy.

174.8–204.4 m, thickness 29.6 m – Middle Devonian (D₂), Eifelian Stage (D_{2ef}), Upper Eifelian Substage (D_{2ef3}), Kostuykovichi Regional Stage (Formation) (D_{2ks}): the strata are composed of clays, clayey siltstones, clayey marls and limestones. The gamma-ray logging curve values within these strata show a significant scatter. So, the γ -activity values vary from 0.7 to 1.8 π A/kg in the range of 204.4–199.7 m and from 0.8 to 2.8 π A/kg in the range of 188.8–174.8 m. Within this interval the conventional resistivity values are mainly low (5–30 Ohm·m) and begin to grow and reach 90 Ohm·m in the interval uppermost part only. These strata are divided into three lithological-geophysical members on the basis of their lithological and geophysical logging data.

The first member (depth interval of 199.7–204.4, 4.7 m thick) is composed of dolomite clays, clayey marls and clayey limestones. The clays are dolomitic, greenish-grey, light grey, massive, fat, heavy under wet conditions. The marls are clayey, light grey, platy, containing a fragment of an anterior medioventral plate of *Coccosteidae* gen. et sp. indet. The limestones are clayey, light grey, dense, platy, with pyrite inclusions, as well as with numerous small shell fragments of the inarticulate brachiopods, very scarce segments of the crinoids, scolecodonts, ostracodes, the sole fragment of the fin spine of *Haplacanthus* sp., few scales of *Cheiracanthoides pinskensis* Plax., *Nostolepis kernavensis* Valiukevičius, *Acanthodes* ? sp., one tooth of *Chondrichthyes* indet., few teeth of *Onychodontiformes* indet., isolated small plate fragments of *Placodermi* indet., rather abundant scale fragments of *Orvikuina* sp., *Moythomasia* ? sp., *Actinopterygii* indet., one indefinable bone fragment of *Pisces* indet., conodonts of *Icriodus stephensoni* Sparling, *Polygnathus linguiformis klapperi* Clausen, Leuteritz et Ziegler, *P. linguiformis* Hinde and *P. webbi* Stauffer (definitions of conodonts from [4]).

The second member (depth interval of 188.8–199.7 m, 10.9 m thick) is represented by grey, greenish-grey, lilac-ocher, tobacco-grey, brown-tobacco, dark grey, argillite-like, horizontally layered, dense clays.

The third member (depth interval of 174.8–188.8 m, 14.0 m thick) consists of variegated, slightly micaceous clayey siltstones and clays.

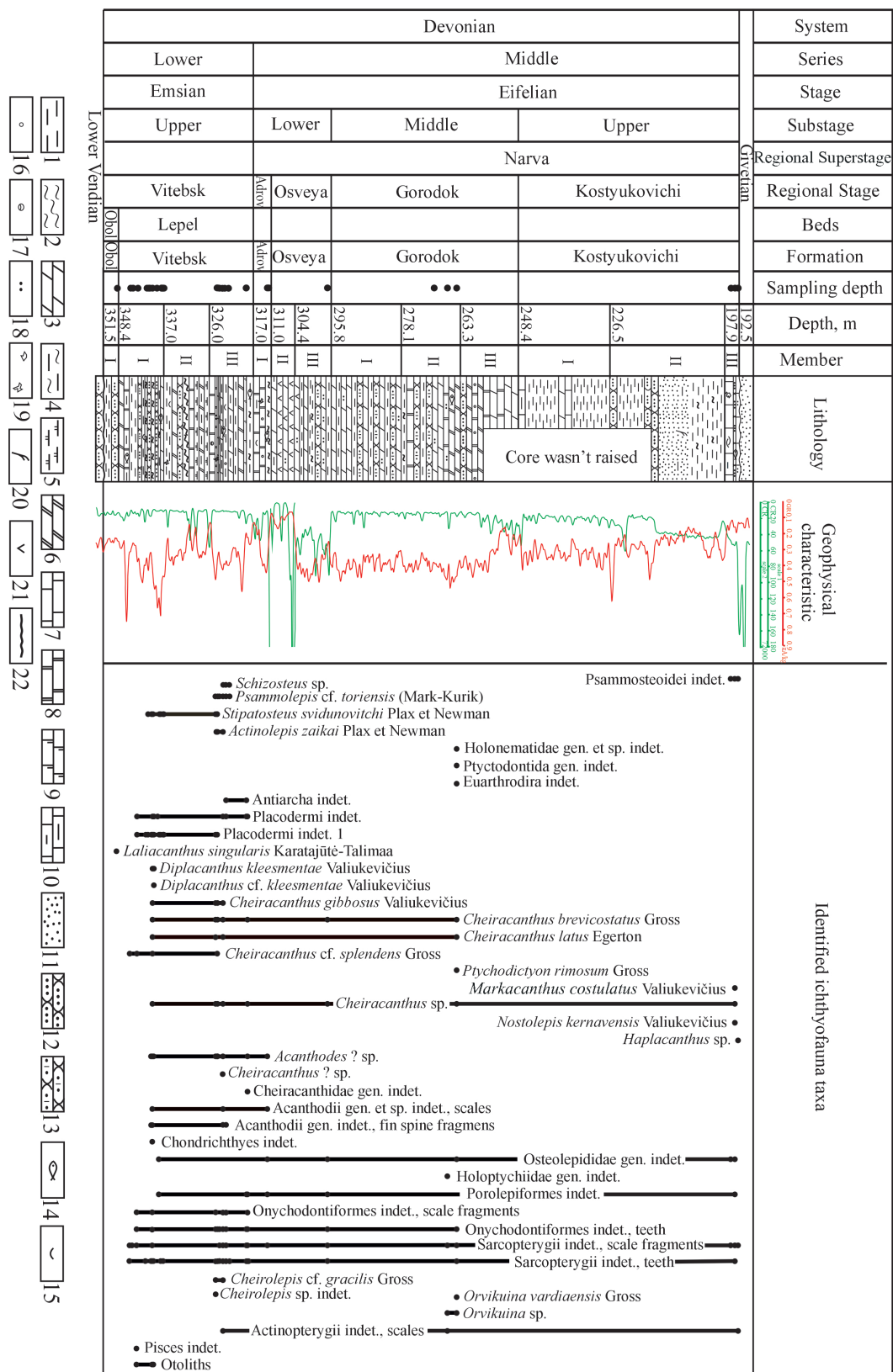
The Kostyukovich deposits are overlain by the terrigenous rocks of the Polotsk Regional Stage (Formation) of the Givetian Stage of the Middle Devonian that were not described in this paper.

The Korma 1 borehole was drilled in the territory of the Zhlobin Saddle near the Barsuki village of the Korma district, Mogilev region. The stratigraphic division of the exposed-deposits (Text-Fig. 3) was performed using the same research methods as for the borehole described above. A detailed lithological description of this borehole sequence (from bottom to top) with palaeontological and geophysical characteristics is presented below. Some skeletal elements of the vertebrates from the rocks of this borehole are shown in Plates I-X.

348.4–351.5 m, thickness 3.1 m – Lower Devonian (D_1), Emsian Stage (D_{1e}), Upper Emsian Substage (D_{1e_2}), Vitebsk Regional Stage (Formation) (D_{1vt}), Obol Beds (D_{1ob}). This member is represented by an alternation of light grey, mostly fine-grained, quartz, with carbonate cement, dense, fairly hard, platy sandstones containing scarce scales of *Laliacanthus singularis* Karatajūtė-Talimaa and greenish-grey, dense, argillite-like clays. There are also interlayers of pelitomorphic, platy, beige dolomites. The rocks of this member occur with a large discontinuity in sedimentation on pink sandstones of the Glusk Formation of the Vilchanka Series of the Lower Vendian. A high γ -activity value up to 0.75 $\mu A/kg$ is observed at the bottom of this member. The conventional resistivity values are moderate.

317.0–348.4 m, thickness 31.4 m – Lower Devonian (D_1), Emsian Stage (D_{1e}), Upper Emsian Substage (D_{1e_2}), Vitebsk Regional Stage (Formation) (D_{1vt}), Lepel Beds (D_{1lp}). These strata are composed of terrigenous-carbonate rocks. The studied interval is characterized by sharp changes in the gamma-ray values from 0.12 to 0.7 $\mu A/kg$. The values of the conventional resistivity are slightly increased in the middle part of the interval only (50 and 60 $\Omega \cdot m$). These strata can be divided into three lithological-geophysical member on the basis of their material composition and geophysical logging data.

The first member (depth interval of 337.0 to 348.4 m, 11.4 m thick) is represented by sandstones, siltstones, aleuritic and argillite-like clays, as well as by marls, dolomite marls and clayey dolomites. The sandstones are light grey, greenish grey, fine- and medium-grained, with carbonate cement, well cemented, unclearly layered, at some levels horizontally layered and slightly cavernous, massive, platy, with small fragments of plates, two incomplete spinal plate of *Stipatosteus svidunovitchi* Plax et Newman [3]. The siltstones are light grey, with greenish tint, in places with brown spots, sometimes, clayey, dense, fine-grained, unclearly layered, quartz, with clayey-carbonate cement, well cemented, with ostracodes, rare small shell fragments of lingulids, numerous small indefinable plate fragments of *Stipatosteus svidunovitchi* Plax et Newman, one small plate fragment of *Placodermi* indet. 1, scales of *Diplacanthus kleesmentae* Valiukevičius, *D. cf. kleesmentae* Valiukevičius, *Acanthodes* ? sp., one fragment of a fin spine of *Acanthodii* gen. indet., isolated teeth of *Sarcopterygii* indet. and otoliths. The clays are silty, dark grey, dark greenish-grey, variegated (grey, red, brown, greenish), lumpy, dense,



Text-Fig. 3. Geological section of the Upper Emsian and Eifelian deposits of the Korma 1 borehole with the ichthyofauna distribution. Legend. Rocks: 1 – clays, 2 – siltstones, 3 – marls, 4 – silt clays, 5 – dolomite marls, 6 – lime-stones, 8 – dolomites, 9 – dolomite limestones, 10 – clayey limestones, 11 – sands, 12 – sandstones, 13 – carbonate sandstones. Other symbols: 14 – ichthyofauna, 15 – shell detritus, 16 – oolites, 17 – stromatolites, 18 – sandiness, 19 – cavernosity, 20 – carbonified plant remains, 21 – gypsum, 22 – discontinuity surfaces

weakly carbonate, with small shell fragments of the inarticulate brachiopods, scarce small plate fragments of Placodermi indet., isolated small indefinable plate fragments, a left posterior ventrolateral plate of *Stipatosteus svidunovitchi* Plax et Newman, a spinal plate of Placodermi indet. 1 [3], scales of *Diplacanthus kleesmentae* Valiukevičius, *Cheiracanthus* sp., *C. gibbosus* Valiukevičius, *C. brevicostatus* Gross, *C. latus* Egerton, *C. cf. splendens* Gross, *Acanthodes* ? sp., *Acanthodii* gen. et sp. indet., small fragments of the *Acanthodii* gen. indet. fin spine, scales of Chondrichthyes indet., scale fragments of Sarcopterygii indet., Onychodontiformes indet., teeth of Onychodontiformes indet., Sarcopterygii indet., small indefinable skeletal element of Pisces indet. and otoliths. The clays are argillite-like, greenish-grey, dense, platy, with numerous small indefinable plate fragments, a right anterior lateral plate, a right anterior ventrolateral plate with an attached right spinal plate of *Stipatosteus svidunovitchi* Plax et Newman [3], small scale fragments of Osteolepididae gen. indet. and Porolepiformes indet. The marls are greenish-grey, brown, with light grey and greenish spots, sandy or clayey at some levels, dense, platy, non-layered, with very rare small plate fragments of Placodermi indet. The marls are dolomitic, light greenish-grey, dense, unclearly layered, relatively hard, massive, in places, with rare small caverns, platy. The dolomites are light grey, with greenish tint, pelitomorphic, dense, hard, in places, with small caverns, platy.

The second member (depth interval of 326.0 to 337.0 m, 11.0 m thick) is composed of sandstones, siltstones, argillite-like and dolomite clays, dolomites. The sandstones are greenish-grey, fine- and medium-grained, quartz, with carbonate cement, well cemented, unclearly layered, massive, platy. The siltstones are greenish-grey, at some levels variegated, fine-grained, quartz, well cemented, with carbonate cement, platy. The clays are argillite-like, greenish-grey, dark gray, dense. Clays are dolomitic, greenish-grey, gray, lumpy. Marls are dolomitic, greenish-grey, sandy, dense, unclearly layered, platy, in some places with slickensides. The dolomites are stromatolitic, whitish, beige-grey, dense, slightly cavernous.

The third member (depth interval of 317.0 to 326.0 m, 9.0 m thick) consists of argillite-like and silty clays, clayey marls, dolomite limestones and dolomites. The clays are argillite-like, greenish-grey, with brown spots, dense, contain small fragmentary skeletal elements and isolated tubercles of *Psammolepis* cf. *toriensis* (Mark-Kurik), small plate fragments of *Stipatosteus svidunovitchi* Plax et Newman, small plate fragments of *Actinolepis zaikai* Plax et Newman, Placodermi indet., scales of *Cheiracanthus* sp., *C. brevicostatus* Gross, *C. gibbosus* Valiuk., *Acanthodes* ? sp., teeth of Onychodontiformes indet., Sarcopterygii indet., small scale fragments of Sarcopterygii indet. The clays are argillite-like, silty, greenish-grey, dense, platy, thin-plate at some levels, with a left anterior ventrolateral plate of *Antiarcha* indet., one small fragment of an articular process and small plates of *Antiarcha* indet., small plate fragments of Placodermi indet., spinal plate of Placodermi indet., scales of *Cheiracanthus* sp., *C. brevicostatus* Gross, *Cheiracanthidae* gen. indet., *Acanthodes* ? sp., scale fragments of Porolepiformes indet., Onychodontiformes indet., Sarcopterygii indet., numerous teeth of Onychodontiformes indet., Sarcopterygii indet. The marls are clayey, greenish-grey with brown spots, dense, platy, with slickensides, with scarce ostracodes, conchostracans, single shell fragments of inarticulate brachiopods, tubercles and small fragmentary skeletal elements of *Schizosteus* sp., *Psammolepis* cf. *toriensis* (Mark-Kurik), small plate fragments of Placodermi indet., small indefinable plate fragments and a spinal plate of Placodermi indet. 1, one plate fragment of *Stipatosteus svidunovitchi* Plax et Newman, seven small indefinable plates and the right anterior ventrolateral plate with the inner part of a spinal plate of *Actinolepis zaikai* Plax et Newman, one small fragment of an articular process of *Antiarcha* indet., scales of *Cheiracanthus* sp., *C. gibbosus* Valiukevičius, *C. latus* Egerton, *C. brevicostatus* Gross, *C. cf. splendens* Gross, *C. ?* sp., *Acanthodes* ? sp., *Acanthodii* gen. et sp. indet., a small fragment of the *Acanthodii* gen. indet. fin spine, scale fragments of Onychodontiformes indet., Sarcopterygii indet., Onychodontiformes indet., Sarcopterygii indet., three scales of *Cheirolepis* cf. *gracilis* Gross, two scale of *Cheirolepis* sp. indet., a fragment of one scale of Actinopterygii indet. The limestones are dolomitic, light grey, whitish, dense, porous, hard, stromatolitic at some levels. The dolomites are whitish, beige, pelitomorphic, dense, unclearly laminated, platy.

311.0–317.0 m, thickness 6.0 m – Middle Devonian (D₂), Eifelian Stage (D_{2ef}), Lower Eifelian Substage (D_{2ef1}), Adrov Regional Stage (Formation) (D_{2ad}): a member of interbedded clays, silt-

Plate I

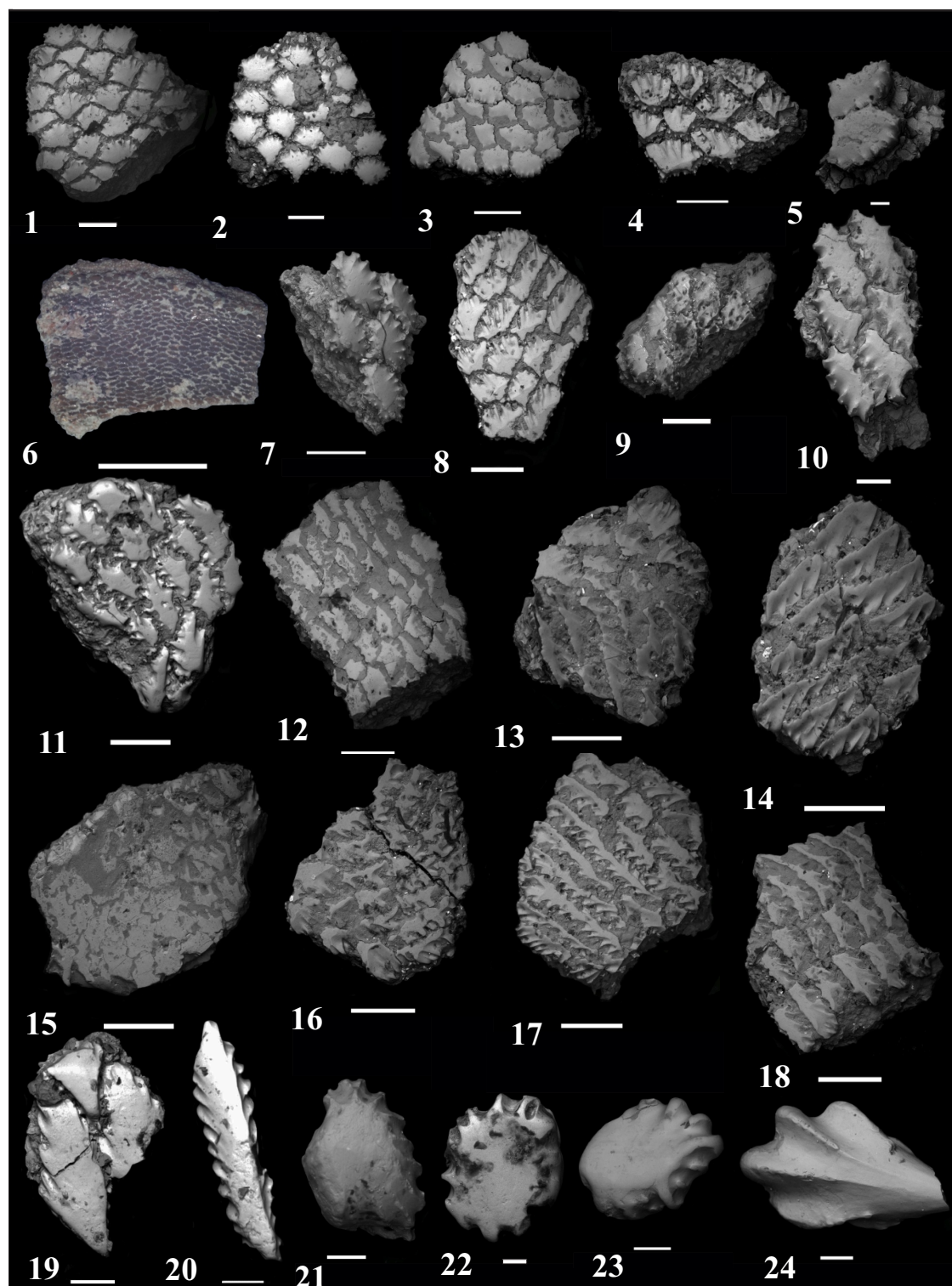


Plate I. Heterostracan remains from the studied boreholes. Skeletal elements of the heterostracans from the Upper Emsian and Eifelian. Scale bar 100 μ m for Figures 5, 22, 23 and 24; 200 μ m for Figures 10, 19, 20 and 21; 500 μ m for Figures 1, 2, 3, 4, 7, 8, 9, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17 and 18; 5 mm for Figure 6

Figure 1 – *Psammolepis* cf. *toriensis* (Mark-Kurik). Specimen № 116/43 – 11, Bykhov 1 borehole, depth of 307.9 m, x 35, indefinable fragmentary skeletal element, external view; Vitebsk Regional Stage, Lepel Beds. Figure 2 – *Psammolepis* cf. *toriensis* (Mark-Kurik). Specimen № 116/42 – 27, Bykhov 1 borehole, depth of 307.3 m, x 35, indefinable fragmentary skeletal

element, external view; Vitebsk Regional Stage, Lepel Beds. Figure 3 – *Psammolepis* cf. *toriensis* (Mark-Kurik). Specimen № 121/21 – 1, Korma 1 borehole, depth of 321.5 m, x 45, indefinable fragmentary skeletal element, external view; Vitebsk Regional Stage, Lepel Beds. Figure 4 – *Psammosteoides* indet. Specimen № 116/43 – 8, Bykhov 1 borehole, depth of 307.9 m, x 50, indefinable fragmentary skeletal element, external view; Vitebsk Regional Stage, Lepel Beds. Figure 5 – *Psammolepis* cf. *toriensis* (Mark-Kurik). Specimen № 121/21 – 4, Korma 1 borehole, depth of 321.5 m, x 100, dentine tubercles, top view; Vitebsk Regional Stage, Lepel Beds. Figure 6 – *Psammolepis* cf. *toriensis* (Mark-Kurik). Specimen № 121/23 – 8, Korma 1 borehole, depth of 322.3 m, plate fragment, external view, Vitebsk Regional Stage, Lepel Beds. Figure 7 – *Psammolepis* cf. *toriensis* (Mark-Kurik). Specimen № 116/43 – 12, Bykhov 1 borehole, depth of 307.9 m, x 50, indefinable fragmentary skeletal element, external view; Vitebsk Regional Stage, Lepel Beds. Figure 8 – *Schizosteus* sp. Specimen № 121/22 – 5, Korma 1 borehole, depth of 322.0 m, x 35, plate fragment, external view; Vitebsk Regional Stage, Lepel Beds. Figure 9 – *Schizosteus* sp. Specimen № 116/43 – 9, Bykhov 1 borehole, depth of 307.9 m, x 50, indefinable fragmentary skeletal element, external view; Vitebsk Regional Stage, Lepel Beds. Figure 10 – *Schizosteus* sp. Specimen № 121/23 – 23, Korma 1 borehole, depth of 322.3 m, x 55, indefinable fragmentary skeletal element, external view; Vitebsk Regional Stage, Lepel Beds. Figure 11 – *Psammolepis* cf. *toriensis* (Mark-Kurik). Specimen № 116/42 – 24, Bykhov 1 borehole, depth of 307.3 m, x 40, indefinable fragmentary skeletal element, external view; Vitebsk Regional Stage, Lepel Beds. Figure 12 – *Schizosteus* sp. Specimen № 121/21 – 3, Korma 1 borehole, depth of 321.5 m, x 35, indefinable fragmentary skeletal element, external view; Vitebsk Regional Stage, Lepel Beds. Figure 13 – *Schizosteus* sp. Specimen № 121/22 – 12, Korma 1 borehole, depth of 322.0 m, x 45, indefinable fragmentary skeletal element, external view; Vitebsk Regional Stage, Lepel Beds. Figure 14 – *Schizosteus* sp. Specimen № 121/22 – 10, Korma 1 borehole, depth of 322.0 m, x 45, indefinable fragmentary skeletal element, external view; Vitebsk Regional Stage, Lepel Beds. Figure 15 – *Schizosteus* sp. Specimen № 121/21 – 2, Korma 1 borehole, depth of 321.5 m, x 45, indefinable fragmentary skeletal element with heavily worn surface, external view; Vitebsk Regional Stage, Lepel Beds. Figure 16 – *Schizosteus* sp. Specimen № 121/22 – 11, Korma 1 borehole, depth of 322.0 m, x 45, indefinable fragmentary skeletal element, external view; Vitebsk Regional Stage, Lepel Beds. Figure 17 – *Schizosteus* sp. Specimen № 121/22 – 7, Korma 1 borehole, depth of 322.0 m, x 40, indefinable fragmentary skeletal element, external view; Vitebsk Regional Stage, Lepel Beds. Figure 18 – *Schizosteus* sp. Specimen № 121/22 – 9, Korma 1 borehole, depth of 322.0 m, x 43, indefinable fragmentary skeletal element, external view; Vitebsk Regional Stage, Lepel Beds. Figure 19 – *Schizosteus* sp. Specimen № 116/42 – 28, Bykhov 1 borehole, depth of 307.3 m, x 75, dentine tubercles, top view; Vitebsk Regional Stage, Lepel Beds. Figure 20 – *Schizosteus* sp. Specimen № 116/42 – 25, Bykhov 1 borehole, depth of 307.3 m, x 65, dentine tubercle, top view; Vitebsk Regional Stage, Lepel Beds. Figure 21 – *Psammosteoides* indet. Specimen № 121/1 – 1, Korma 1 borehole, depth of 192.7 m, x 85, dentine tubercle, top view; Kostyukovich Regional Stage. Figure 22 – *Psammosteoides* indet. Specimen № 116/41 – 8, Bykhov 1 borehole, depth of 307.2 m, x 120, dentine tubercle, top view; Vitebsk Regional Stage, Lepel Beds. Figure 23 – *Psammosteoides* indet. Specimen № 116/42 – 14, Bykhov 1 borehole, depth of 307.3 m, x 200, dentine tubercle, top view; Vitebsk Regional Stage, Lepel Beds. Figure 24 – *Psammosteoides* indet. Specimen № 121/2 – 2, Korma 1 borehole, depth of 193.5 m, x 150, dentine tubercle, top view; Kostyukovich Regional Stage

stones, marls, clayey dolomites and dolomites. The clays are argillite-like, brownish-brown, dark grey, black, thin-plate, dense, with thin horizontal layering. The siltstones are greenish-grey, fine-grained, carbonate, well cemented, horizontally layered, platy. The marls are light grey with a greenish tint, with numerous inclusions of rounded and slightly angular quartz grains, contain rare scales of *Acanthodes* ? sp., *Acanthodii* gen. et sp. indet., micromeric scale fragments of *Osteolepididae* gen. indet., *Porolepiformes* indet., small indefinable scale debris of *Sarcopterygii* indet. The dolomites are clayey, greenish-grey, light brown, algal, hard, horizontally layered, platy. The dolomites are white, beige, brownish-grey, crystalline, with occasional and undistinct horizontal lamination, hard, at some levels, organogenic, porous and oolitic. For this member the lowest GR value is 0.1 π A/kg, and the highest value is 0.45 π A/kg. The lowest value of the conventional resistivity is 10 Ohm·m, and the highest one reaches 50 Ohm·m.

295.8–311.0 m, thickness 15.2 m – Middle Devonian (D_2), Eifelian Stage (D_{2ef}), Lower Eifelian Substage (D_{2ef1}), Osveya Regional Stage (Formation) (D_{2os}): the strata are represented by terrigenous-carbonate-sulfate and sulfate-clayey-carbonate rocks. The studied strata are characterized by the lower gamma-activity values in the lower part from 0.5 to 1.7 π A/kg (the first member) and increased values in the upper part of the section from 0.25 to 0.5 π A/kg (the second member). The conventional resistivity values are quite opposite.

The first member (depth interval of 304.4 to 311.0 m, 6.6 m thick) is represented by horizontally layered, hard terrigenous-carbonate-sulfate rocks. Gypsum is the main mineral of the sulfate portion of this member. It is represented by two modifications: long-fiber selenite, white in color, up to 5 cm in thickness, and coarse-grained, scaly gypsum up to 1.5 cm in thickness. The clayey-carbonate rocks (marls) are light grey in color, dense, platy, contain gypsum; greyish-brown sedimentary crushed breccia lie below. At the base of this member there is a 10 cm thick interlayer of light grey limestone with bedded stromatolites.

Plate II

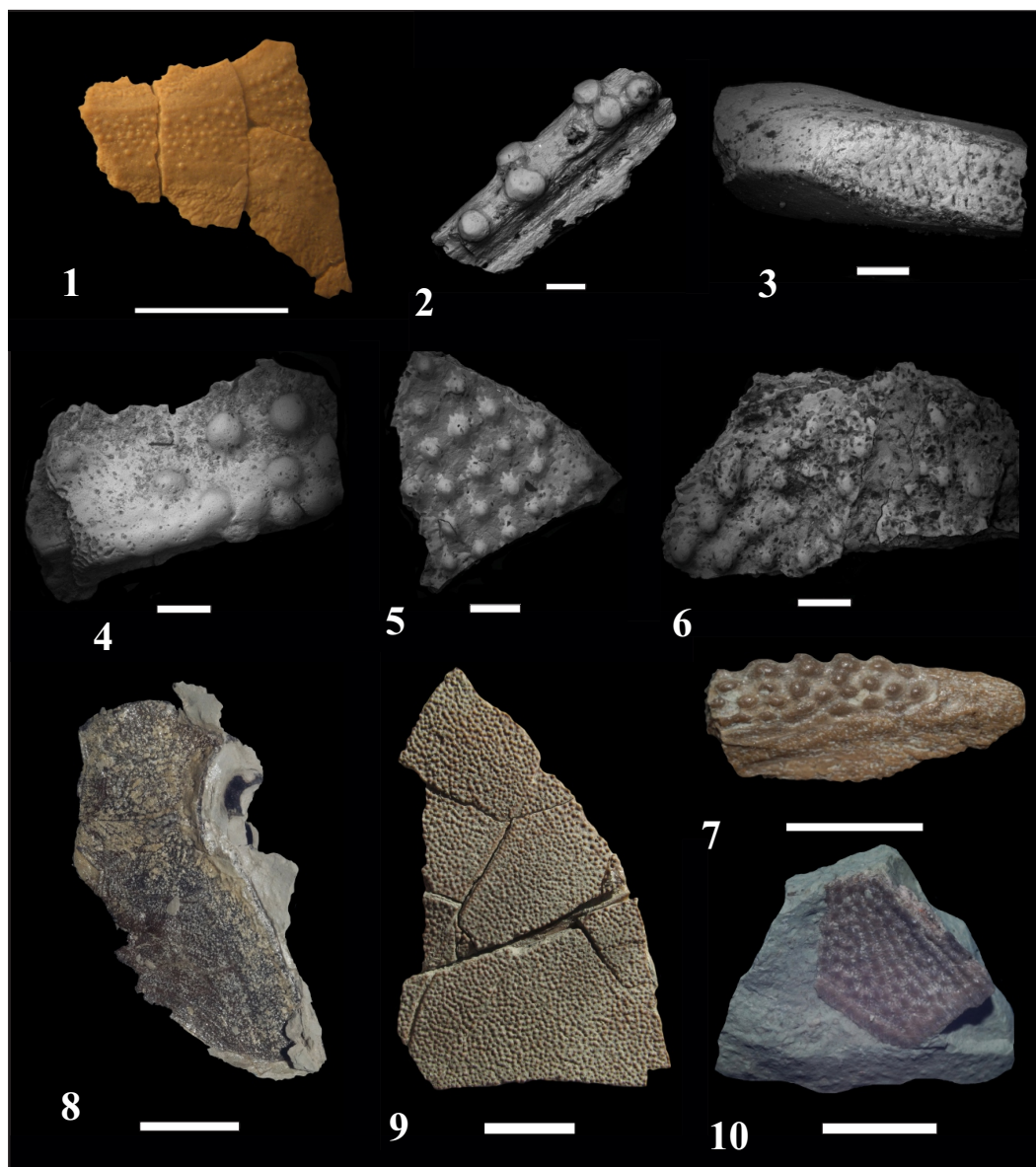


Plate II. Placoderm remains from the studied boreholes. Skeletal elements of the placoderm fishes from the Upper Emsian and Eifelian. Scale bar 200 μ m for Figure 2; 500 μ m for Figures 3, 4, 5 and 6; 5 mm for Figures 1, 7 and 10; 1 cm for Figures 8 and 9

Figure 1 – *Coccosteidae* gen. et sp. indet. Specimen № 116/17a – 1, Bykhov 1 borehole, depth of 204.4 m, fragment of the anterior medioventral plate, external view; Kostyukovich Regional Stage. Figure 2 – *Placodermi* indet. Specimen № 116/16 – 5, Bykhov 1 borehole, depth of 201.4 – 202.4 m, x 65, spinal plate fragment, external view; Kostyukovich Regional Stage. Figure 3 – *Ptyctodontida* gen. indet. Specimen № 116/18 – 1, Bykhov 1 borehole, depth of 205.1 m, x 35, fragment of a tritor, top view; Gorodok Regional Stage. Figure 4 – *Placodermi* indet. Specimen № 116/24 – 2, Bykhov 1 borehole, depth of 231.9 m, x 35, indefinable plate fragment, external view; Gorodok Regional Stage. Figure 5 – *Placodermi* indet. Specimen № 116/57 – 1, Bykhov 1 borehole, depth of 326.0 m, x 35, indefinable plate fragment, external view; Vitebsk Regional Stage, Lepel Beds. Figure 6 – *Placodermi* indet. Specimen № 121/44 – 17, Korma 1 borehole, depth of 340.2 m, x 35, indefinable plate fragment, external view; Vitebsk Regional Stage, Lepel Beds. Figure 7 – *Placodermi* indet. Specimen № 116/42 – 41, Bykhov 1 borehole, depth of 307.3 m, spinal plate fragment, external view; Vitebsk Regional Stage, Lepel Beds. Figure 8 – *Antiarcha* gen. indet. Specimen № 121/20 – 1, Korma 1 borehole, depth of 317.5 m, the left anterior ventrolateral plate, external view; Vitebsk Regional Stage, Lepel Beds. Figure 9 – *Holonematidae* gen. et sp. indet. Specimen № 121/10 – 1, Korma 1 borehole, depth of 264.2 m, plate fragment, external view; Gorodok Regional Stage. Figure 10 – *Antiarcha* indet. Specimen № 116/40 – 1, Bykhov 1 borehole, depth of 304.8 m, indefinable plate fragment, external view; Vitebsk Regional Stage, Lepel Beds

The second member (depth interval of 295.8 to 304.4 m, 8.6 m thick) is composed of sulfate-clayey-carbonate rocks mixed with terrigenous material or of marls in composition including of sandstone, clay, gypsum and dolomite interlayers. The sandstones are light grey, spotted, fine- and medium-grained, massive, with sulfate-carbonate-clayey cement. The clays are grey, greenish-grey, dense, platy, contain two scales of *Cheiracanthus* sp., *C. brevicostatus* Gross, scarce fragments of scales of Osteolepididae gen. indet., Porolepiformes indet., Sarcopterygii indet. and two teeth fragments of Onychodontiformes indet. and Sarcopterygii indet. The marls are light grey, greenish-grey, sandy, clayey at some levels, with gypsum interlayers, lenses, streaks and nests. The gypsum is represented by white, orange, thin-fiber selenite, as well as tabular, lamellar, columnar gypsum of brown color. The dolomites are light grey, beige, pelitomorphic, hard, platy and include gypsum layers. Well pronounced slickensides are observed over the entire interval of the considered member.

248.4–295.8 m, thickness 47.4 m – Middle Devonian (D₂), Eifelian Stage (D_{2ef}), Middle Eifelian Substage (D_{2ef2}), Gorodok Regional Stage (Formation) (D_{2gr}): the strata of terrigenous-carbonate rocks. For this interval the logging diagrams show a saw-tooth pattern. The maximum values of the conventional resistivity (20 to 40 Ohm·m) were recorded in the uppermost part of the strata. The highest gamma-activity values are observed in the depth range of 263.3 to 278.1 m (from 0.4 to 0.55 π A / kg). Three lithological-geophysical members are well distinguished within these strata on the basis of the lithological and logging data.

The first member (depth interval of 278.1 to 295.8 m, 17.7 m thick) is represented by interbedded sandstones, clays, marls and dolomites. The sandstones are grey, greenish-grey, fine-grained or medium-coarse-grained, quartz-feldspar, with carbonate cement, massive, undistinctly laminated, platy. The clays are light grey, red, brown, greenish-grey, green, brown, lumpy, foliated at some levels, platy, carbonate. The marls are light grey, greenish-grey, with brown, lilac, brown spots (jasper-like), in places with slickensides, in sites fractured, dense, massive, platy. The dolomites are light grey, dense, pelitomorphic, hard, at some levels fissured and slightly cavernous, platy.

The second member (depth interval of 263.3 to 278.1 m, 14.8 m thick) is composed of sandstones, clays, marls, dolomite marls, limestones and dolomites. The sandstones are light grey, mostly coarse- and medium-grained, feldspar-quartz, with carbonate cement, unclearly layered, massive, platy. The clays are grey, dark grey, dense. The marls are grey, light grey, greenish-grey, with lilac, brown spots (jasper-like), dense, with conchoidal fracture, dolomitic at some levels, with clastic material, usually undistinctly laminated, in places fissured, platy, contain a large plate fragment of Holonematidae gen. et sp. indet., small plate fragments of Euarthrodira indet., small fragments of triters of Ptyctodontida gen. indet., scales of *Cheiracanthus* sp., *C. brevicostatus* Gross, *C. latus* Egerton, *Ptychodictyon rimosum* Gross, small scale fragments of Osteolepididae gen. indet., Sarcopterygii indet., teeth of Onychodontiformes indet., Sarcopterygii indet., two scales of *Orvikuina vardiaensis* Gross, five fragments of scales of *Orvikuina* sp. The limestones are light grey, dense, pelitomorphic, platy, with some few micromeric fragments of the ichthyofauna: small scale fragments of Holoptychiidae gen. indet., Sarcopterygii indet., scale fragments of *Orvikuina* sp. and Actinopterygii indet. The dolomites are grey, dense, pelitomorphic, in places fractured, mainly hard, platy.

The third member (depth interval of 248.4 to 263.3 m, 14.9 m thick) consists of sandstones, marls, dolomite marls, limestones and dolomites. The marls are light grey, dark grey, in places with brown and rust spots, dense, unclearly layered, platy, in some places silty. The marls are dolomitic, light grey, in places with brown and purple spots, dense, in sites with conchoidal fractures, unclearly layered, platy. The limestones are light grey, greenish grey, pelitomorphic, cavernous, hard, massive, platy, with pyrite and calcite in caverns. The dolomites are light grey, pelitomorphic, at some levels oolitic, cavernous, fractured, hard, non-layered, platy.

192.5–248.4 m, thickness 55.9 m – Middle Devonian (D₂), Eifelian Stage (D_{2ef}), Upper Eifelian Substage (D_{2ef3}), Kostuykovichi Regional Stage (Formation) (D_{2ks}): the strata of interbedded sands, sandstones, clays and limestones. The GR curve shows the highest values in the middle part of the strata (0.48 and 0.62 π A/kg). The value of the conventional resistivity gradually grows towards the roof of the strata, then slightly drops and gradually increases to the maximum values in the uppermost

Plate III

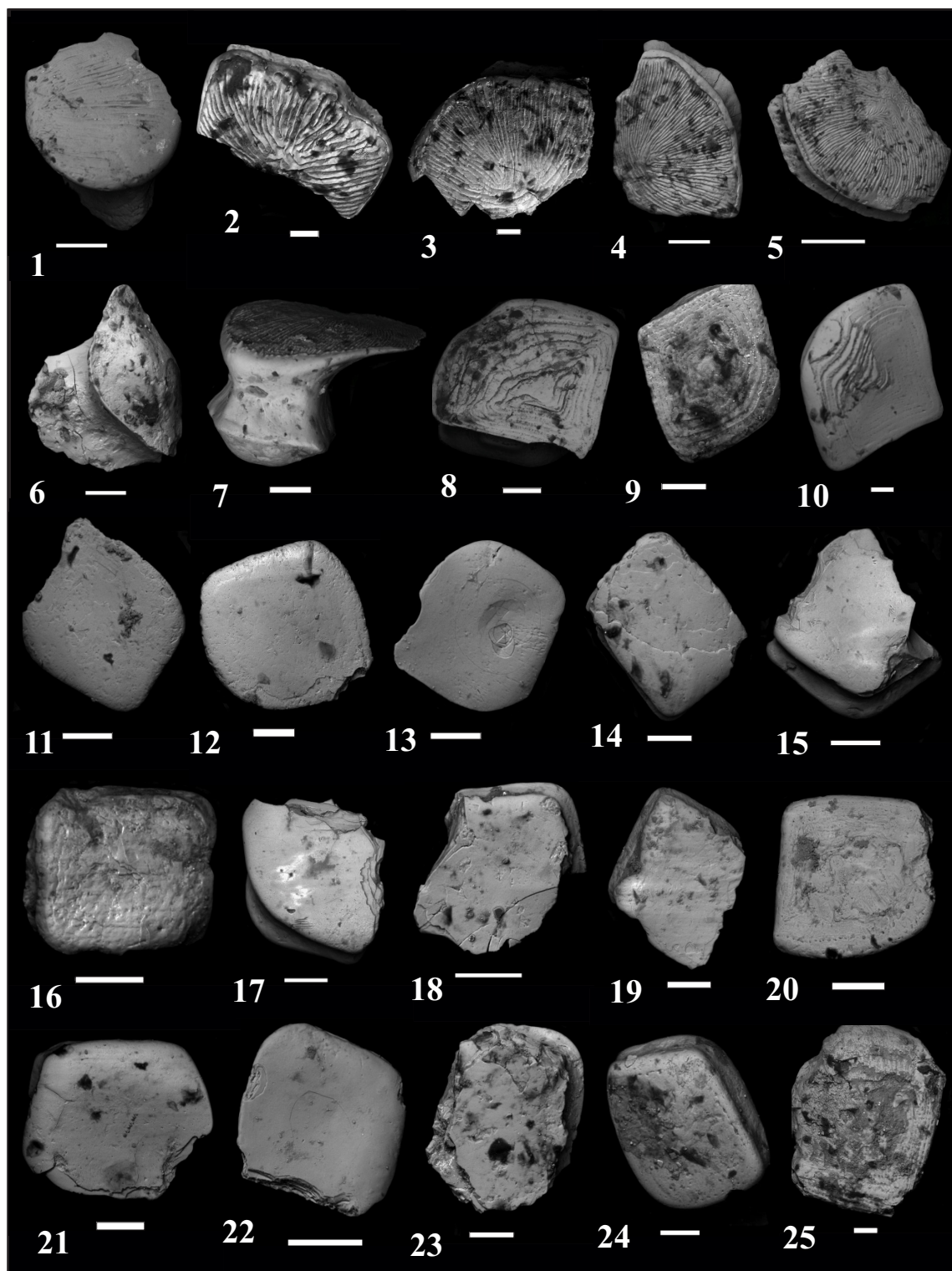


Plate III. Acanthodian scales from the studied boreholes. Scales of acanthodians from the Upper Emsian and Eifelian. Scale bar 100 μm for Figures 2, 3, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24 and 25; 200 μm for Figures 1, 4, 6, 7, 8 and 15; 500 μm for Figure 5

Figure 1 – *Diplacanthus* cf. *kleesmentae* Valiukevičius. Specimen № 121/43 – 1, Korma 1 borehole, depth of 340.1 m, x 95, scale, oblique crown view; Vitebsk Regional Stage, Lepel Beds. Figure 2 – *Diplacanthus kleesmentae* Valiukevičius. Specimen № 116/53 – 1, Bykhov 1 borehole, depth of 324.2 m, x 140, scale, crown view; Vitebsk Regional Stage, Lepel Beds. Figure 3 –

Diplacanthus kleesmentae Valiukevičius. Specimen № 116/51 – 1, Bykhov 1 borehole, depth of 321.5 m, x 100 scale, crown view; Vitebsk Regional Stage, Lepel Beds. Figure 4 – *Diplacanthus kleesmentae* Valiukevičius. Specimen № 121/44 – 6, Korma 1 borehole, depth of 340.2 m, x 85, scale, oblique crown view; Vitebsk Regional Stage, Lepel Beds. Figure 5 – *Diplacanthus kleesmentae* Valiukevičius. Specimen № 121/44 – 3, Korma 1 borehole, depth of 340.2 m, x 50, scale, oblique crown view; Vitebsk Regional Stage, Lepel Beds. Figure 6 – *Diplacanthus kleesmentae* Valiukevičius. Specimen № 121/44 – 1, Korma 1 borehole, depth of 340.2 m, x 75, scale, basal view; Vitebsk Regional Stage, Lepel Beds. Figure 7 – *Diplacanthus kleesmentae* Valiukevičius. Specimen № 121/44 – 5, Korma 1 borehole, depth of 340.2 m, x 70, scale, lateral view; Vitebsk Regional Stage, Lepel Beds. Figure 8 – *Acanthodii* gen. et sp. indet. Specimen № 116/50 – 3, Bykhov 1 borehole, depth of 321.3 m, x 75, scale, crown view; Vitebsk Regional Stage, Lepel Beds. Figure 9 – *Acanthodii* gen. et sp. indet. Specimen № 116/41 – 7, Bykhov 1 borehole, depth of 307.2 m, x 200, scale, crown view; Vitebsk Regional Stage, Lepel Beds. Figure 10 – *Acanthodii* gen. et sp. indet. Specimen № 121/44 – 9, Korma 1 borehole, depth of 340.2 m, x 100, scale, crown view; Vitebsk Regional Stage, Lepel Beds. Figure 11 – *Acanthodes* ? sp. Specimen № 116/44 – 12, Bykhov 1 borehole, depth of 310.0 m, x 200, scale, crown view; Vitebsk Regional Stage, Lepel Beds. Figure 12 – *Acanthodes* ? sp. Specimen № 116/44 – 7, Bykhov 1 borehole, depth of 310.0 m, x 200, scale, crown view; Vitebsk Regional Stage, Lepel Beds. Figure 13 – *Acanthodes* ? sp. Specimen № 116/39 – 1, Bykhov 1 borehole, depth of 302.4 m, x 200, scale, crown view; Vitebsk Regional Stage, Lepel Beds. Figure 14 – *Acanthodes* ? sp. Specimen № 116/16 – 11, Bykhov 1 borehole, depth of 201.4 – 202.4 m, x 180, scale, crown view; Kostyukovich Regional Stage. Figure 15 – *Acanthodes* ? sp. Specimen № 116/42 – 15, Bykhov 1 borehole, depth of 307.3 m, x 200, scale, crown view; Vitebsk Regional Stage, Lepel Beds. Figure 16 – *Acanthodii* gen. et sp. indet. Specimen № 116/16 – 1, Bykhov 1 borehole, depth of 201.4 – 202.4 m, x 250, scale, crown view; Kostyukovich Regional Stage. Figure 17 – *Acanthodes* ? sp. Specimen № 116/42 – 13, Bykhov 1 borehole, depth of 307.3 m, x 150, scale, oblique crown view; Vitebsk Regional Stage, Lepel Beds. Figure 18 – *Acanthodes* ? sp. Specimen № 116/16 – 10, Bykhov 1 borehole, depth of 201.4 – 202.4 m, x 250, scale, crown view; Kostyukovich Regional Stage. Figure 19 – *Acanthodes* ? sp. Specimen № 116/16 – 4, Bykhov 1 borehole, depth of 201.4 – 202.4 m, x 180, scale, crown view; Kostyukovich Regional Stage. Figure 20 – *Acanthodii* gen. et sp. indet. Specimen № 116/42 – 12, Bykhov 1 borehole, depth of 307.3 m, x 200, scale, crown view; Vitebsk Regional Stage, Lepel Beds. Figure 21 – *Acanthodes* ? sp. Specimen № 116/42 – 7, Bykhov 1 borehole, depth of 307.3 m, x 200, scale, crown view; Vitebsk Regional Stage, Lepel Beds. Figure 22 – *Acanthodes* ? sp. Specimen № 121/44 – 15, Korma 1 borehole, depth of 340.2 m, x 250, scale, crown view; Vitebsk Regional Stage, Lepel Beds. Figure 23 – *Acanthodes* ? sp. Specimen № 116/16 – 13, Bykhov 1 borehole, depth of 201.4 – 202.4 m, x 170, scale, crown view; Kostyukovich Regional Stage. Figure 24 – *Acanthodii* gen. et sp. indet. Specimen № 116/42 – 11, Bykhov 1 borehole, depth of 307.3 m, x 150, scale, oblique crown view; Vitebsk Regional Stage, Lepel Beds. Figure 25 – *Acanthodii* gen. et sp. indet. Specimen № 116/37 – 2, Bykhov 1 borehole, depth of 302.0 m, x 100, scale with worn crown, crown view; Vitebsk Regional Stage, Lepel Beds

part of the strata. The considered strata can be divided into three members in accordance its material composition and logging data.

According to the logging data the first member (depth interval of 226.5 to 248.4 m, 21.9 m thick) is composed of clays, marls and limestones.

The second member (depth interval of 197.9 to 226.5 m, 28.6 m thick) is represented by sands, sandstones and clays. The sands are coarse- and medium-grained, quartz, with carbonified plant remains. The sandstones are variegated, medium- and coarse-grained, platy. The clays are variegated (ochreous, greenish, lilac, brown), micaceous, layered.

The third member (depth interval of 192.5 to 197.9 m, thick 5.4 m) consists of sandstone and limestones. The sandstones is pale-yellow, fine-grained, quartz, slightly cemented, platy, carbonate, with single tubercles of *Psammosteoides* indet., scales of *Cheiracanthus* sp., *Markacanthus costulatus* Valiukevičius, *Nostolepis kernavensis* Valiukevičius, small scale fragments of *Osteolepididae* gen. indet., *Porolepiformes* indet., *Sarcopterygii* indet., tooth of *Sarcopterygii* indet. The limestone is light grey, dense, platy, clayey, unclearly laminated, hard, with small shell fragments of the lingulids, with some isolated tubercles of *Psammosteoides* indet., some scale fragment of *Osteolepididae* gen. indet., teeth of *Sarcopterygii* indet. The limestone is light grey, fine-crystalline, sandy, cavernous, platy, with scarce ostracode valves, with isolated tubercles of *Psammosteoides* indet., small fragments of a fin spine of *Haplacanthus* sp., sparse scale fragments of *Osteolepididae* gen. indet., *Sarcopterygii* indet., a scale of *Actinopterygii* indet. The Kostyukovich deposits are overlain by clayey-silty-sandy rocks of the Polotsk Regional Stage (Formation) of the Givetian Stage of the Middle Devonian that are not described in this paper.

Correlation of the distinguished stratigraphic units in the studied boreholes. The deposits of the Obol and Lepel Beds of the Vitebsk Regional Stage (Formation) of the Upper Emsian determined in two studied boreholes correspond to the *Skamolepis fragilis* zone in their content of thelodonts, and to the *Laliacanthus singularis* zone – in the acanthodians [5–9]. The ichthyofauna contained in these deposits allows their correlation with the sediments of the Rezėkne Regional Stage (Formation) of the Baltic States [10–12] and the Novobasovo Beds of the Ryazhsk Regional Stage (Formation) of the central part of the East European Platform [12–14].

Plate IV

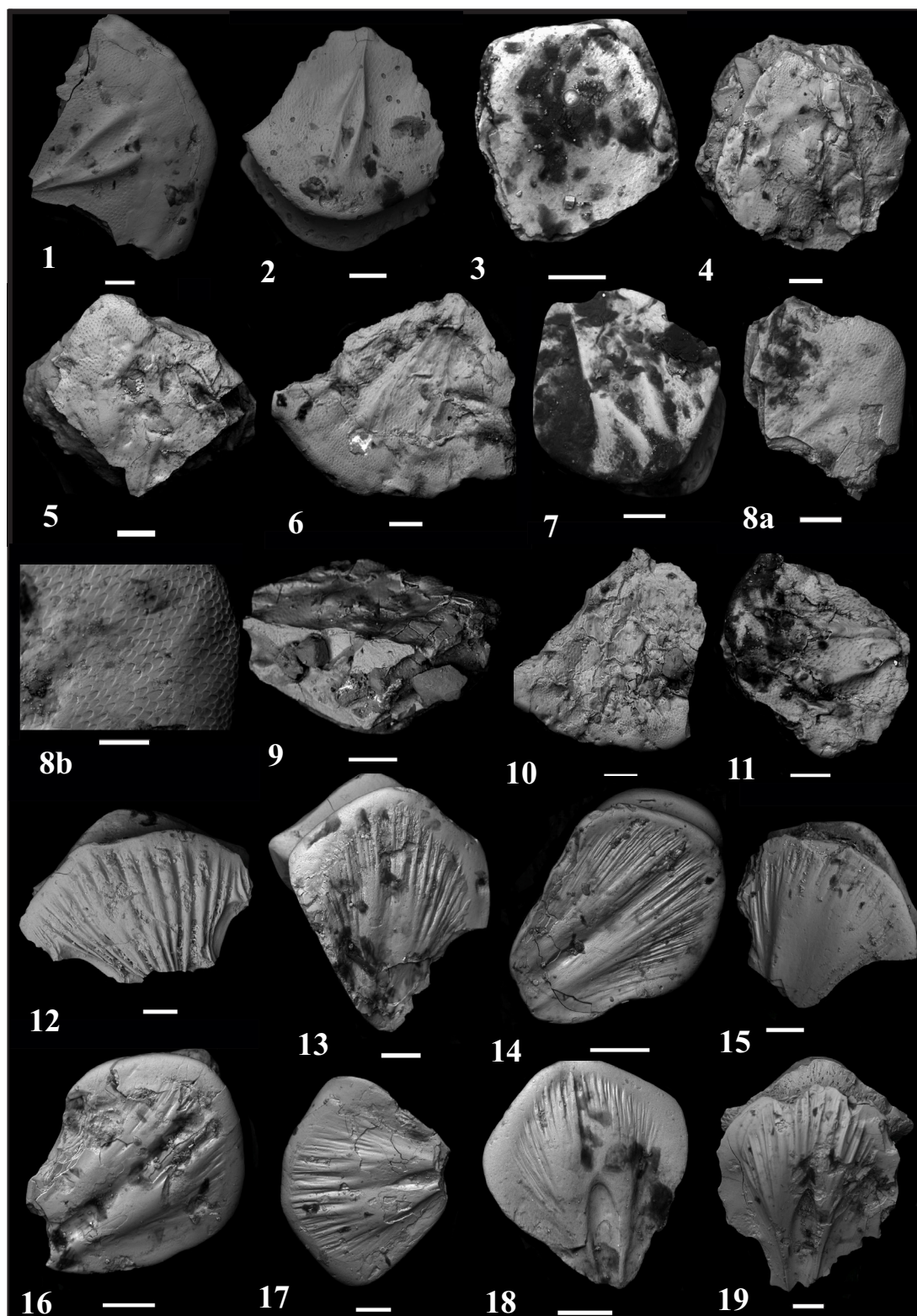


Plate IV. Acanthodian scales from the studied boreholes. Scales of acanthodians from the Upper Emsian and Eifellian. Scale bar 50 μ m for Figure 8b; 100 μ m for Figures 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8a, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18 and 19

Figure 1 – *Cheiracanthus* cf. *splendens* Gross. Specimen № 121/44 – 10, Korma 1 borehole, depth of 340.2 m, x 100, scale, crown view; Vitebsk Regional Stage, Lepel Beds. Figure 2 – *Cheiracanthus* cf. *splendens* Gross. Specimen № 121/44 – 4, Korma 1 borehole, depth of 340.2 m, x 120, scale, crown view; Vitebsk Regional Stage, Lepel Beds. Figure 3 – *Cheiracanthus*

cf. *splendens* Gross. Specimen № 116/44 – 5, Bykhov 1 borehole, depth of 310.0 m, x 200, scale, crown view; Vitebsk Regional Stage, Lepel Beds. Figure 4 – *Cheiracanthus* cf. *splendens* Gross. Specimen № 121/50 – 1, Korma 1 borehole, depth of 345.5 m, x 100, scale, crown view; Vitebsk Regional Stage, Lepel Beds. Figure 5 – *Cheiracanthus* cf. *splendens* Gross. Specimen № 121/50 – 6, Korma 1 borehole, depth of 345.5 m, x 120, scale, crown view; Vitebsk Regional Stage, Lepel Beds. Figure 6 – *Cheiracanthus* cf. *splendens* Gross. Specimen № 121/50 – 2, Korma 1 borehole, depth of 345.5 m, x 100, scale, crown view; Vitebsk Regional Stage, Lepel Beds. Figure 7 – *Cheiracanthus* cf. *splendens* Gross. Specimen № 121/48 – 2, Korma 1 borehole, depth of 343.5 m, x 150, scale, crown view; Vitebsk Regional Stage, Lepel Beds. Figure 8 – *Cheiracanthus* cf. *splendens* Gross. Specimen № 121/27 – 2, Korma 1 borehole, depth of 323.3 m, scale: a – crown view, x 150, b – increased crown view, x 500; Vitebsk Regional Stage, Lepel Beds. Figure 9 – *Cheiracanthus* cf. *splendens* Gross. Specimen № 121/50 – 3, Korma 1 borehole, depth of 345.5 m, x 150, scale, crown view; Vitebsk Regional Stage, Lepel Beds. Figure 10 – *Cheiracanthus* cf. *splendens* Gross. Specimen № 121/50 – 4, Korma 1 borehole, depth of 345.5 m, x 120, scale, crown view; Vitebsk Regional Stage, Lepel Beds. Figure 11 – *Cheiracanthus* cf. *splendens* Gross. Specimen № 121/50 – 5, Korma 1 borehole, depth of 345.5 m, x 150, scale, crown view; Vitebsk Regional Stage, Lepel Beds. Figure 12 – *Markacanthus costulatus* Valiukevičius. Specimen № 121/2 – 1, Korma 1 borehole, depth of 193.5 m, x 100, scale, crown view; Kostyukovich Regional Stage. Figure 13 – *Cheiracanthus latus* Egerton. Specimen № 121/23 – 20, Korma 1 borehole, depth of 322.3 m, x 120, scale, crown view; Vitebsk Regional Stage, Lepel Beds. Figure 14 – *Cheiracanthus gibbosus* Valiukevičius. Specimen № 116/42 – 9, Bykhov 1 borehole, depth of 307.3 m, x 200, scale, crown view; Vitebsk Regional Stage, Lepel Beds. Figure 15 – *Cheiracanthus latus* Egerton. Specimen № 121/10 – 6, Korma 1 borehole, depth of 264.2 m, x 150, scale, crown view; Gorodok Regional Stage. Figure 16 – *Cheiracanthus gibbosus* Valiukevičius. Specimen № 121/23 – 19, Korma 1 borehole, depth of 322.3 m, x 180, scale, crown view; Vitebsk Regional Stage, Lepel Beds. Figure 17 – *Cheiracanthus latus* Egerton. Specimen № 116/42 – 8, Bykhov 1 borehole, depth of 307.3 m, x 100, scale, crown view; Vitebsk Regional Stage, Lepel Beds. Figure 18 – *Cheiracanthus gibbosus* Valiukevičius. Specimen № 116/41 – 6, Bykhov 1 borehole, depth of 307.2 m, x 200, scale, crown view; Vitebsk Regional Stage, Lepel Beds. Figure 19 – *Cheiracanthus gibbosus* Valiukevičius. Specimen № 121/44 – 7, Korma 1 borehole, depth of 340.2 m, x 100, scale, crown view; Vitebsk Regional Stage, Lepel Beds

The rocks of the Adrov Regional Stage (Formation) of the Lower Eifelian Substage of the Eifelian Stage distinguished in the studied boreholes correspond to the *Guerichosteus heterolepis* zone in the heterostracans found there [15] and to the *Laliacanthus singularis* zone – in the acanthodians [5, 6, 16]. The ichthyofauna determined in the deposits of this Regional Stage allows their correlation with the sediments of the Pärnu Regional Stage (Formation) of the Main Devonian Field [11, 12, 17, 18] and with the deposits of the Osetrov Beds of the Ryazhsk Regional Stage (Formation) in the territory of the Central Devonian Field [13].

Unfortunately, no remains of a zonal taxon of the acanthodians were found in any of the studied boreholes in the deposits of the Osveya Regional Stage of the Lower Eifelian Substage of the Eifelian Stage, therefore, their Osveya age was determined from the rock occurrence in the section, their material composition and correlation with the deposits from the other boreholes drilled earlier within the territory under study. Within Belarus, the deposits of the Osveya Regional Stage (Formation) correspond to the *Cheiracanthoides estonicus* zone in the acanthodians [6–9, 16]. These are well correlated with the sediments of the Vadja Regional Substage (Formation) of the Narva Regional Stage of Lithuania [5, 12, 18, 19], and are also well correlated with the rocks of the Dorogobuzh Regional Stage (Formation) of the central part of Russia [13].

The rocks of the Gorodok Regional Stage (Formation) of the Middle – Eifelian Substage of the Eifelian Stage distinguished in the studied boreholes correspond to the *Ptychodictyon rimosum* acanthodian zone [5–9, 16] and are correlated with the deposits of the Leivu Regional Substage (Formation) of the Narva Regional Stage of Lithuania, as well as with the Klintsov and Mosolovo Regional Stages (Formations) in the territory of the central part of Russia [5, 12, 13, 17, 18].

The deposits of the Kostyukovich Regional Stage (Formation) of the Upper Eifelian Substage of the Eifelian Stage established in the studied boreholes correspond to the *Schizosteus striatus* zone in their content of heterostracans, to the *Coccosteus cuspidatus* zone – in the placoderms, and to the *Nostolepis kernavensis* zone – in the acanthodians [7–9, 12, 16]. These are correlated by their ichthyofauna composition with the sediments of the Kernavė Regional Substage (Formation) of the Narva Regional Stage of the Baltic States [5, 11, 17, 18], with deposits of the Veliky Most Subformation of the lower part of the Lopushany Formation of the Eifelian Stage in the Volyn-Podolia Region [20], with the rocks of the Chernyi Yar Regional Stage (Formation) of the central part of the East European Platform [12, 13], and the Kolva Regional Stage (Lekeiyaga Formation) of the Timan-Pechora Region [12, 21]. It is also worth to note that conodonts were also found in the Bykhov 1 borehole within the Kostyukovich Regional

Plate V

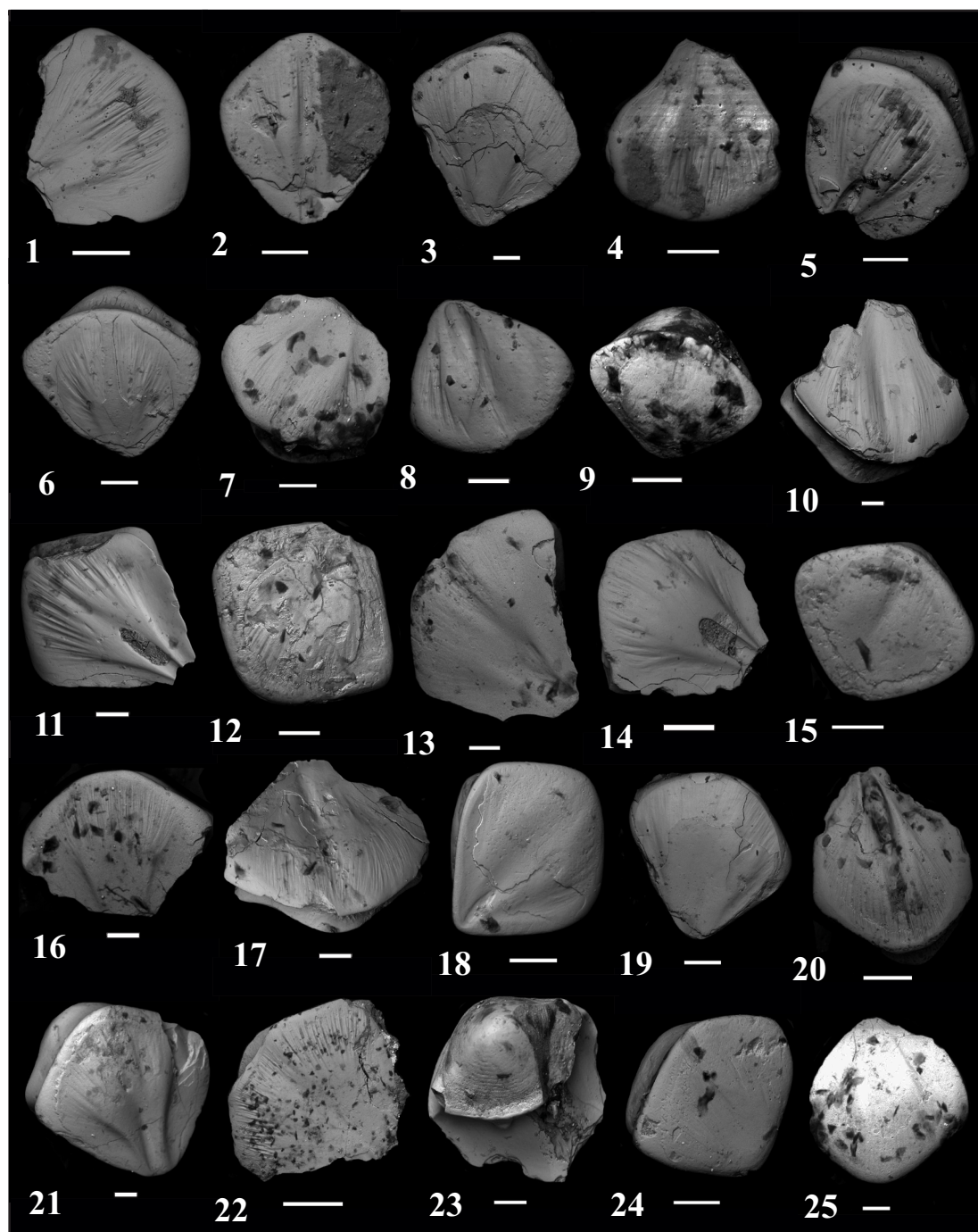


Plate V. Acanthodian scales from the studied boreholes. Scales of acanthodians from the Upper Emsian. Scale bar 100 μm for Figures 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 21, 23, 24 and 25; 200 μm for Figure 20; 500 μm for Figure 22

Figure 1 – *Cheiracanthus gibbosus* Valiukevičius. Specimen № 116/42 – 19, Bykhov 1 borehole, depth of 307.3 m, x 200, scale, crown view; Vitebsk Regional Stage, Lepel Beds. Figure 2 – *Cheiracanthus crassus* Valiukevičius. Specimen № 116/42 – 2, Bykhov 1 borehole, depth of 307.3 m, x 180, scale, crown view; Vitebsk Regional Stage, Lepel Beds. Figure 3 – *Cheiracanthus* sp. Specimen № 116/42 – 3, Bykhov 1 borehole, depth of 307.3 m, x 100, scale, crown view; Vitebsk Regional Stage, Lepel Beds. Figure 4 – *Cheiracanthus* sp. Specimen № 116/42 – 4, Bykhov 1 borehole, depth of 307.3 m, x 200, scale, crown view; Vitebsk Regional Stage, Lepel Beds. Figure 5 – *Cheiracanthus gibbosus* Valiukevičius. Specimen № 116/42 – 10, Bykhov 1 borehole, depth of 307.3 m, x 180, scale, oblique crown view; Vitebsk Regional Stage, Lepel Beds. Figure 6 – *Cheiracanthus* sp.

Specimen № 116/42 – 5, Bykhov 1 borehole, depth of 307.3 m, x 150, scale, oblique crown view; Vitebsk Regional Stage, Lepel Beds. Figure 7 – *Cheiracanthus gibbosus* Valiukevičius. Specimen № 116/43 – 6, Bykhov 1 borehole, depth of 307.9 m, x 150, scale, oblique crown view; Vitebsk Regional Stage, Lepel Beds. Figure 8 – *Cheiracanthus* sp. Specimen № 116/42 – 6, Bykhov 1 borehole, depth of 307.3 m, x 200, scale with worn crown, crown view; Vitebsk Regional Stage, Lepel Beds. Figure 9 – *Acanthodii* gen. et sp. indet. Specimen № 116/41 – 2, Bykhov 1 borehole, depth of 307.2 m, x 250, scale with worn crown, oblique crown view; Vitebsk Regional Stage, Lepel Beds. Figure 10 – *Cheiracanthus brevicostatus* Gross. Specimen № 116/42 – 18, Bykhov 1 borehole, depth of 307.3 m, x 100, scale, oblique crown view; Vitebsk Regional Stage, Lepel Beds. Figure 11 – *Cheiracanthus gibbosus* Valiukevičius. Specimen № 121/23 – 12, Korma 1 borehole, depth of 322.3 m, x 150, scale, crown view; Vitebsk Regional Stage, Lepel Beds. Figure 12 – *Cheiracanthus* sp. Specimen № 121/23 – 13, Korma 1 borehole, depth of 322.3 m, x 160, scale with worn crown, crown view; Vitebsk Regional Stage, Lepel Beds. Figure 13 – *Cheiracanthus* sp. Specimen № 116/43 – 4, Bykhov 1 borehole, depth of 307.9 m, x 100, scale with worn crown, crown view; Vitebsk Regional Stage, Lepel Beds. Figure 14 – *Cheiracanthus gibbosus* Valiukevičius. Specimen № 116/42 – 21, Bykhov 1 borehole, depth of 307.3 m, x 200, scale, crown view; Vitebsk Regional Stage, Lepel Beds. Figure 15 – *Cheiracanthus crassus* Valiukevičius. Specimen № 116/44 – 13, Bykhov 1 borehole, depth of 310.0 m, x 200, scale with worn crown, crown view; Vitebsk Regional Stage, Lepel Beds. Figure 16 – *Cheiracanthus* sp. Specimen № 116/43 – 3, Bykhov 1 borehole, depth of 307.9 m, x 150, scale, crown view; Vitebsk Regional Stage, Lepel Beds. Figure 17 – *Cheiracanthus brevicostatus* Gross. Specimen № 121/23 – 16, Korma 1 borehole, depth of 322.3 m, x 120, scale, oblique crown view; Vitebsk Regional Stage, Lepel Beds. Figure 18 – *Cheiracanthus* sp. Specimen № 121/23 – 15, Korma 1 borehole, depth of 322.3 m, x 200, scale with worn crown, crown view; Vitebsk Regional Stage, Lepel Beds. Figure 19 – *Cheiracanthus brevicostatus* Gross. Specimen № 116/42 – 1, Bykhov 1 borehole, depth of 307.3 m, x 150, scale, crown view; Vitebsk Regional Stage, Lepel Beds. Figure 20 – *Cheiracanthus gibbosus* Valiukevičius. Specimen № 121/23 – 25, Korma 1 borehole, depth of 322.3 m, x 95, scale, crown view; Vitebsk Regional Stage, Lepel Beds. Figure 21 – *Cheiracanthus gibbosus* Valiukevičius. Specimen № 121/23 – 27, Korma 1 borehole, depth of 322.3 m, x 100, scale with worn crown, crown view; Vitebsk Regional Stage, Lepel Beds. Figure 22 – *Cheiracanthus brevicostatus* Gross. Specimen № 121/19 – 2, Korma 1 borehole, depth of 317.4 m, x 50, scale, crown view; Vitebsk Regional Stage, Lepel Beds. Figure 23 – *Cheiracanthus gibbosus* Valiukevičius. Specimen № 121/23 – 14, Korma 1 borehole, depth of 322.3 m, x 140, scale, basal view; Vitebsk Regional Stage, Lepel Beds. Figure 24 – *Acanthodii* gen. et sp. indet. Specimen № 116/43 – 16, Bykhov 1 borehole, depth of 307.9 m, x 200, scale with worn crown, oblique crown view; Vitebsk Regional Stage, Lepel Beds. Figure 25 – *Cheiracanthus* sp. Specimen № 116/43 – 1, Bykhov 1 borehole, depth of 307.9 m, x 100, scale with worn crown, oblique crown view; Vitebsk Regional Stage, Lepel Beds

Stage deposits [4] that made it possible to additionally confirm the age of these deposits and to correlate them with the coeval Chernyi Yar deposits in central part of Russia [14].

Conclusions. 1. A detailed stratigraphic subdivision of the Bykhov 1 and Korma 1 borehole sections was made on the basis of their lithological, palaeoichthyological, geological and geophysical data. The lithological and geophysical members were also distinguished in each section of these boreholes.

2. Several ichthyofauna taxa previously unknown from the Upper Emsian-Eifelian deposits of the country were found in the rocks of the studied boreholes. This allowed the authors to complement the palaeontological characteristics of the regional stratigraphic units of the actual Stratigraphic Chart of the Devonian Deposits of Belarus 2010.

3. The correlation of the deposits from the established regional and local stratigraphic units with well-studied synchronous deposits in western Ukraine, Russia and the Baltic States is presented.

4. The results obtained in this research have to be used in future during large-scale geological surveys within the studied area.

Acknowledgements. The authors of the paper are sincerely grateful to Dr. O. F. Kuzmenkova and Dr. S. A. Kruchek (The “Institute of Geology” Branch of the State Enterprise “Research and Production Centre for Geology”, Minsk, Belarus) for the geological and geophysical information about the studied boreholes and some core material provided, the authors express their deep gratitude to Dr. C. Burrow (University of Queensland, Queensland, Australia), Prof. Dr. E. Lukševičs (University of Latvia, Riga, Latvia), Dr. O. A. Lebedev (Orlov Palaeontological Museum of the Borissiak Palaeontological Institute of Russian Academy of Sciences) for the helpful discussions on some ichthyofauna taxa definitions, as well as to V. G. Lugin (Belarusian State Technological University, Center for Physical and Chemical Investigations) for his help with the electron microscope photography, to D. A. Stepanenko for taking pictures of some macroremains of the vertebrates, and to V. G. Filippova for her help in editing the English version of the paper.

Plate VI

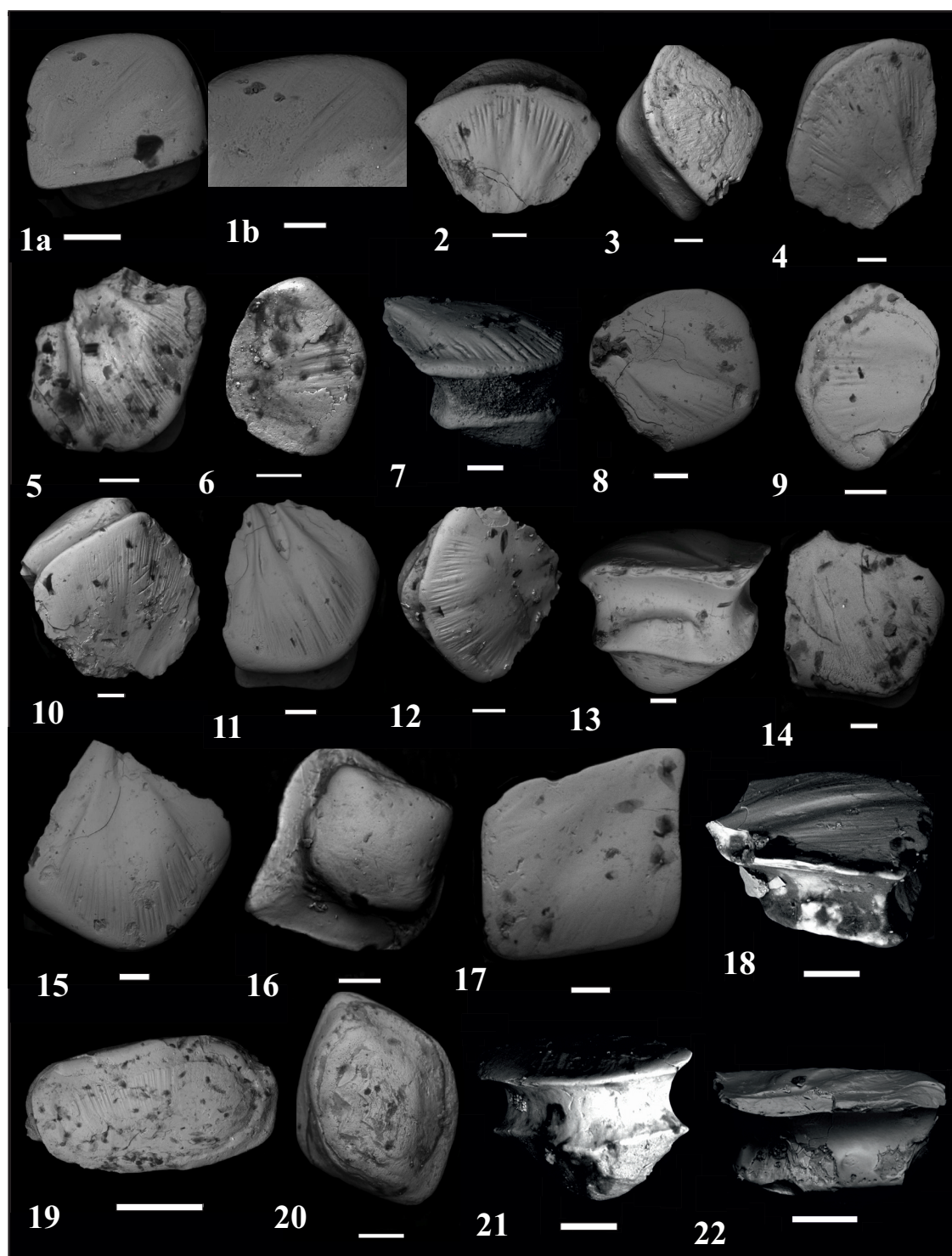


Plate VI. Acanthodian scales from the studied boreholes. Scales of acanthodians from the Upper Emsian and Eifelian. Scale bar 50 μ m for Figures 1b and 16; 100 μ m for Figures 1a, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 17, 18, 21 and 22; 200 μ m for Figure 20; 500 μ m for Figure 19.

Figure 1 – *Cheiracanthus* sp. Specimen № 116/43 – 15, Bykhov 1 borehole, depth of 307.9 m, scale with worn crown: a – oblique crown view, x 250, b – increased crown view, x 500; Vitebsk Regional Stage, Lepel Beds. Figure 2 – *Cheiracanthus brevicostatus* Gross. Specimen № 121/10 – 5, Korma 1 borehole, depth of 264.2 m, x 150, scale, crown view; Gorodok Regional Stage. Figure 3 – *Acanthodii* gen. et sp. indet. Specimen № 121/23 – 18, Korma 1 borehole, depth of 322.3 m, x 130, scale with worn crown, oblique crown view; Vitebsk Regional Stage, Lepel Beds. Figure 4 – *Cheiracanthus* sp. Specimen № 121/10 – 4,

Korma 1 borehole, depth of 264.2 m, x 100, scale, crown view; Gorodok Regional Stage. Figure 5 – *Cheiracanthus gibbosus* Valiukevičius. Specimen № 121/23 – 17, Korma 1 borehole, depth of 322.3 m, x 160, scale, crown view; Vitebsk Regional Stage, Lepel Beds. Figure 6 – *Acanthodii* gen. et sp. indet. Specimen № 116/44 – 9, Bykhov 1 borehole, depth of 310.0 m, x 200, scale with worn crown, crown view; Vitebsk Regional Stage, Lepel Beds. Figure 7 – *Cheiracanthus latus* Egerton. Specimen № 121/10 – 3, Korma 1 borehole, depth of 264.2 m, x 120, scale, anterolateral view; Gorodok Regional Stage. Figure 8 – *Cheiracanthus* sp. Specimen № 116/42 – 22, Bykhov 1 borehole, depth of 307.3 m, x 150, scale with worn crown, crown view; Vitebsk Regional Stage, Lepel Beds. Figure 9 – *Cheiracanthus* sp. Specimen № 116/43 – 13, Bykhov 1 borehole, depth of 307.9 m, x 180, scale with worn crown, crown view; Vitebsk Regional Stage, Lepel Beds. Figure 10 – *Cheiracanthus* sp. Specimen № 121/23 – 22, Korma 1 borehole, depth of 322.3 m, x 120, scale, crown view; Vitebsk Regional Stage, Lepel Beds. Figure 11 – *Cheiracanthus gibbosus* Valiukevičius. Specimen № 121/23 – 26, Korma 1 borehole, depth of 322.3 m, x 130, scale, oblique crown view; Vitebsk Regional Stage, Lepel Beds. Figure 12 – *Cheiracanthus brevicostatus* Gross. Specimen № 121/23 – 21, Korma 1 borehole, depth of 322.3 m, x 140, scale, crown view; Vitebsk Regional Stage, Lepel Beds. Figure 13 – *Cheiracanthus gibbosus* Valiukevičius. Specimen № 121/23 – 28, Korma 1 borehole, depth of 322.3 m, x 120, scale, lateral view; Vitebsk Regional Stage, Lepel Beds. Figure 14 – *Cheiracanthus* sp. Specimen № 116/43 – 2, Bykhov 1 borehole, depth of 307.9 m, x 100, scale with worn crown, crown view; Vitebsk Regional Stage, Lepel Beds. Figure 15 – *Cheiracanthus gibbosus* Valiukevičius. Specimen № 121/23 – 24, Korma 1 borehole, depth of 322.3 m, x 100, scale, crown view; Vitebsk Regional Stage, Lepel Beds. Figure 16 – *Acanthodii* gen. et sp. indet. Specimen № 116/42 – 23, Bykhov 1 borehole, depth of 307.3 m, x 300, scale, basal view; Vitebsk Regional Stage, Lepel Beds. Figure 17 – *Cheiracanthus* ? sp. Specimen № 116/43 – 5, Bykhov 1 borehole, depth of 307.9 m, x 150, scale with worn crown, crown view; Vitebsk Regional Stage, Lepel Beds. Figure 18 – *Cheiracanthus* sp. Specimen № 116/43 – 7, Bykhov 1 borehole, depth of 307.9 m, x 150, scale, lateral view; Vitebsk Regional Stage, Lepel Beds. Figure 19 – *Cheiracanthidae* gen. indet. Specimen № 121/19 – 1, Korma 1 borehole, depth of 317.4 m, x 50, scale with worn crown, crown view; Vitebsk Regional Stage, Lepel Beds. Figure 20 – *Acanthodii* gen. et sp. indet. Specimen № 121/17 – 2, Korma 1 borehole, depth of 312.4 m, x 80, scale, crown view; Adrov Regional Stage. Figure 21 – *Cheiracanthus* sp. Specimen № 116/41 – 1, Bykhov 1 borehole, depth of 307.2 m, x 200, scale, lateral view; Vitebsk Regional Stage, Lepel Beds. Figure 22 – *Cheiracanthus* sp. Specimen № 116/42 – 20, Bykhov 1 borehole, depth of 307.3 m, x 250, scale, lateral view; Vitebsk Regional Stage, Lepel Beds

Plate VII

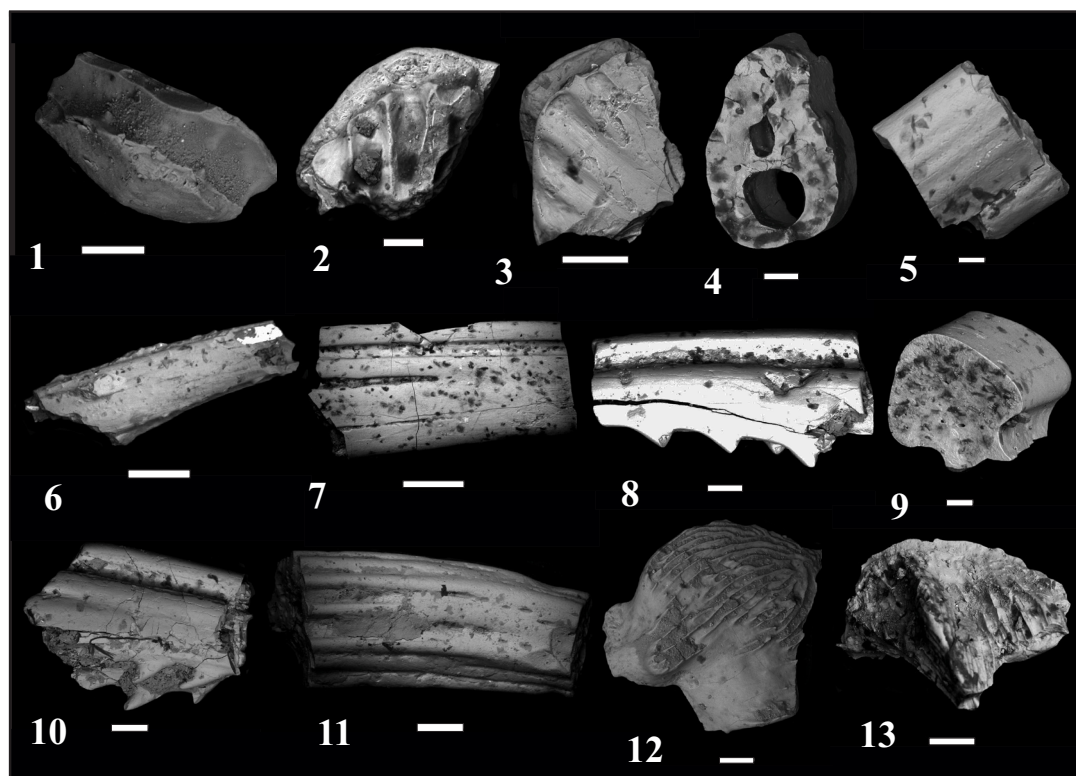


Plate VII. Acanthodian and chondrichthyan remains from the studied boreholes. Skeletal elements of fishes from the Upper Emsian and Eifelian. Scale bar 50 μ m for Figure 2; 100 μ m for Figures 1, 3, 4, 5, 9 and 12; 200 μ m for Figures 8, 10 and 13; 500 μ m for Figures 6, 7 and 11

Figure 1 – *Acanthodii* gen. et sp. indet. Specimen № 116/39 – 5, Bykhov 1 borehole, depth of 302.4 m, x 200, scale, oblique lateral view; Vitebsk Regional Stage, Lepel Beds. Figure 2 – *Nostolepis kernavensis* Valiukevičius. Specimen № 116/16 – 12, Bykhov 1 borehole, depth of 201.4 – 202.4 m, x 300, scale, crown view; Kostyukovich Regional Stage. Figure 3 – *Cheiracanthoides pinskensis* Plax. Specimen № 116/16 – 15, Bykhov 1 borehole, depth of 201.4 – 202.4 m, x 250, scale, oblique crown view; Kostyukovich Regional Stage. Figure 4 – *Haplacanthus* sp. Specimen № 121/1 – 2, Korma 1 borehole, depth of 192.7 m, x 150, fragment of the fin spine, cross section view; Kostyukovich Regional Stage. Figure 5 – *Haplacanthus* sp. Specimen № 121/1 – 3, Korma 1 borehole, depth of 192.7 m, x 100, fragment of the fin spine, lateral view; Kostyukovich Regional Stage. Figure 6 – *Acanthodii* gen. indet. Specimen № 121/22 – 6, Korma 1 borehole, depth of 322.0 m, x 35, fragment of the fin spine, lateral view; Vitebsk Regional Stage, Lepel Beds. Figure 7 – *Acanthodii* gen. indet. Specimen № 116/41 – 3, Bykhov 1 borehole, depth of 307.2 m, x 50, fragment of the fin spine, lateral view; Vitebsk Regional Stage, Lepel Beds. Figure 8 – *Diplacanthus* sp. Specimen № 116/42 – 37, Bykhov 1 borehole, depth of 307.3 m, x 65, fragment of the fin spine, lateral view; Vitebsk Regional Stage, Lepel Beds. Figure 9 – *Acanthodii* gen. indet. Specimen № 116/41 – 5, Bykhov 1 borehole, depth of 307.2 m, x 100, fragment of the fin spine, cross section view; Vitebsk Regional Stage, Lepel Beds. Figure 10 – *Diplacanthus* sp. Specimen № 116/42 – 36, Bykhov 1 borehole, depth of 307.3 m, x 75, fragment of the fin spine, lateral view; Vitebsk Regional Stage, Lepel Beds. Figure 11 – *Acanthodii* gen. indet. Specimen № 116/42 – 38, Bykhov 1 borehole, depth of 307.3 m, x 30, fragment of the fin spine, lateral view; Vitebsk Regional Stage, Lepel Beds. Figure 12 – *Ctenacanth*-type scale. Specimen № 116/53 – 4, Bykhov 1 borehole, depth of 324.2 m, x 120, scale, crown view; Vitebsk Regional Stage, Lepel Beds. Figure 13 – *Chondrichthyes* indet. Specimen № 121/44 – 8, Korma 1 borehole, depth of 340.2 m, x 75, scale, crown view; Vitebsk Regional Stage, Lepel Beds

Plate VIII

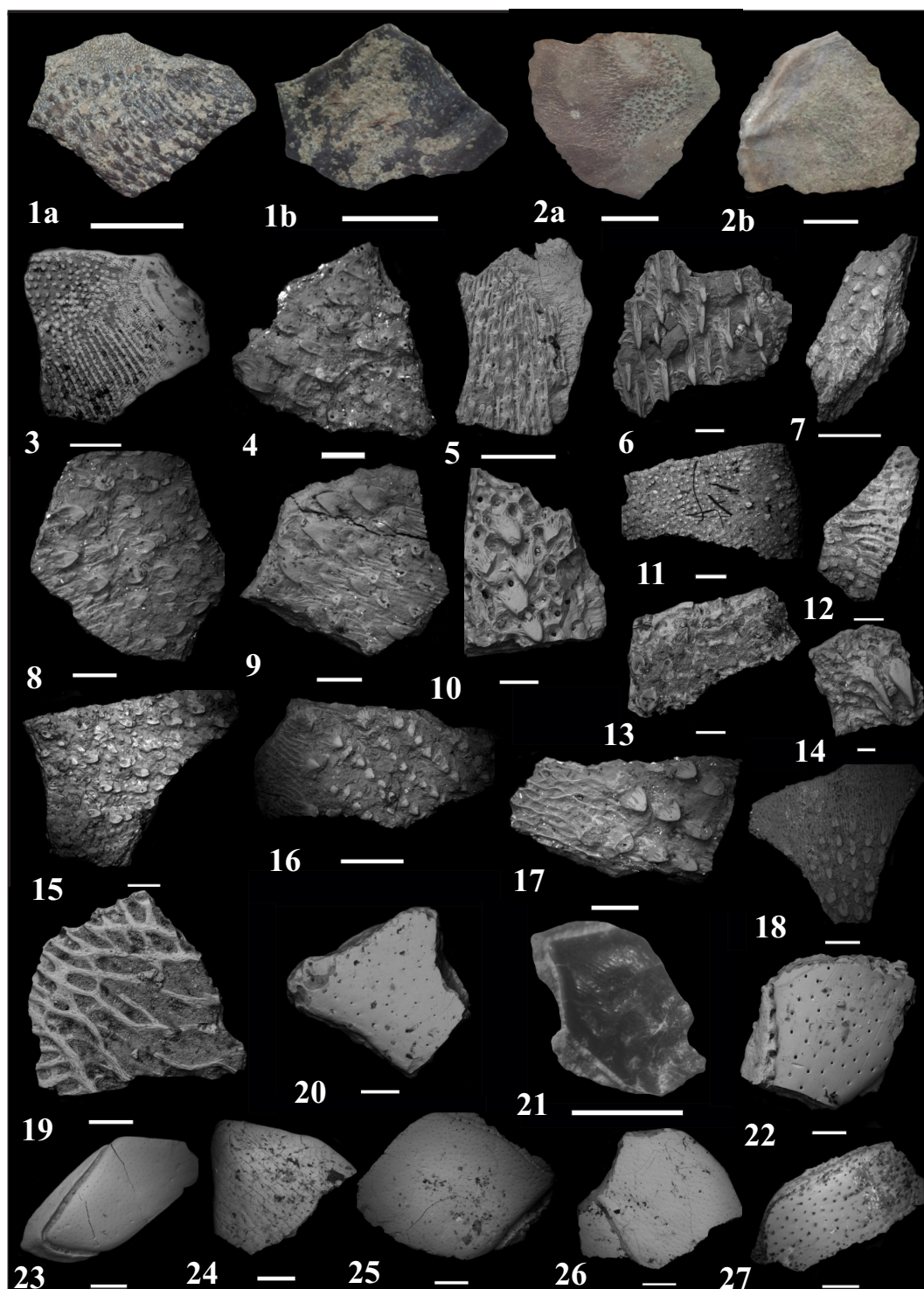


Plate VIII. Sarcropterygian scale fragments from the studied boreholes. Scale fragments of fishes from the Upper Emsian and Eifelian. Scale bar 200 μ m for Figures 6, 10, 13, 14, 19, 20, 22; 500 μ m for Figures 3, 4, 5, 8, 9, 11, 12, 15, 17, 23, 24, 25, 26 and 27; 1 mm for Figures 7, 16 and 18; 5 mm for Figures 1, 2 and 21.

Figure 1 – *Onychodontiformes* indet. Specimen № 121/20 – 2, Korma 1 borehole, depth of 317.5 m, scale fragment: a – external view; b – internal view; Vitebsk Regional Stage, Lepel Beds. Figure 2 – *Onychodontiformes* indet. Specimen № 121/23 – 5, Korma 1 borehole, depth of 322.3 m, scale fragment: a – external view; b – internal view; Vitebsk Regional Stage, Lepel Beds. Figure 3 – *Sarcropterygii* indet. Specimen № 116/42 – 33, Bykhov 1 borehole, depth of 307.3 m, x 45, scale fragment, external view; Vitebsk

Regional Stage, Lepel Beds. Figure 4 – *Onychodontiformes* indet. Specimen № 121/22 – 1, Korma 1 borehole, depth of 322.0 m, x 35, scale fragment, external view; Vitebsk Regional Stage, Lepel Beds. Figure 5 – *Onychodontiformes* indet. Specimen № 121/44 – 13, Korma 1 borehole, depth of 340.2 m, x 50, scale fragment, external view; Vitebsk Regional Stage, Lepel Beds. Figure 6 – *Sarcopterygii* indet. Specimen № 121/44 – 11, Korma 1 borehole, depth of 340.2 m, x 70, scale fragment, external view; Vitebsk Regional Stage, Lepel Beds. Figure 7 – *Sarcopterygii* indet. Specimen № 116/38 – 3, Bykhov 1 borehole, depth of 302.3 m, x 25, scale fragment, external view; Vitebsk Regional Stage, Lepel Beds. Figure 8 – *Onychodontiformes* indet. Specimen № 121/22 – 2, Korma 1 borehole, depth of 322.0 m, x 35, scale fragment, external view; Vitebsk Regional Stage, Lepel Beds. Figure 9 – *Onychodontiformes* indet. Specimen № 121/22 – 3, Korma 1 borehole, depth of 322.0 m, x 35, scale fragment, external view; Vitebsk Regional Stage, Lepel Beds. Figure 10 – *Sarcopterygii* indet. Specimen № 121/2 – 3, Korma 1 borehole, depth of 193.5 m, x 80, scale fragment, external view; Kostyukovich Regional Stage. Figure 11 – *Sarcopterygii* indet. Specimen № 116/50 – 1, Bykhov 1 borehole, depth of 321.3 m, x 30, scale fragment, external view; Vitebsk Regional Stage, Lepel Beds. Figure 12 – *Onychodontiformes* indet. Specimen № 116/38 – 2, Bykhov 1 borehole, depth of 302.3 m, x 30, scale fragment, external view; Vitebsk Regional Stage, Lepel Beds. Figure 13 – *Sarcopterygii* indet. Specimen № 121/11 – 1, Korma 1 borehole, depth of 266.4 m, x 85, scale fragment, external view; Gorodok Regional Stage. Figure 14 – *Sarcopterygii* indet. Specimen № 121/2 – 5, Korma 1 borehole, depth of 193.5 m, x 65, scale fragment, external view; Kostyukovich Regional Stage. Figure 15 – *Onychodontiformes* indet. Specimen № 116/42 – 35, Bykhov 1 borehole, depth of 307.3 m, x 30, scale fragment, external view; Vitebsk Regional Stage, Lepel Beds. Figure 16 – *Sarcopterygii* indet. Specimen № 116/38 – 1, Bykhov 1 borehole, depth of 302.3 m, x 25, scale fragment, external view; Vitebsk Regional Stage, Lepel Beds. Figure 17 – *Onychodontiformes* indet. Specimen № 121/22 – 4, Korma 1 borehole, depth of 322.0 m, x 35, scale fragment, external view; Vitebsk Regional Stage, Lepel Beds. Figure 18 – *Onychodontiformes* indet. Specimen № 121/22 – 8, Korma 1 borehole, depth of 322.0 m, x 18, scale fragment, external view; Vitebsk Regional Stage, Lepel Beds. Figure 19 – *Holoptychiidae* gen. indet. Specimen № 121/11 – 2, Korma 1 borehole, depth of 266.4 m, x 85, scale fragment, external view; Gorodok Regional Stage. Figure 20 – *Porolepiformes* indet. Specimen № 121/17 – 3, Korma 1 borehole, depth of 312.4 m, x 90, scale fragment, external view; Adrov Regional Stage. Figure 21 – *Osteolepididae* gen. indet. Specimen № 116/23 – 3, Bykhov 1 borehole, depth of 227.5 m, scale, external view; Gorodok Regional Stage. Figure 22 – *Porolepiformes* indet. Specimen № 121/2 – 4, Korma 1 borehole, depth of 193.5 m, x 80, scale fragment, external view; Kostyukovich Regional Stage. Figure 23 – *Osteolepididae* gen. indet. Specimen № 121/3 – 2, Korma 1 borehole, depth of 194.5 m, x 40, scale, external view; Kostyukovich Regional Stage. Figure 24 – *Sarcopterygii* indet. Specimen № 116/23 – 2, Bykhov 1 borehole, depth of 227.5 m, x 40, scale fragment, external view; Gorodok Regional Stage. Figure 25 – *Osteolepididae* gen. indet. Specimen № 121/3 – 1, Korma 1 borehole, depth of 194.5 m, x 35, scale, external view; Kostyukovich Regional Stage. Figure 26 – *Sarcopterygii* indet. Specimen № 116/21 – 1, Bykhov 1 borehole, depth of 215.7 m, x 35, scale fragment, external view; Gorodok Regional Stage. Figure 27 – *Porolepiformes* indet. Specimen № 121/41 – 3, Korma 1 borehole, depth of 337.9 m, x 35, scale fragment, external view; Vitebsk Regional Stage, Lepel Beds

Plate IX

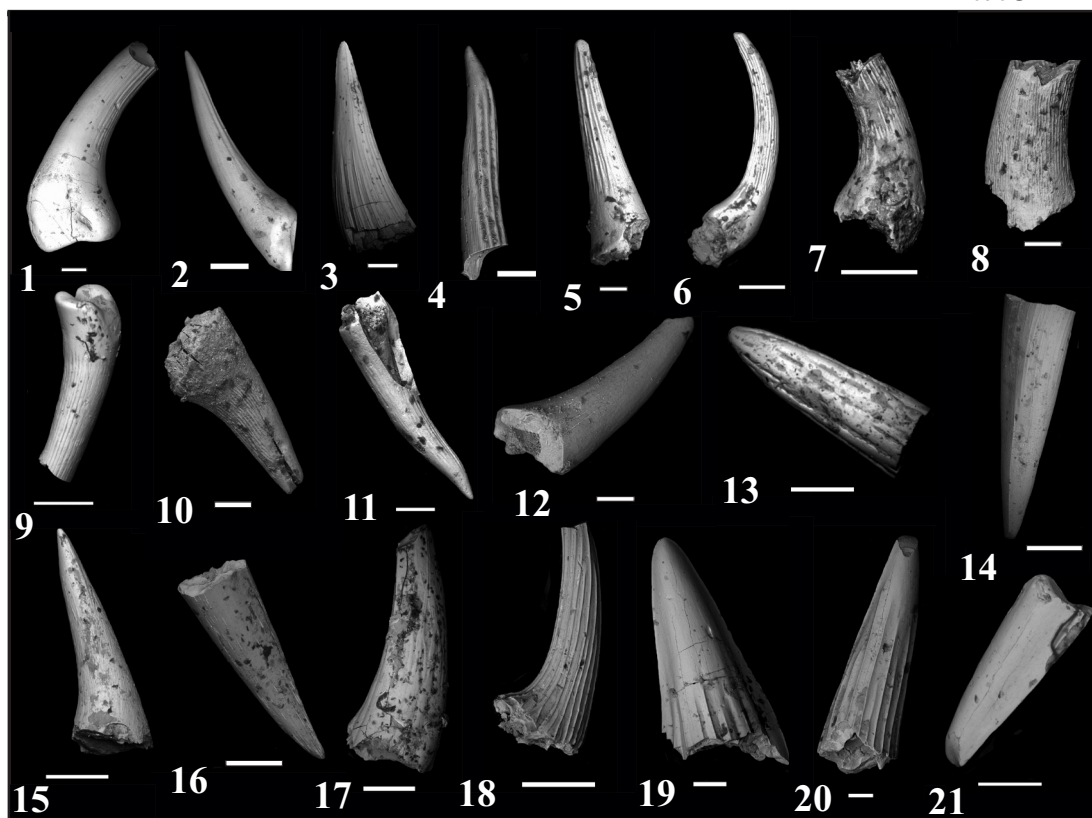


Plate IX. Sarcopterygian teeth from the studied boreholes. Teeth of fishes from the Upper Emsian and Eifelian. Scale bar 100 μ m for Figures 4, 12 and 20; 200 μ m for Figures 1, 2, 5, 8, 10, 11 and 19; 500 μ m for Figures 3, 6, 7, 9, 14, 15, 16, 17, 18 and 21; 1 mm for Figure 13.

Figure 1 – Onychodontiformes indet. Specimen № 121/23 – 31, Korma 1 borehole, depth of 322.3 m, x 55, tooth; lateral view; Vitebsk Regional Stage, Lepel Beds. Figure 2 – Onychodontiformes indet. Specimen № 121/23 – 29, Korma 1 borehole, depth of 322.3 m, x 70, tooth, lateral view; Vitebsk Regional Stage, Lepel Beds. Figure 3 – Sarcopterygii indet. Specimen № 121/23 – 32, Korma 1 borehole, depth of 322.3 m, x 30, tooth; Vitebsk Regional Stage, Lepel Beds. Figure 4 – Onychodontiformes indet. Specimen № 116/16 – 19, Bykhov 1 borehole, depth of 201.4 – 202.4 m, x 130, tooth, lateral view; Kostyukovich Regional Stage. Figure 5 – Onychodontiformes indet. Specimen № 116/41 – 4, Bykhov 1 borehole, depth of 307.2 m, x 60, tooth, lateral view; Vitebsk Regional Stage, Lepel Beds. Figure 6 – Onychodontiformes indet. Specimen № 116/42 – 32, Bykhov 1 borehole, depth of 307.3 m, x 30, tooth, lateral view; Vitebsk Regional Stage, Lepel Beds. Figure 7 – Onychodontiformes indet. Specimen № 116/38 – 4, Bykhov 1 borehole, depth of 302.3 m, x 50, tooth fragment, lateral view; Vitebsk Regional Stage, Lepel Beds. Figure 8 – Onychodontiformes indet. Specimen № 116/16 – 2, Bykhov 1 borehole, depth of 201.4 – 202.4 m, x 85, tooth fragment; Kostyukovich Regional Stage. Figure 9 – Onychodontiformes indet. Specimen № 116/42 – 30, Bykhov 1 borehole, depth of 307.3 m, x 45, tooth; Vitebsk Regional Stage, Lepel Beds. Figure 10 – Onychodontiformes indet. Specimen № 116/23 – 1, Bykhov 1 borehole, depth of 227.5 m, x 70, tooth; Gorodok Regional Stage. Figure 11 – Onychodontiformes indet. Specimen № 116/44 – 10, Bykhov 1 borehole, depth of 310.0 m, x 70, tooth, lateral view; Vitebsk Regional Stage, Lepel Beds. Figure 12 – Onychodontiformes indet. Specimen № 116/39 – 3, Bykhov 1 borehole, depth of 302.4 m, x 150, tooth; Vitebsk Regional Stage, Lepel Beds. Figure 13 – Sarcopterygii indet. Specimen № 116/42 – 29, Bykhov 1 borehole, depth of 307.3 m, x 25, tooth; Vitebsk Regional Stage, Lepel Beds. Figure 14 – Sarcopterygii indet. Specimen № 116/43 – 14, Bykhov 1 borehole, depth of 307.9 m, x 50, tooth, lateral view; Vitebsk Regional Stage, Lepel Beds. Figure 15 – Sarcopterygii indet. Specimen № 116/38 – 5, Bykhov 1 borehole, depth of 302.3 m, x 45, tooth, lateral view; Vitebsk Regional Stage, Lepel Beds. Figure 16 – Sarcopterygii indet. Specimen № 116/43 – 10, Bykhov 1 borehole, depth of 307.9 m, x 45, tooth; Vitebsk Regional Stage, Lepel Beds. Figure 17 – Sarcopterygii indet. Specimen № 121/19 – 3, Korma 1 borehole, depth of 317.4 m, x 43, tooth; Vitebsk Regional Stage, Lepel Beds. Figure 18 – Sarcopterygii indet. Specimen № 121/44 – 14, Korma 1 borehole, depth of 340.2 m, x 50, tooth, lateral view; Vitebsk Regional Stage, Lepel Beds. Figure 19 – Sarcopterygii indet. Specimen № 121/44 – 12, Korma 1 borehole, depth of 340.2 m, x 70, tooth; Vitebsk Regional Stage, Lepel Beds. Figure 20 – Sarcopterygii indet. Specimen № 116/53 – 3, Bykhov 1 borehole, depth of 324.2 m, x 100, tooth; Vitebsk Regional Stage, Lepel Beds. Figure 21 – Sarcopterygii indet. Specimen № 116/42 – 31, Bykhov 1 borehole, depth of 307.3 m, x 50, tooth, lateral view; Vitebsk Regional Stage, Lepel Beds.

Plate X

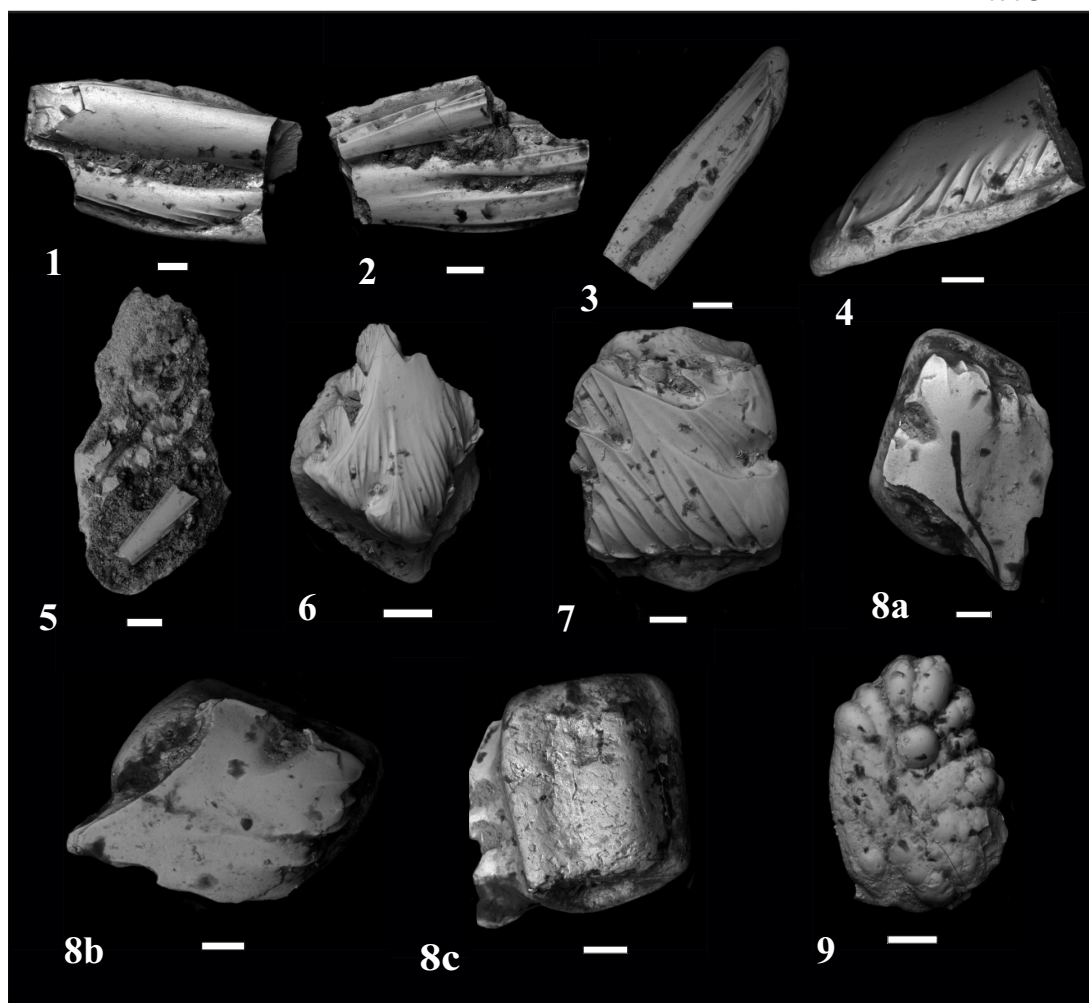


Plate X. Actinopterygian scales and one fish otolith from the studied boreholes. Fish remains from the Upper Emsian and Eifelian. Scale bar 100 μm for Figures 1, 2, 4, 5, 7, 8a, 8b and 8c; 200 μm for Figures 3, 6 and 9

Figure 1 – *Orvikuina* sp. Specimen № 116/16 – 9, Bykhov 1 borehole, depth of 201.4 – 202.4 m, x 100, scale fragment, external view; Kostyukovich Regional Stage. Figure 2 – *Orvikuina* sp. Specimen № 116/16 – 17, Bykhov 1 borehole, depth of 201.4 – 202.4 m, x 140, scale fragment, external view; Kostyukovich Regional Stage. Figure 3 – *Orvikuina* sp. Specimen № 121/10 – 2, Korma 1 borehole, depth of 264.2 m, x 75, scale fragment, external view; Gorodok Regional Stage. Figure 4 – Actinopterygii indet. Specimen № 116/44 – 11, Bykhov 1 borehole, depth of 310.0 m, x 150, scale fragment, external view; Vitebsk Regional Stage, Lepel Beds. Figure 5 – Actinopterygii indet. Specimen № 121/11 – 3, Korma 1 borehole, depth of 266.4 m, x 120, scale, external view (with worn external surface); Gorodok Regional Stage. Figure 6 – *Cheirolepis* cf. *gracilis* Gross. Specimen № 121/23 – 33, Korma 1 borehole, depth of 322.3 m, x 75, scale, crown view; Vitebsk Regional Stage, Lepel Beds. Figure 7 – *Cheirolepis* cf. *gracilis* Gross. Specimen № 121/23 – 34, Korma 1 borehole, depth of 322.3 m, x 100, scale, oblique crown view; Vitebsk Regional Stage, Lepel Beds. Figure 8 – *Cheirolepis* sp. indet. Specimen № 116/44 – 8, Bykhov 1 borehole, depth of 310.0 m, scale: a – crown view, x 100; b – oblique crown view, x 100, c – basal view, x150; Vitebsk Regional Stage, Lepel Beds. Figure 9 – Otolith. Specimen № 121/44 – 2, Korma 1 borehole, depth of 340.2 m, x 75, otolith; Vitebsk Regional Stage, Lepel Beds

References

1. *Kruchek, S. A., Makhnach A. S., Golubtsov V. K., Obukhovskaya T. G.* The Devonian system // *Geology of Belarus*. Ed. by A. S. Makhnach [et al.]. – Minsk: National Acad. Sci. Belarus, Institute of Geological Sciences, 2001. – P. 186–236 (in Russian).
2. The Devonian system / Stratigraphic Chart of the Precambrian and Phanerozoic deposits of Belarus: Explanatory Note / T. G. Obukhovskaya [et al.]. – Minsk: State Enterprise «BelNIGRI», 2010. – P. 98–114 (with Stratigraphic Chart of the Devonian deposits of Belarus in 2 sheets) (in Russian).
3. *Plax, D. P.* New Early Devonian (Late Emsian) placoderms from Belarus / D. P. Plax, M. J. Newman // *Journal of Paleontology*. – 2020. – Vol. 94(4). – P. 773–787.
4. *Murashko, O. V.* A finding of the Middle Devonian conodonts in the Bykhovskaya parametric borehole section in the eastern part of Belarus / O. V. Murashko, D. P. Plax // *Problems of Geology of Belarus and Adjacent Territories: Materials of the International Scientific Conference Dedicated to the 100th Anniversary of A.S. Makhnach, Academician of the NAS of Belarus (Minsk, November 21–22, 2018)* / Institute for Nature Management of the National Academy of Sciences of Belarus. Eds.: A. A. Makhnach [et al.]. – Minsk: SroyMedia Project Publ., 2018. – P. 138–139 (in Russian).
5. *Valiukevičius, J.* Acanthodian zonal sequence of Early and Middle Devonian in the Baltic basin // *Geologija*, 17. Vilnius, 1994. – P. 115–125.
6. *Valiukevičius, J.* Acanthodians and zonal stratigraphy of Lower and Middle Devonian in East Baltic and Byelorussia / J. Valiukevičius // *Palaeontographica*. – Stuttgart, 1998. – Abt. A. – S. 1–53.
7. *Plaksa, D. P.* Devonian (Late-Emsian – Frasnian) fish fauna of Belarus and its stratigraphic importance. – Candidate's Thesis. Institute of Geochemistry and Geophysics of the National Academy of Sciences of Belarus / D. P. Plax. – Minsk, 2007. – 23 p. (in Russian with Belarusian and English summary).
8. *Plaksa, D. P.* Introduction of vertebrate zonal scales into the Stratigraphic Chart of Devonian deposits of Belarus / D. P. Plaksa // *Dokl. Acad. Nauk Belarusi*. – 2008. – Vol. 52, N 4. – P. 83–88 (in Russian).
9. *Plax, D. P.* Devonian fish fauna of Belarus / D.P. Plax // *Lithosphere*. – 2008. – N 2 (29). – P. 66–92 (in Russian).
10. *Lyarskaya, L. A.* The Rēzekne Formation and its age equivalents / L. A. Lyarskaya // *The Stratigraphy of the Phanerozoic of the Baltic States*. – Riga: Zinātne Publ., 1978. – P. 22–39 (in Russian).
11. The Devonian and Carboniferous of the Baltic States / V. S. Sorokin, L. A. Lyarskaya, A. S. Savvaitova [et al.]. – Riga, 1981. – 502 p. (in Russian).
12. *Valiukevičius, J.* Acanthodian biostratigraphy and interregional correlations of the Devonian of the Baltic States, Belarus, Ukraine and Russia / J. Valiukevičius, S. Kruchek // *Courier Forschungsinstitut Senckenberg (Final Report of IGCP 328 project)*. – 2000. – Vol. 223. – P. 271–289.
13. The Devonian of the Voronezh Anticline and the Moscow Syncline // G. D. Rodionova, V. T. Umnova, L. I. Kononova [et al.]. – Moscow, 1995. – 265 p. (in Russian).
14. *Vorotnikova, G. V.* State geological map of the Russian Federation. Scale 1:1,000,000 (third generation). Central European Series. Sheet N-36 (M-36). – Smolensk, Explanatory Note / G. V. Vorotnikova, E. A. Gavryushova, S. V. Drutskoy, A. V. Zhuravlev [et al.]. – St. Petersburg, VSEGEI Cartographic Factory, 2011. – 267 p. (in Russian).
15. *Glinitskiy, V. N.* New data on psammosteoid heterostracans (Pteraspidomorpha) and acanthodians (Acanthodii) from the Pärnu Regional Stage (Lower Eifelian, Middle Devonian) of Estonia / V. N. Glinitskiy, D. V. Pinakhina // *Estonian Journal of Earth Sciences*. – 2018. – Vol. 67 (1). – P. 76–87.
16. *Valiukevičius, J.* Complexes of vertebrate microremains and correlation of terrigenous Devonian deposits of Belarus and adjacent territories / J. Valiukevičius, V. Talimaa and S. Kruchek // *Ichthyolith Issues. Special Publication 1 Socorro*. – New Mexico, 1995. – P. 53–59.
17. *Valiukevičius, J.* The Devonian system // *Geological map of the USSR. Scale of 1:1,000,000 (new series). Explanatory Note. Sheet N-(34), (35)* / J. Valiukevičius, V. K. Golubtsov. – Vilnius; Leningrad, 1986. – P. 53–68 (in Russian).
18. *Mark-Kurik, E.* The Middle Devonian fishes of the Baltic States (Estonia, Latvia) and Belarus / E. Mark-Kurik // *Courier Forschungsinstitut Senckenberg (Final Report of IGCP 328 project)*. – 2000. – Vol. 223. – P. 309–324.
19. *Valiukevičius, J.* Acanthodians from the Narva Regional Stage of the Main Devonian Field / J. Valiukevičius. – Vilnius, 1985. – 144 p. (in Russian).
20. *Plax, D. P.* Devonian ichthyofauna of the Volyn Monocline / D. P. Plax // *Lithosphere*. – 2011. – N 2 (35). – P. 12–21.
21. *Valiukevičius, J.* New Silurian to Middle Devonian acanthodians of the Timan-Pechora Region / J. Valiukevičius // *Acta Geologica Polonica*. – 2003. – Vol. 53, N 3. – P. 209–245.

Received 16.09.2020

БИОЛОГИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ**BIOLOGICAL RESOURCES****БІЯЛАГІЧНЫЯ РЭСУРСЫ**

УДК 582.29(99-923.1/.3)

**А. П. Яцына^{1,2}, Ю. Г. Гигиняк³, О. И. Бородин³, М. П. Андреев⁴,
Д. А. Лукашанец³, А. А. Гайдашов⁵**

¹Институт экспериментальной ботаники им. В. Ф. Купревича Национальной академии наук Беларуси,
Минск, Беларусь, e-mail: lihenologs84@mail.ru

²Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь, e-mail: lihenologs84@mail.ru

³Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по биоресурсам, Минск, Беларусь,
e-mail: antarctida_2010@mail.ru

⁴Ботанический институт им. В. Л. Комарова Российской академии наук, Санкт-Петербурга, Россия,
e-mail: andreevmp@yandex.ru

⁵Республиканский центр полярных исследований, Минск, Беларусь, e-mail: alexis_33@inbox.ru

**АНТАРКТИЧЕСКИЕ СБОРЫ ЛИШАЙНИКОВ
В ГЕРБАРИИ ИНСТИТУТА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ БОТАНИКИ
ИМ. В. Ф. КУПРЕВИЧА НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ НАУК БЕЛАРУСИ**

Аннотация. В результате проведенной ревизии коллекции MSK-L для 11 районов, расположенных на островах морской и континентальной Антарктики, выявлен видовой состав лишайников. В коллекции представлены три экологических группы видов. Материалом для данной статьи послужили образцы лишайников, хранящиеся в коллекции MSK-L в количестве около 600 гербарных пакетов, собранных во время 1-й КАЭ, 5-й САЭ, 63-й Российской антарктической экспедиции и 2-й, 3, 4, 6, 11, 12-й Белорусских антарктических экспедиций. Определено 82 вида лишайников из 54 родов. Основная часть выявленных видов была найдена на островах морской Антарктики. Общими для континентальной и морской Антарктики оказались 16 видов лишайников. Большинство видов относятся к биполярным лишайникам. Проведена тонкослойная хроматография лишайников рода *Lepraria*. Показано, что усниновая кислота и зеорин имеется только у эндемика Антарктики *L. straminea*.

Ключевые слова: Антарктида, коллекция, лишайники, тонкослойная хроматография, систематика

**A. P. Yatsyna^{1,2}, Yu. H. Hihiniak³, O. I. Borodin³, M. P. Andreev⁴,
Dz. A. Lukashanets³, A. A. Gaidashov⁵**

¹V. F. Kuprevich Institute of Experimental Botany of the National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Belarus,
e-mail: lihenologs84@mail.ru

²Belarusian State University, Minsk, Belarus, e-mail: lihenologs84@mail.ru

³Scientific and Practical Centre of the National Academy of Sciences of Belarus on Bioresources, Minsk, Belarus,
e-mail: antarctida_2010@mail.ru

⁴V. L. Komarov Botany Institute of the Russian Academy of Sciences, St-Petersburg, Russia, e-mail: andreevmp@yandex.ru

⁵Republican Center for Polar Research, Minsk, Belarus, e-mail: alexis_33@inbox.ru

**ANTARCTIC COLLECTION OF LICHENS IN THE HERBARIUM
OF V. F. KUPREVICH INSTITUTE OF EXPERIMENTAL BOTANY OF THE NATIONAL ACADEMY
OF SCIENCES OF BELARUS**

Abstract. As a result of the revision of the MSK-L collection, lichens of 11 localities of maritime and continental Antarctic, diverse in species composition, were revealed. The collection includes three ecological groups of lichens. The material for this article was the lichen samples stored in the MSK-L collection in the amount of about 600 herbarium packages collected during 1 CAE, 5 SAE, 63 Russian Antarctic expeditions and 2, 3, 4, 6, 11, 12 Belarusian Antarctic expeditions. 82 species of lichens from 54 genera were identified. Most of the identified species were found in maritime Antarctic. 16 species of lichens were common to maritime and continental Antarctic. Most of the species are classified as bipolar lichens. Thin layer chromatography of genus *Lepraria* lichens was carried out. It has been shown that usnic acid and zeorin are present only in the Antarctic endemic *L. straminea*.

Keywords: Antarctica, collection, lichens, thin layer chromatography, taxonomy

А. П. Яцына^{1,2}, Ю. Р. Гігіняк³, А. І. Барадзін³, М. П. Андрэеў⁴, Дз. А. Лукашанец³, А. А. Гайдашоў⁵

¹Інстытут эксперыментальнай батанікі імя В. Ф. Купрэвіча Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі, Мінск, Беларусь, e-mail: lihenologs84@mail.ru

²Беларускі дзяржаўны ўніверсітэт, Мінск, Беларусь, e-mail: lihenologs84@mail.ru

³Навукова-практычны цэнтр Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі па біярасурсах, Мінск, Беларусь, e-mail: antarctida_2010@mail.ru

⁴Батанічны інстытут імя У. Л. Камарова Расійскай акадэміі навук, Санкт-Пецярбург, Расія, e-mail: andreevmp@yandex.ru,

⁵Рэспубліканскі цэнтр палярных даследаванняў, Мінск, Беларусь, e-mail: alexis_33@inbox.ru

АНТАРКТЫЧНЫЯ ЗБОРЫ ЛІШАЙНІКАЎ У ГЕРБАРЫІ ІНСТЫТУТА ЭКСПЕРЫМЕНТАЛЬНАЙ БАТАНІКІ ІМЯ В. Ф. КУПРЭВІЧА НАЦЫЯНАЛЬНАЙ АКАДЭМІІ НАВУК БЕЛАРУСІ

Анотацыя. У выніку праведзенай рэвізіі калекцыі MSK-L выяўлены разнастайныя па відавым складзе лішайнікі 11 раёнаў марской і кантынентальнай Антарктыкі. У калекцыі прадстаўлены тры экалагічныя групы лішайнікаў. Матэрыялам для дадзенага артыкула паслужылі ўзоры лішайнікаў, якія захоўваюцца ў калекцыі MSK-L у колькасці каля 600 гербарных пакетаў, сабраных падчас 1-й КАЭ, 5-й САЭ, 63-й Расійскай антарктычнай экспедыцыі і 2-й, 3, 4, 6, 11, 12-й Беларускіх антарктычных экспедыцый. Вызначана 82 віды лішайнікаў з 54 родаў. Асноўная частка выяўленых відаў была знойдзена ў марской частцы Антарктыкі. Агульнымі для марской і кантынентальнай Антарктыкі аказаліся 16 відаў лішайнікаў. Большасць відаў адносяцца да біпалярных лішайнікаў. Праведзена тонкаслаёвая хроматаграфія лішайнікаў роду *Lepraria*. Паказана, што ўсінная кіслата і зярын знаходзяцца толькі ў эндэмікаў Антарктыкі *L. straminea*.

Ключавыя словы: Антарктыда, калекцыя, лішайнікі, тонкаслаёвая хроматаграфія, сістэматыка

Введение. Гербарий лишайников (акроним MSK-L) Института экспериментальной ботаники (ИЭБ) НАН Беларуси насчитывает около 100 тыс. гербарных образцов и содержит около 1,8 тыс. видов лишайников и близкородственных грибов. По количеству образцов и видов гербарий в институте занимает второе место после гербария сосудистых растений. Год основания гербария можно считать 1934 г. Дата связана с приездом в г. Минск будущего академика М. П. Томина, основателя гербария лишайников [1]. Одна из заслуг М. П. Томина в области ботанических коллекций – накопление гербарного материала путем обмена образцами между известными учеными. Гербарий мировой флоры лишайников, сформированный в институте М. П. Томиным, а впоследствии пополняемый другими учеными, содержит около 15 тыс. гербарных пакетов, около 30 тыс. образцов. Основное количество гербарных пакетов (около 10 тыс.) представлено сборами из различных регионов России. Коллекция лишайников представлена со всех континентов Земли и более чем 60 стран.

Особый интерес представляют гербарные образцы лишайников из Антарктиды. До начала работы белорусских исследователей в Антарктиде количество гербарных пакетов не превышало 50, коллекция была представлена сборами К. К. Маркова и В. И. Бардина. К. К. Марковым собран гербарный материал во время 1-й Комплексной антарктической экспедиции (КАЭ) (окр. ст. Мирный и о-в Эйгарен), а В. И. Бардиным – 5-й Советской антарктической экспедиции (САЭ) (окр. ст. Лазарев). Начиная с 2010 г. коллекционный материал лишайников из Антарктиды начал поступать в гербарий MSK-L благодаря совместной деятельности российско-белорусских научных антарктических экспедиций и обмену гербарными пакетами между научными учреждениями.

Несмотря на продолжительную историю исследования наземной биоты Антарктиды, вопросы биологического разнообразия отдельных таксономических групп организмов, в том числе и лишайников, как индикаторов климатических и антропогенных изменений, остаются приоритетными до сих пор [2]. Использование методов тонкослойной хроматографии позволяет определить состав вторичных лишайниковых метаболитов, обнаруженные вещества используются как основной диагностический признак в определении лишайников с лепрозным талломом рода *Lepraria* [3–5].

Следовательно, актуально провести ревизию антарктических сборов лишайников в коллекции MSK-L с целью выявления и дополнения биологического разнообразия лишайников на территории Антарктиды.

Материалы и методы. Материалом для данной статьи послужили образцы лишайников, хранящиеся в коллекции MSK-L в количестве около 600 гербарных пакетов, собранных во время 1-й КАЭ, 5-й САЭ, 63-й Российской антарктической экспедиции и 2-й, 3, 4, 6, 11, 12-й Белорусских антарктических экспедиций (рис. 1).

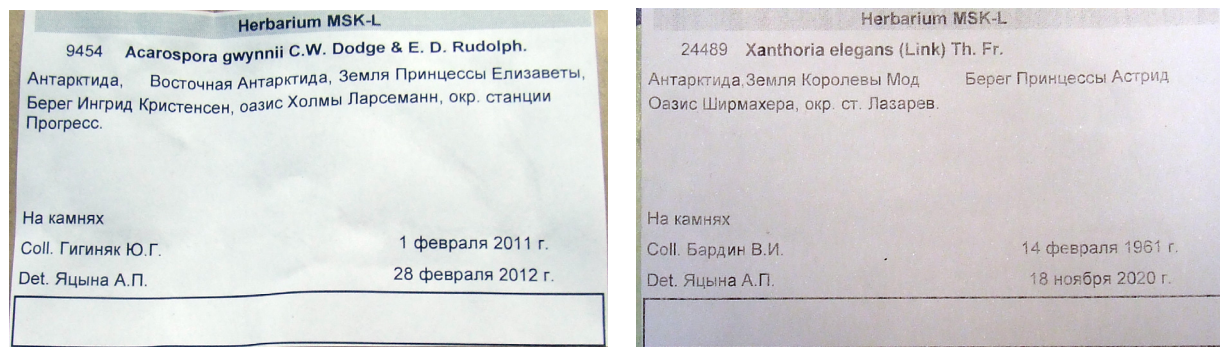


Рис. 1. Внешний вид гербарной этикетки антарктических сборов коллекции MSK-L

Кроме того, в качестве обмена гербарными образцами лишайников между ИЭБ НАН Беларуси и Royal Botanic Gardens Sydney, Australia в 2015 г. получено 14 гербарных пакетов из Антарктиды австралийского ученого R. B. Filson. В гербарии антарктические лишайники представлены из 11 локалитетов Антарктики, включая ее морскую и континентальную часть (рис. 2).

Камеральная обработка собранного гербарного материала проведена в лаборатории микологии ИЭБ НАН Беларуси с использованием световой микроскопии: бинокляр *Olympus* SZ 6 и микроскоп *Olympus* BX 51. Гербарные образцы введены в Базу данных и хранятся в коллекции лишайников лаборатории микологии. Каждому гербарному пакету присвоен индивидуальный номер. Исследование состава вторичных лишайниковых веществ рода *Lepraria* Ach. проведено



Рис. 2. Локалитеты сборов лишайников Антарктиды: 1 – холмы Ларсеманн, окр. ст. Прогресс. 69°22'51"S, 76°23'25"E; 2 – Земля Королевы Мод, оазис Ширмахера, окр. ст. Новолазаревская. 70°46'37"S, 11°49'26"E; 3 – MacRobertson Land, Mawson Coast. 67°36' S, 62°52' E; 4 – Земля Королевы Мод, Оазис Ширмахера, окр. ст. Лазарев. Согласно записи в полевом дневнике В. И. Бардина 5-й САЭ в 1961 г.; 5 – Земля Эндерби, окр. ст. Гора Вечерняя, 67°39'33"S 46°09'30"E; 6 – Южные Шетландские о-ва, о. Дарт. 62°13.924'S, 59° 00.617'W; 7 – Южные Шетландские о-ва, о. Нельсон. 62°18.586'S, 58°49.936.29'W; 8 – Южные Шетландские о-ва, о. Кинг-Джорж, окр. ст. Беллинсгаузен. 62°11.507'S, 58°58.800'W; 9 – залив Эдуарда VIII, о. Эйгарен; 10 – Нунатак Лендинг, окр. ст. Дружная-4. 69°44'09"S, 73°42'06"E; 11 – Земля Королевы Мэри, окр. ст. Мирный. 66°33'20"S, 93°00'11"E

методом тонкослойной хроматографии (TLC) в системе растворителя С [6]. Номенклатура таксонов в основном приводится по работе [7].

Результаты исследований и их обсуждение. В коллекции MSK-L представлено 82 вида лишайников из 54 родов. Лишайники континентальной Антарктики в гербарии представлены 37 видами, а коллекция из морской части (Южные Шетландские о-ва) – 61 видом. Общими для континентальной и морской Антарктики оказались 16 видов лишайников: *Blastenia ammiospila*, *Carbonea vorticosa*, *Flavoplaca citrina*, *Lecanora polytropa*, *Lecidea cancriformis*, *Lepraria caesia*, *Leptogium puberulum*, *Parvoplaca athallina*, *Physcia caesia*, *Polycauliona candelaria*, *Rhizocarpon geographicum*, *Rhizoplaca melanophthalma*, *Rinodina olivaceobrunnea*, *Umbilicaria aprina*, *Usnea antarctica* и *Xanthoria elegans*. Большинство из вышеперечисленных видов относятся к биполярным лишайникам, т.е. встречаются в северном и южном полушариях, а также часто в континентальной и морской Антарктике. [3–5, 8, 9]. Ниже приводится аннотированный список лишайников. Выявленные виды расположены в алфавитном порядке. После каждого вида приводится номер локалитета сбора и порядковый номер.

Список лишайников континентальной и прибрежной Антарктиды

1. *Acarospora gwynnii* C. W. Dodge & E. D. Rudolph. – 1: 31.01.2020. Coll. Ю. Г. Гигиняк (24383), 2: 17.11.2018. Coll. Д. А. Лукашанец (23265), 3: 06.10.1962. Coll. R. B. Filson (14194), 4: 14.02.1958. Coll. K. K. Марков (10242), 5: 05.01.2009. Coll. О. И. Бородин (8614).
2. *Amandinea augusta* (Vain.) Søchting & Øvstedal – 6: 15.02.2018. Coll. М. П. Андреев (20026).
3. *A. conioops* (Wahlenb.) M. Choisy – 7: 04.01.2018. Coll. М. П. Андреев (20049).
4. *A. petermannii* (Hue) Matzer, H. Mayrhofer & Scheid. – 7: 02.01.2018. Coll. М. П. Андреев (20013).
5. *Austroplaca cirrochrooides* (Vain.) Søchting, Frödén & Arup – 7: 02.01.2018. Coll. М. П. Андреев (20035).
6. *Biatorella cerebriiformis* (C.W. Dodge) Filson – 3: 27.08.1962. Coll. R. B. Filson (14310).
7. *Blastenia ammiospila* (Wahlenb.) Arup, Søchting & Frödén – 4: 14.02.1961. Coll. В. И. Бардин (24499), 5: 14.01.2009. Coll. Бородин О. И. (8615), 9: 04.03.1957. Coll. K. K. Марков (10239), 10: 29.01.2011. Coll. Ю. Г. Гигиняк (9474).
8. *Buellia frigida* Darb. – 1: 20.01.2020. Coll. Ю. Г. Гигиняк (24376), 5: 08.01.2009. Coll. О. И. Бородин (8595).
9. *B. soredians* Filson – 1: 01.02.2011. Coll. Ю. Г. Гигиняк (9448); 5: 05.01.2009. Coll. О. И. Бородин (8599).
10. *Calogaya saxicola* (Hoffm.) Vondrák – 6: 15.02.2018. Coll. М. П. Андреев (20044).
11. *Candelaria murrayi* Poelt – 5: 19.01.2009. Coll. О. И. Бородин (8548).
12. *Candelariella flava* (C. W. Dodge & G. E. Baker) Castello & Nimis – 1: 07.01.2020. Coll. Ю. Г. Гигиняк (24372), 4: 13.02.1961. Coll. В. И. Бардин (10241), 5: 02.01.2009. Coll. О. И. Бородин (8617), 10: 01.02.2011. Coll. Ю. Г. Гигиняк (9485).
13. *Carbonea assentiens* (Nyl.) Hertel – 7: 04.01.2018. Coll. М. П. Андреев (20069).
14. *C. vorticosa* (Flörke) Hertel – 1: 08.03.2014. Coll. Ю. Г. Гигиняк (24388), 3: 16.12.1962. Coll. R. B. Filson (14302), 8: 13.02.2018. Coll. М. П. Андреев (20055).
15. *Catillaria contristans* (Nyl.) Zahlbr. – 7: 15.02.2018. Coll. М. П. Андреев (20037).
16. *Cetraria aculeata* (Schreb.) Fr. – 8: 11.02.2018. Coll. М. П. Андреев (20024).
17. *Cladonia borealis* S. Stenroos – 7: 04.01.2018. Coll. М. П. Андреев (20036).
18. *C. galindezii* Øvstedal – 8: 11.02.2018. Coll. М. П. Андреев (20047).
19. *C. gracilis* (L.) Willd. – 7: 04.01.2018. Coll. М. П. Андреев (20008).
20. *C. pyxidata* (L.) Hoffm. – 7: 04.01.2018. Coll. М. П. Андреев (20067).
21. *Cystocoleus ebeneus* (Dillwyn) Thwaites – 8: 10.02.2018. Coll. М. П. Андреев (20059).
22. *Flavoplaca citrina* (Hoffm.) Arup, Frödén & Søchting – 1: 02.02.2020. Coll. Ю. Г. Гигиняк (24381), 4: 14.02.1961. Coll. В. И. Бардин (24496), 5: 14.01.2009. Coll. О. И. Бородин (8590), 9: 04.03.1957. Coll. K. K. Марков (10240), 10: 29.01.2011. Coll. Ю. Г. Гигиняк (9464).

23. *Frutidella caesia* (Schaer.) Kalb – 8: 04.01.2018. Coll. М. П. Андреев (20045).
24. *Gallowayella borealis* (R. Sant. & Poelt) S. Y. Kondr., Fedorenko, S. Stenroos, Kärnefelt, Elix, Hur & A. Thell – 10: 29.01.2011. Coll. Ю. Г. Гигиняк (9490).
25. *Gondwania regalis* (Vain.) Søchting, Frödén & Arup – 7: 02.01.2018. Coll. М. П. Андреев (20043).
26. *G. subglobulata* (Nyl.) S. Y. Kondr., Kärnefelt, Elix, A. Thell, Jung Kim, M. H. Jeong, N. N. Yu, A. S. Kondr. & Hur – 7: 02.01.2018. Coll. М. П. Андреев (20051).
27. *Haematomma erythromma* (Nyl.) Zahlbr. – 8: 13.04.2012. Coll. А. А. Гайдашов (11352).
28. *Himantormia lugubris* (Hue) I. M. Lamb – 7: 04.01.2018. Coll. М. П. Андреев (20028), 8: 13.04.2012. Coll. А. А. Гайдашов (11381).
29. *Lecania brialmontii* (Vain.) Zahlbr. – 7: 02.01.2018. Coll. М. П. Андреев (20018).
30. *L. gerlachii* (Vain.) Darb. – 6: 15.02.2018. Coll. М. П. Андреев (20052).
31. *Lecanora polytropia* (Ehrh.) Rabenh. – 5: 07.01.2009. Coll. О. И. Бородин (8597), 7: 04.01.2018. Coll. М. П. Андреев (20022), 10: 29.01.2011. Coll. Ю. Г. Гигиняк (9491).
32. *L. rubina* (Hoffm.) Ach. – 3: 18.12.1962. Coll. R. B. Filson (14312).
33. *Lecidea cancriformis* C. W. Dodge & G. E. Baker – 1: 01.02.2011. Coll. Ю. Г. Гигиняк (9455), 3: 09.10.1962. Coll. R. B. Filson (14308), 5: 02.01.2009. Coll. О. И. Бородин (8605), 8: 13.04.2012. Coll. А. А. Гайдашов (11369).
34. *Lecidella siplei* (C. W. Dodge & G. E. Baker) May. Inoue – 8: 07.02.2018. Coll. М. П. Андреев (20017).
35. *L. sublapicida* (C. Knight) Hertel – 8: 28.02.2018. Coll. М. П. Андреев (20011).
36. *Lepra corallophora* (Vain.) Hafellner – 7: 15.02.2018. Coll. М. П. Андреев (20054).
37. *L. panyrga* (Ach.) Hafellner – 8: 13.02.2018. Coll. М. П. Андреев (20058).
38. *Lepraria alpina* (B. de Lesd.) Tretiach & Baruffo – 5: 01.02.2009. Coll. О. И. Бородин (8380), 11: 31.01.1957. Coll. К. К. Марков (24482).
39. *L. caerulea* (Hue) Botnen & Øvstedal – 1: 10.02.2019. Coll. Д. А. Лукашанец (23256), 4: 14.02.1961. Coll. В. И. Бардин (24484), 5: 07.02.2009. Coll. О. И. Бородин (8557), 11: 31.01.1957. Coll. К. К. Марков (24483).
40. *L. caesia* (B. de Lesd.) J. R. Laundon – 5: 08.12.2018. Coll. Д. А. Лукашанец (23258), 7: 04.01.2018. Coll. М. П. Андреев (20068).
41. *L. straminea* Vain. – 5: 07.01.2009. Coll. О. И. Бородин (8504).
42. *Leptogium puberulum* Hue – 4: 14.02.1958. Coll. К. К. Марков (10243), 5: 07.02.2009. Coll. Бородин О. И. (8598), 8: 11.02.2018. Coll. М. П. Андреев (20042), 9: 04.03.1957. Coll. К. К. Марков (24497).
43. *Massalongia carnosa* (Dicks.) Körb. – 8: 19.02.2018. Coll. М. П. Андреев (20063).
44. *Mastodia tessellata* (Hook. f. & Harv.) Hook. f. & Harv. – 7: 02.01.2018. Coll. М. П. Андреев (20041).
45. *Ochrolechia frigida* (Sw.) Lynge – 8: 19.02.2018. Coll. М. П. Андреев (20034).
46. *O. parella* (L.) A. Massal. – 6: 15.02.2018. Coll. М. П. Андреев (20056).
47. *Pannaria austro-orcadensis* Øvstedal – 8: 15.01.2018. Coll. М. П. Андреев (20030).
48. *P. caespitosa* P. M. Jørg. – 8: 04.01.2018. Coll. М. П. Андреев (20007).
49. *Parvoplaca athallina* (Darb.) Arup, Søchting & Frödén – 1: 12.02.2020. Coll. Ю. Г. Гигиняк (24378), 8: 13.02.2018. Coll. М. П. Андреев (20021), 10: 29.01.2011. Coll. Ю. Г. Гигиняк (9472).
50. *Pertusaria pseudoculata* Øvstedal – 8: 13.02.2018. Coll. М. П. Андреев (20038).
51. *Physcia caesia* (Hoffm.) Füllr. – 1: 02.02.2020. Coll. Ю. Г. Гигиняк (24380), 3: 01.02.1974. Coll. R. B. Filson (14257), 5: 07.02.2009. Coll. О. И. Бородин (8542), 8: 17.02.2018. Coll. М. П. Андреев (20020), 9: 04.03.1957. Coll. К. К. Марков (10235).
52. *P. dubia* (Hoffm.) Lettau – 1: 07.01.2020. Coll. Ю. Г. Гигиняк (24385).
53. *Physconia muscigena* (Ach.) Poelt – 8: 11.02.2018. Coll. М. П. Андреев (20071).
54. *Placopsis antarctica* D.J. Galloway, R.I.L. Sm. & Quilhot – 7: 04.01.2018. Coll. М. П. Андреев (20048).
55. *P. contortuplicata* I.M. Lamb – 8: 07.02.2018. Coll. М. П. Андреев (20072).

56. *Pleopsidium chlorophanum* (Wahlend.) Zopf. – 1: 18.11.2019. Coll. Ю. Г. Гигиняк (24387), 4: 14.02.1958. Coll. В. И. Бардин (10234), 5: 14.01.2009. Coll. О. И. Бородин (8385).
57. *Polyscaenia candelaria* (L.) Frödén, Arup & Søchting – 1: 12.02.2020. Coll. Ю. Г. Гигиняк (24377), 6: 15.02.2018. Coll. М. П. Андреев (20066), 11: 31.01.1957. Coll. К. К. Марков (24493).
58. *Polyozosia expectans* (Darb.) S. Y. Kondr., Lőkös & Farkas – 5: 14.01.2009. Coll. О. И. Бородин (8587), 10: 29.01.2011. Coll. Ю. Г. Гигиняк (9489).
59. *P. torrida* (Vain.) S. Y. Kondr., Lőkös & Farkas – 7: 15.02.2018. Coll. М. П. Андреев (20053).
60. *Pseudephebe minuscula* (Nyl. ex Arnold) Brodo & D. Hawksw. – 1: 28.01.2020. Coll. Ю. Г. Гигиняк (24386), 5: 19.02.2009. Coll. О. И. Бородин (8555), 10: 08.01.2009. Coll. Ю. Г. Гигиняк (8580), 11: 31.01.1957. Coll. К. К. Марков (24492).
61. *P. pubescens* (L.) M. Choisy – 5: 19.02.2009. Coll. О. И. Бородин (8555).
62. *Psoroma hypnorum* (Vahl) Gray – 7: 15.02.2018. Coll. М. П. Андреев (20070), 8: 07.02.2018. Coll. М. П. Андреев (20032).
63. *Ramalina terebrata* Hook. f. & Taylor – 6: 15.02.2018. Coll. М. П. Андреев (20009).
64. *Rhizocarpon flavum* C. W. Dodge & G. E. Baker – 5: 14.01.2009. Coll. О. И. Бородин (8621).
65. *R. geographicum* (L.) Lamy & DC. – 5: 02.01.2009. Coll. О. И. Бородин (11342), 8: 13.04.2012. Coll. А. А. Гайдашов (11396),
66. *Rhizoplaca aspidophora* (Vain.) Redón – 6: 15.02.2018. Coll. М. П. Андреев (20065).
67. *R. melanophthalma* (DC.) Leuckert – 1: 01.02.2011. Coll. Ю. Г. Гигиняк (9445), 5: 07.02.2009. Coll. О. И. Бородин (8627), 9: 04.03.1957. Coll. К. К. Марков (10232).
68. *Rinodina olivaceobrunnea* C. W. Dodge & G. E. Baker – 1: 01.02.2011. Coll. Ю. Г. Гигиняк (9436), 4: 14.02.1961. Coll. В. И. Бардин (24505), 5: 07.01.2009. Coll. О. И. Бородин (11361), 8: 17.02.2018. Coll. Андреев М. П. (20019), 9: 04.03.1957. Coll. К. К. Марков (24504), 10: 29.01.2011. Coll. Ю. Г. Гигиняк (9475).
69. *Rusavskia elegans* (Link) S. Y. Kondr. & Kärnefelt – 1: 22.12.2019. Coll. Ю. Г. Гигиняк (24366), 3: 19.12.1962. Coll. R. B. Filson (14303), 4: 14.02.1958. Coll. В. И. Бардин (10233), 5: 14.01.2009. Coll. О. И. Бородин (8626), 8: 13.04.2012. Coll. А. А. Гайдашов (11404), 9: 04.03.1957. Coll. К. К. Марков (10231).
70. *Sphaerophorus globosus* (Huds.) Vain. – 8: 17.02.2018. Coll. М. П. Андреев (20029).
71. *Stereocaulon glabrum* (Müll. Arg.) Vain. – 8: 10.02.2018. Coll. М. П. Андреев (20050).
72. *Tetramelas anisomerus* (Vain.) Elix – 6: 15.02.2018. Coll. М. П. Андреев (20025).
73. *T. grimmiae* (Filson) Elix – 1: 12.02.2020. Coll. Ю. Г. Гигиняк (24382), 4: 14.02.1961. Coll. Бардин В. И. (24503).
74. *T. papillatus* (Sommerf.) Kalb – 8: 13.02.2018. Coll. М. П. Андреев (20031).
75. *Umbilicaria antarctica* Frey & I. M. Lamb – 4: 14.02.1958. Coll. К. К. Марков (10236), 5: 25.01.2012. Coll. А. А. Гайдашов (11403).
76. *U. aprina* Nyl. – 1: 05.01.2020. Coll. Ю. Г. Гигиняк (24373), 5: 08.01.2009. Coll. О. И. Бородин (8596), 7: 04.01.2018. Coll. М. П. Андреев (20061).
77. *U. decussata* (Vill.) Zahlbr. – 1: 25.12.2019. Coll. Ю. Г. Гигиняк (24367), 5: 29.12.2008. Coll. О. И. Бородин (8524), 9: 04.03.1957. Coll. К. К. Марков (24498), 10: 28.02.2011. Coll. Ю. Г. Гигиняк (9483), 11: 03.01.1957. Coll. К. К. Марков (24491).
78. *Usnea antarctica* Du Rietz – 3: 04.10.1962. Coll. R. B. Filson (14298), 4: 14.02.1961. Coll. В. И. Бардин (24494), 8: 11.02.2018. Coll. М. П. Андреев (20033), 11: 15.02.1971. Coll. Ю. Г. Гигиняк (24486).
79. *U. aurantiacoatra* (Jacq.) Bory – 8: 07.02.2018. Coll. М. П. Андреев (20064).
80. *U. sphacelata* R. Br. – 1: 01.02.2011. Coll. Ю. Г. Гигиняк (9451), 5: 07.01.2009. Coll. О. И. Бородин (11344), 10: 29.01.2011. Coll. Ю. Г. Гигиняк (9492).
81. *Villophora isidioclada* (Zahlbr.) Søchting, Frödén & Arup – 7: 04.01.2018. Coll. М. П. Андреев (20046).
82. *Xanthoria mawsonii* C. W. Dobge – 1: 24.02.2014. Coll. Ю. Г. Гигиняк (24389), 5: 07.02.2009. Coll. О. И. Бородин (8536), 9: 04.03.1957. Coll. К. К. Марков (24487), 11: 03.01.1957. Coll. К. К. Марков (24488).

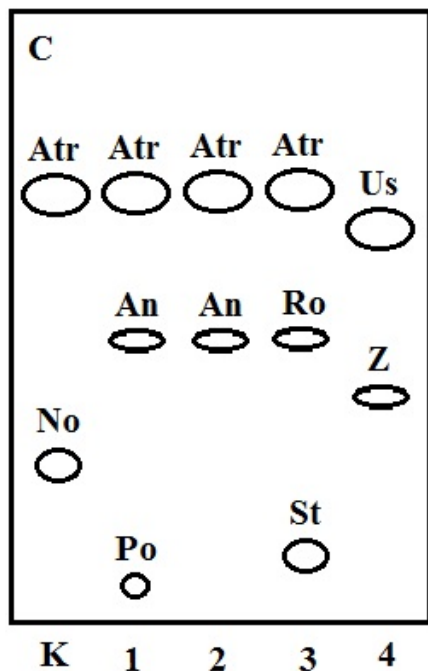


Рис. 3. Химический состав лишайниковых кислот рода *Lepraria* в системе растворителя С. К – контроль, 1 – *Lepraria alpina*, 2 – *L. caerulescens*, 3 – *L. caesioalba* s.l. и 4 – *L. straminea*. Лишайниковые кислоты: Atr – атранорин, Us – усниновая, An – ангардиановая, Ro – рокцелловая, Z – зеорин, No – норстиктовая, St – стиктовая, Po – порфириловая

В таксономическом плане особый интерес среди коллекционных образцов представляют виды лишайников рода *Lepraria* Ach. В каталоге антарктических лишайников имеется обобщающие литературные ссылки о встречаемости отдельных видов рода *Lepraria* s.l. в Антарктиде [3]. Но несмотря на это, данных о распространении отдельных видов рода *Lepraria* в Антарктиде недостаточно. Для континентальных и морских районов Антарктики известно около 8 видов лишайников из рода *Lepraria* [10]. Из представленного в коллекции гербарного материала (21 гербарный пакет) было определено 4 вида лишайника из рода *Lepraria*: *Lepraria alpina*, *L. caerulescens*, *L. caesioalba* s.l. и *L. straminea*. Согласно полученным данным TLC, виды лишайников имеют следующий химический состав лишайниковых веществ: *Lepraria alpina* содержит атранорин, порфириловую и ангардиановую кислоты, *L. caerulescens* – атранорин и ангардиановую кислоту, *L. caesioalba* s.l. – атранорин, стиктовую и рокцелловую кислоты, а вид *L. straminea* – усниновую кислоту и зеорин (рис. 3).

Лишайник *L. straminea* является антарктическим эндемиком [11]. Лишайник *Lepraria alpina* собран в окр. ст. Гора Вечерняя и ст. Дружная-4, *L. caerulescens* – в окр. ст. Прогресс, Лазарев, Гора Вечерняя и Дружная-4, *L. caesioalba* – в окр. ст. Гора Вечерняя и о. Нельсон, *L. straminea* – окр. ст. Гора Вечерняя. Такие виды лишайников, как *Lepraria caerulescens*, *L. caesioalba* и *L. straminea*, впервые приводятся в окрестностях ст. Гора Вечерняя [12].

Представленные в коллекции виды лишайников собраны в окрестностях шести действующих антарктических станций: ст. Прогресс – 23 вида, Новолазаревская – 1, Гора Вечерняя – 29, Беллинсгаузен – 32, Дружная-4 – 10 и Мирный – 8. В окр. ст. Прогресс по литературным данным известно 27 видов лишайников [8]. Такие виды, как *Buellia soledians*, *Lepraria caerulescens* и *Polycauliona candelaria*, впервые приводятся в окр. ст. Прогресс [8].

Наиболее распространенными лишайниками в коллекции являются следующие виды: *Acarospora gwynnii* (8 гербарных пакетов), *Buellia frigida* (28), *Candelariella flava* (19), *Flavoplaca citrina* (14), *Carbonea vorticosa* (9), *Lecanora polytropa* (12), *Lecidea cancriformis* (6), *Lepraria alpina* (5), *L. caerulescens* (8), *Leptogium puberulum* (13), *Ochrolechia frigida* (9), *Physcia caesia* (19), *Pseudophebe minuscula* (32), *Rhizoplaca melanophthalma* (9), *Rinodina olivaceobrunnea* (27), *Umbilicaria antarctica* (11), *U. aprina* (21), *U. decussata* (31), *Usnea sphacelata* (20) и *Xanthoria elegans* (24).

Флористическое богатство антарктических видов во многом обусловлено наличием эпилитных лишайников, доля которых составила около 80 % от общего видового состава лишайников в коллекции. К таким можно отнести: *Acarospora gwynnii*, *Amandinea petermannii*, *Buellia frigida*, *Calogaya saxicola*, *Cystocoleus ebeneus*, *Haematomma erythromma*, *Lecidea cancriformis*, *Pleopsidium chlorophanum*, *Rhizocarpon geographicum* и др. К эпигейным видам относится незначительное число видов (около 20 % от общей лишайниковой флоры в коллекции): *Cetraria aculeata*, лишайники рода *Cladonia* P. Browne и *Lepraria*, *Leptogium puberulum*, *Ochrolechia frigida*, *Psoroma hypnorum*, *Polycauliona candelaria*, *Xanthoria mawsonii* и др. К эпибриофитным лишайникам, т.е. к тем видам, которые растут на поверхности мхов, относятся: *Blastenia ammiospila*, *Massalongia carnosus*, *Polyozosia expectans*, *Physconia muscigena*, *Psoroma hypnorum* и некоторые другие. К нитрофильным лишайникам, отмеченным в местах гнездования птиц, относятся: *Candelaria murrayi*, *Candelariella flava*, *Flavoplaca citrina*, *Physcia caesia*, *P. dubia*, *Polycauliona candelaria* и *Xanthoria elegans*.

Заключение. В результате ревизии коллекции MSK-L выявлено 82 вида лишайников из 54 родов и установлено распространение видов лишайников в 11 локалитетах континентальной и морской Антарктики.

Работа проводилась в рамках темы: «Сохранение и функционирование гербария как национального достояния Республики Беларусь: грибы и лишайники (MSK-F, MSK-L) и коллекция культур грибов» и Государственной программы «Наукоемкие технологии и техника», подпрограммы «Мониторинг полярных районов Земли, создание белорусской антарктической станции и обеспечение деятельности полярных экспедиций на 2016–2020 годы», а также плановых тем «Флора и систематика лишайников и мохообразных России и фитогеографически важных регионов» № AAAA-A19-119 020 690 077-4 и «Гербарные фонды БИН РАН (история, сохранение, изучение и пополнение)» № AAAA-A18-118 022 090 078-2 Ботанического института им. В. Л. Комарова РАН.

Список использованных источников

1. Яцына, А. П. Академик М. П. Томин / А. П. Яцына, А. В. Пугачевский. Нац. акад. наук Беларуси, Ин-т эксперим. ботаники им. В. Ф. Купревича. – Минск: Беларус. навука, – 2018. – 59 с. ил.
2. Convey, P. Terrestrial biodiversity in Antarctica – Recent advantages and future challenges / P. Convey // Polar Science. – 2010. – № 4. – P. 135–147.
3. Olech, M. Annotated checklist of Antarctic lichens and lichenicolous fungi / M. Olech. Institute of Botany of the Jagiellonian University. – Kraków, 2001. – 145 p.
4. Olech, M. Lichens of King George Island, Antarctica / M. Olech. Institute of Botany of the Jagiellonian University. – Kraków, 2004. – 393 p.
5. Olech, M. Lichens and lichenicolous fungi of Schirmacher Oasis Antarctica / M. Olech, S. M. Singh. National Centre for Antarctic and Ocean Research. – Goa, 2010. – P. 1–140.
6. Orange, A. Microchemical methods for the identification of lichens / A. Orange, P. W. James, F. J. White. – London: British Lichen Society, 2001. – 101 p.
7. Index Fungorum. [Electronic resource]. – Mode of acces: <http://www.indexfungorum.org>. – Date of access: 28.10.2020.
8. Андреев, М. П. Лишайники региона залива Прюдс (Восточная Антарктида) / М. П. Андреев // Новости систематики низший растений. – 2005. – Т. 39. – С. 189–198.
9. Øvstedal, D. O. Lichens of Antarctica and South Georgia: A guide to their identification and ecology / D. O. Øvstedal, R. I. Lewis Smith. – Cambridge, 2001. – 401 p.
10. Osyczka, P. Notes on the lichen genus *Lepraria* from maritime (South Shetlands) and continental (Schirmacher and Bunger Oases) Antarctica / P. Osyczka, M. Kukwa, M. Olech // Polar Biol. – 2010. – Vol. 33. – P. 627–634.
11. Saag, L. World survey of the genus *Lepraria* (Stereocaulaceae, lichenized Ascomycota) / L. Saag, A. Saag, T. Randlane // Lichenologist 41. – 2009. – P. 25–60.
12. Гигиняк, Ю. Г. Новые данные о лишайниках земли Эндерби (Восточная Антарктида) / Ю. Г. Гигиняк, А. П. Яцына, О. И. Бородин // Докл. Нац. акад. наук Беларуси. – 2012. – Т. 56, № 3. – С. 88–91.

Поступила 10.02.2021

В. В. Вежновец, И. И. Лапука

*Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по биоресурсам, Минск, Беларусь,
e-mail: vezhn47@mail.ru, ilya.lapua@yandex.ru*

ПРОСТРАНСТВЕННОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЗООПЛАНКТОНА И ЗООБЕНТОСА В ОЗЕРЕ БАРКОВЩИНА УШАЧСКОГО РАЙОНА БЕЛАРУСИ

Аннотация. Изучено таксономическое разнообразие, пространственное размещение зоопланктона и зообентоса в озере Барковщина с четким разделением водной толщи по температуре и полным отсутствием кислорода в гипolimнии и наличием здесь токсичного для водной фауны сероводорода. Разнообразие и количественные характеристики обоих сообществ максимальны на малых глубинах, где создаются благоприятные условия для жизнедеятельности, и резко снижаются с увеличением глубины, а в бескислородной и сероводородной зоне достигают своего минимума. Пространственная структура формируется в зависимости от концентрации кислорода и наличия сероводорода. Отсутствие кислорода и наличие сероводорода значительно обедняют водную фауну, что более отчетливо проявляется на бентосных животных.

Ключевые слова: зоопланктон, зообентос, видовой состав, глубина, температура, содержание кислорода

V. V. Vezhnavecs, I. I. Lapuka

*Scientific and Practical Centre of the National Academy of Sciences of Belarus on Bioresources,
Minsk, Belarus, e-mail: vezhn47@mail.ru, ilya.lapua@yandex.ru*

SPATIAL DISTRIBUTION OF ZOOPLANKTON AND ZOOBENTHOS IN LAKE BARKOVSHCHINA USHACHSKY DISTRICT OF BELARUS

Abstract. The taxonomic diversity, spatial distribution of zooplankton and zoobenthos in Barkovschina lake with clear division of water column by temperature and complete absence of oxygen in hypolimnion and presence of hydrogen sulfide toxic for aquatic fauna here was studied. The diversity and quantitative characteristics of both communities are maximal at shallow depths, where favourable conditions for life activity are created, and decrease sharply with increasing depth, and reach their minimum in the oxygen-free and hydrogen sulphide-free zone. The spatial structure is formed depending on oxygen concentration and presence of hydrogen sulfide. Lack of oxygen and presence of hydrogen sulfide significantly impoverish aquatic fauna, which is more clearly manifested in benthic animals.

Keywords: zooplankton, zoobenthos, species composition, depth, temperature, oxygen content

В. В. Вежновец, И. И. Лапука

*Навукова-практычны цэнтр Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі па біярэсурсах, Мінск, Беларусь,
e-mail: vezhn47@mail.ru, ilya.lapua@yandex.ru*

ПРАСТОРАВАЕ РАЗМЕРКАВАННЕ ЗООПЛАНКТОНУ І ЗООБЕНТАСУ Ў ВОЗЕРЫ БАРКАЎШЧЫНА ЎШАЦКАГА РАЁНА БЕЛАРУСІ

Анатацыя. Вывучана таксанамічная разнастайнасць, прасторавае размяшчэнне зоопланктону і зообентасу ў возеры Баркаўшчына з выражаным падзелам воднай тоўшчы на тэмпературу і поўнай адсутнасцю кіслароду ў гіпалімініі і наяўнасцю тут таксічнага для воднай фаўны серавадароду. Разнастайнасць і колькасныя характарыстыкі абедзвюх супольнасцей максімальныя на малой глыбіні, дзе ствараюцца спрыяльныя ўмовы для жыццядзейнасці, і рэзка зніжаюцца з павелічэннем глыбіні, а ў бескіслароднай і серавадароднай зонах дасягаюць свайго мінімуму. Прастаравае структура фарміруецца ў залежнасці ад канцэнтрацыі кіслароду і наяўнасці серавадароду. Адсутнасць кіслароду і наяўнасць серавадароду значна збядняюць водную фаўну, што больш выразна праяўляецца на бентосных жывёлах.

Ключавыя словы: зоопланктон, зообентас, відавы склад, глыбіня, тэмпература, утрыманне кіслароду

Введение. Таксономическая, биоценотическая, трофическая и пространственная структура каждого конкретного водоема формируется и изменяется под влиянием конкретных экологических факторов. Тот или иной тип структуры характерен для определенных типов водоемов. В водных экосистемах видовое разнообразие формируется и поддерживается за счет гетерогенности условий обитания, создающихся также и за счет градиента основных экологических факторов, таких как температура и содержание кислорода в толще воды. В стратифицированных озерах за счет взаимодействий организмов с абиотической и биотической компонентами среды обитания создается и неравномерность в пространственном распределении основных сообществ.

В процессе эволюции и естественного эвтрофирования в озерных экосистемах изменяются основные абиотические условия. При этом в гипolimнионе и соответственно в бентали термически стратифицированных озер наблюдается недостаток кислорода или его отсутствие, что приводит к непригодности некоторых зон озер для обитания водных животных. Эти процессы сопровождаются и образованием сероводорода в глубинных слоях озер, который губительно действует на водную фауну. Исследованное озеро Барковщина уникально и характеризуется, кроме отсутствия кислорода в гипolimнионе, наличием обширной сероводородной зоны.

Цель работы – оценить влияние основных факторов среды обитания на таксономический состав, обилие и распределение зоопланктона и зообентоса озера Барковщина.

Материал и методы. Озеро Барковщина (Малая Долговщина) находится в Ушачском районе Витебской области Республики Беларусь. Принадлежит к бассейну реки Ушача, расположено в 8 км к югу от г. п. Ушачи, недалеко от села Вашкова, среди леса. Площадь озера составляет 0,16 км² при длине 0,76 и наибольшей ширине 0,3 км. Максимальная глубина – 21,8 м. Высшая водная растительность занимает мелководье и образует полосу шириной от 10 до 250 м [1].

Исследование зообентоса в оз. Барковщина проводили 6 августа 2019 г. Температура воды изменялась от 21,4 у поверхности до 4,4 °C у дна. Толща воды была четко разделена по содержанию кислорода. Содержание растворенного кислорода снижалось до глубины 3,5 м (от 8,86 до 3,2 мг/л), а глубже наблюдалась бескислородная зона (рис. 1) и присутствовал интенсивный запах сероводорода. Важным обстоятельством является тот факт, что в д. Вашково еще в XIX веке была открыта лечебница на минеральных родниках «Барковщина», которые и сегодня являются достопримечательностью. Здесь бьет четыре ключа, два из которых радоновые, один богат железом, а еще один – сероводородом. [2]. Это свидетельствует о том, что сероводородная зона в этом водоеме образуется не только из-за процессов внутренней трансформации органического вещества, но и пополняется из источника, что косвенно подтверждается относительно высокой прозрачностью воды до 3,5 м, характерной для мезотрофных водоемов.

Приведенное четкое распределение температуры и содержания кислорода (рис. 1) создается при слабом перемешивании из-за малой площади и укрытости от ветра. По мнению Б. П. Владова, озеро относится к меромиктическим водоемам.

Исходя из вертикального распределения перечисленных параметров, пробы зообентоса отбирали на восьми станциях разной глубины, а зоопланктона на максимальной глубине. При изучении пространственного распределения зоопланктона использовали фракционные ловы через 5 м глубины количественной замыкающей планктонной сетью с диаметром входного отверстия 25 см и диаметром пор сита около 100 мкм. Пробы консервировали 4 %-ным формалином. Расчеты средней глубины нахождения (H , м) рассчитывали по формуле:

$$H = \sum n \cdot h / \sum n,$$

где n – численность на глубине облова, h – глубина облова.

Измерение температуры и кислорода в толще воды проводили термооксиметром Hanna HI 9143. Прозрачность воды определяли по белому диску Секки. Пробы обрабатывали под бинокулярным микроскопом МБС-9. Уточнение морфологических признаков для идентификации

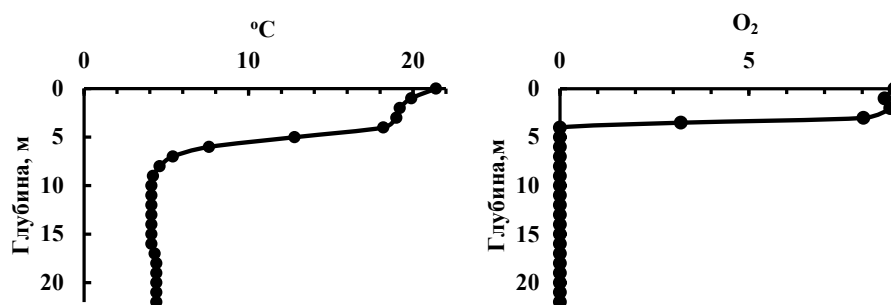


Рис. 1. Вертикальное распределение температуры (°C) и кислорода (O₂) в оз. Барковщина

животных проводили с использованием светового микроскопа проходящего света Jenaval с предельным увеличением $\times 600$ по определителям [3–10]. В основу систематической классификации положена система ITIS (Integrated Taxonomos Information System) (<http://www.itis.gov/>).

Результаты и их обсуждение. Зоопланктон озера состоял из 34 видов и форм (табл. 1), что характерно для такого типа озер. По видовому богатству преобладали коловратки (13 видов) и более 50 % встреченных животных. Относительно слабо представлены веслоногие ракообразные (только 4 вида), больше – ветвистоусые (Cladocera) (7 видов). Из редких видов, не характерных для планктона, был найден у дна мейобентическая форма – гарпактицида *Nitocrella hibernica* (Brady, 1880). На всех глубинах бескислородной зоны в зоопланктоне встречались личинки хаоборид, которые достаточно хорошо переносят условия дефицита кислорода. Из видов-индикаторов повышенной трофности встречены: коловратка *Anuraeopsis fissa fissa* (Gosse, 1851) и ветвистоусый рачек *Bosmina coregoni coregoni* (Baird, 1857). По количеству видов и составу доминирующего комплекса озеро относится к эвтрофным водоемам.

Т а б л и ц а 1. Количество видов и численность зоопланктона в оз. Барковщина

Показатель	Количество видов	%	тыс.экз/м ³	%
Rotifera	13	54,2	172,4	61,5
Copepoda	4	16,7	42,7	15,2
Cladocera	7	29,2	65,3	23,3
Всего	24	100,0	280,4	100,0

По встречаемости в планктоне этих видов, а также по величине общей численности 280,4 тыс.экз/м³, озеро относится к эвтрофным, несмотря на высокую величину прозрачности, характерную для мезотрофных озер. Численность коловратки преобладала над ракообразными и составила 61,5 %. Их виды и стали основой доминирующего по численности комплекса в этом озере (табл. 2), в который вошли еще науплиальные стадии развития циклопов и *Daphnia cucullata*. По соотношению численности кладоцера/копепода [11] озеро также можно отнести к эвтрофным.

Т а б л и ц а 2. Доминирующий комплекс видов в оз. Барковщина

Вид	% численности
<i>Filinia major</i> (Colditz, 1914)	26,9
<i>Kellicottia longispina</i> (Kellicott, 1879)	12,0
<i>Keratella quadrata</i> (Muller, 1786)	9,0
<i>Cyclopoida nauplii</i>	5,3
<i>Daphnia cucullata</i> (Sars, 1862)	9,0

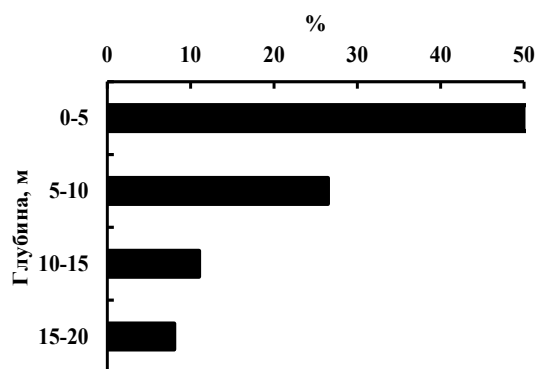


Рис. 2. Вертикальное распределение численности зоопланктона в оз. Барковщина

Распределение зоопланктона по горизонтам зависело от температуры и кислорода, 54 % всего зоопланктона концентрировалось в верхнем 5-метровом слое воды, в котором кислород не лимитировал развитие животных. Остальная часть зоопланктонного сообщества располагалась ниже, постепенно снижая численность с глубиной (рис. 2).

Изменение численности по вертикали у основных групп повторяло общую картину для всего зоопланктона, но отличалось степенью концентрации животных в эпилимнионе. Более равномерно в пространстве были распределены коловратки (рис. 3). В верхнем слое воды их было 38,5 %, и далее ко дну шло постепенное снижение численности.

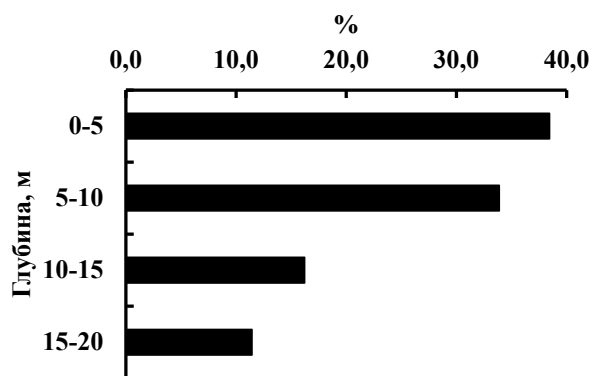


Рис. 3. Вертикальное распределение численности коловраток

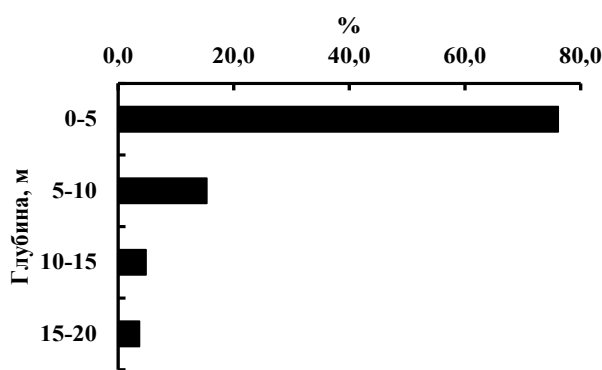


Рис. 4. Распределение веслоногих ракообразных в толще воды оз. Барковщина

На втором месте по избеганию неблагоприятных условий в мета- и гипolimнии стоят веслоногие ракообразные (рис. 4). Их относительная плотность в верхнем слое воды составила 76,1 %.

Наибольшая концентрация до 89,2 % наблюдалась у ветвистоусых ракообразных (рис. 5).

Если сравнивать все три группы по величине средней глубины размещения, то для коловраток эта величина составляет 7,5, копепоид – 4,3, кладоцеры имеют среднюю глубину 3,6 м (табл. 3).

Из коловраток глубже всего находится *Filinia major*, ее средняя глубина размещения в этом озере днем составляет 10,5 м, у поверхности обитает *Ascomorpha ecaudis* – 2,5 м. Из копепоид у дна при полном отсутствии кислорода встретился представитель придонной фауны и интерстициали *Nitocrella hibernica*, остальные виды были в слое 0–5 м. Для ветвистоусых раков *Daphnia longispina* максимальная глубина составляла 6,3, а для доминирующего вида *Daphnia cucullata* средний показатель обитания – 3 м (табл. 3).

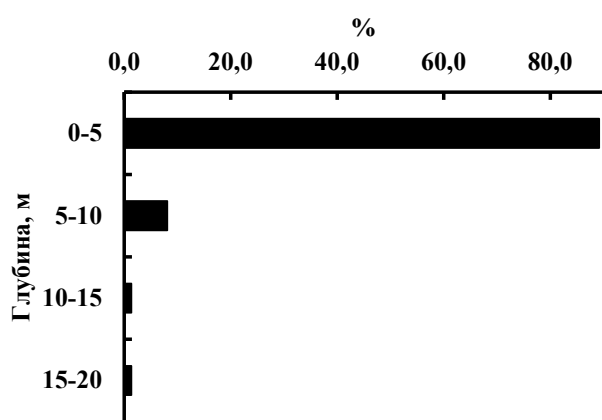


Рис. 5. Вертикальное распределение численности ветвистоусых ракообразных

Таблица 3. Средняя глубина размещения видов в толще воды

Вид	H, м
<i>Anuraeopsis fissa fissa</i> (Gosse, 1851)	4,2
<i>Ascomorpha ecaudis</i> (Perty, 1850)	2,5
<i>Ascomorpha saltans</i> (Bartsch, 1870)	5,0
<i>Asplanchna priodonta priodonta</i> (Gosse, 1850)	5,6
<i>Collotheca pelagica</i> (Rousselet, 1893)	2,5
<i>Filinia major</i> (Colditz, 1914)	10,5
<i>Kellicottia longispina</i> (Kellicott, 1879)	4,8
<i>Keratella cochlearis cochlearis</i> (Gosse, 1851)	5,1
<i>Keratella quadrata</i> (Muller, 1786)	5,8
<i>Polyarthra dolichoptera dolichoptera</i> (Idelson, 1925)	8,0
<i>Polyarthra major</i> (Burckhardt, 1900)	4,2
<i>Polyarthra remata</i> (Skorikov, 1896)	5,6
<i>Synchaeta pectinata</i> (Ehrenberg, 1832)	6,8

Вид	H, м
Среднее для Rotifera	7,5
<i>Cyclopoida nauplii</i>	5,4
<i>Cyclopoida copepodit</i>	4,3
<i>Diaptomus nauplii</i>	4,0
<i>Diaptomus copepodit</i>	2,6
<i>Eudiaptomus graciloides</i> (Lilljeborg, 1888)	2,8
<i>Mesocyclops leuckarti</i> (Claus, 1857)	4,1
<i>Thermocyclops oithonoides</i> (Sars, 1863)	3,2
<i>Nitocrella hibernica</i> (Brady, 1880)	17,5
Среднее для Copepoda	4,3
<i>Bosmina coregoni coregoni</i> (Baird, 1857)	3,1
<i>Ceriodaphnia quadrangula hamata</i> (Sars, 1862)	5,3
<i>Daphnia cristata</i> (Sars, 1862)	4,2
<i>Daphnia cucullata</i> (Sars, 1862)	3,0
<i>Daphnia galeata</i> (Sars, 1863)	5,4
<i>Daphnia longispina</i> (O. F. Muller, 1785)	6,3
<i>Diaphanosoma brachiurum</i> (Lievin, 1848)	3,2
Среднее для Cladocera	3,6
Rotifera+Copepoda+ Cladocera	6,1

Из приведенных в таблице видов только коловратка *Filinia major* размещалась относительно глубже других видов. Этот вид образовывал максимум в слое 5–10 м, что свидетельствует о его способности переносить низкое содержание кислорода и наличие сероводорода. Сходное распределение этого вида нами наблюдалось в восточном заливе оз. Северный Волос, где этот вид занимал глубину от 10 до 18 м при наличии сероводорода. В целом следует отметить отсутствие в зоопланктоне холодолюбивых видов, способных развиваться при низкой температуре в гипolimнионе, но при достаточном количестве кислорода. Обычно в таких условиях развиваются веслоногие ракообразные рода *Cyclops*, а в менее трофных водах – реликтовые ракообразные [12].

Таким образом, зоопланктон в оз. Барковщина распределяется в озере по глубинам крайне неравномерно. При отсутствии кислорода в нижележащих слоях основная масса приурочена к верхнему эпилимниальному слою. Вертикальное распределение основных групп неодинаково, коловратки более равномерно распределены по вертикали, чем ракообразные. Все ракообразные сконцентрированы в более аэрируемых верхних слоях воды, при этом наибольшая агрегированность животных наблюдается у ветвистоусых.

Зообентос. Видовое богатство зообентоса было представлено 35 таксонами от вида и выше. Если сравнивать с мезотрофным оз. Сита, где пробы отбирались в тот же период, то количество таксонов в оз. Сито было 47, что на 12 таксонов больше. Наибольшим количеством были отмечены представители отряда двукрылых – 12 таксонов.

Наиболее распространенный показатель значимости вида в сообществе – его встречаемость (P , %). При этом различают абсолютную встречаемость – отношение количества проб, в которых обнаружен данный таксон, к общему количеству проб, и относительную встречаемость – отношение абсолютной встречаемости к сумме регистраций всех таксонов биоценоза. Наиболее часто употребляется следующая шкала встречаемости: константные таксоны – встречаемость более 50 %, второстепенные – 25–50 %, случайные – менее 25 % [13]. Константный таксон в данном озере был только один: *Chaoborus crystallinus* (De Geer, 1776) (63 %). Второстепенных было 9 таксонов: *Oligochaeta gen. spp.*, *Polypedilum nubeculosum* (Meigen, 1804) – 38 %; *Viviparus viviparus* (Linnaeus 1758), *Stylaria lacustris* (Linnaeus, 1767), *Caenis horaria* (Linnaeus, 1758), *Chironomus gr. plumosus* (Meigen, 1830), *Cladotanytarsus mancus* (Walker, 1856), *Dicrotendipes*

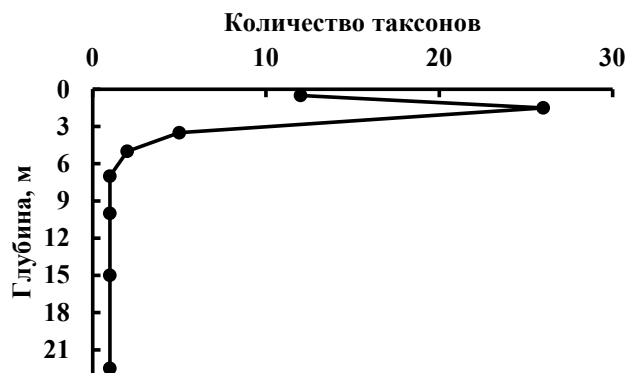


Рис. 6. Изменение видового богатства зообентоса по глубинам

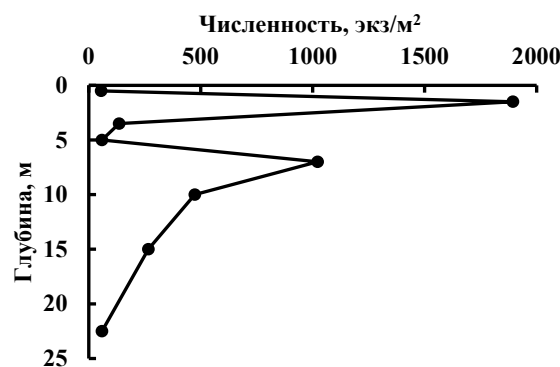


Рис. 7. Распределение численности зообентоса по глубинам

nervosus (Staeger, 1839), *Procladius* sp. – 25 %. Остальные таксоны относятся к случайным. Из полученных данных видно, что наибольшей значимостью в связи с недостатком кислорода обладают некоторые представители двукрылых и олигохеты, которые могут переносить дефицит кислорода. Максимальное количество было на глубине 1,5 м (26); минимальное (1) располагалось от 7 до 22,5 м (рис. 6), здесь зарегистрирован только *Chaoborus crystallinus*.

На рис. 6 видно, что после глубины 1,5 м, где было отмечено максимальное количество таксонов, идет постепенное снижение количества зарегистрированных таксонов. Снижение видового богатства имеет прямую зависимость как от количества растворенного кислорода ($r = 0,9$; $p \leq 0,01$), так и от температуры воды ($r = 0,73$; $p \leq 0,05$).

Численность зообентоса в оз. Барковщина колебалась от 56 до 1881,5 экз./м², при средней численности 499,6 экз./м² (рис. 7), согласно О. Ф. Якушко, озеро относится к эвтрофному типу [14].

Распределение численности, как и количества таксонов по глубинам, шло от прибрежья до глубины 1,5 м. Далее численность снижалась с достаточно большим всплеском на глубине 7 м, который обусловлен обильным развитием личинок отряда двукрылых (Diptera).

В литоральной зоне зарегистрированы представители отряда стрекоз (*Erythromma* sp. – 12 экз./м²) и семейства хирономид (*Cladotanytarsus mancus* и *Dicrotendipes nervosus* – по 10 экз./м²). Данные таксоны являются обычными обитателями литоральной зоны [15,16], что и объясняет их встречаемость и относительно других таксонов высокую численность. Максимум плотности на 1,5 м частично обусловлен развитием двусторчатого *Dreissena polymorpha* (Pallas, 1771), который составил на этой глубине треть численности зообентоса – 592,6 экз./м². Вторым по численности таксоном являлся *Olygochaeta* sp. – 266,7 экз./м². Эта глубина характеризовалась самым большим видовым разнообразием и около 50 % численности равномерно распределялась между личинками хирономид (*Dicrotendipes nervosus* – 103,7 экз./м², *Fleuria lacustris* (Kieffer, 1924) – 118,5 экз./м²), ракообразных *Asellus aquaticus* (Linnaeus, 1758) – 192,6 экз./м²) и др. таксонами. На глубине 3,5 м, как и в прибрежной зоне, доминировали представители олигохет (*Olygochaeta* sp. – 44,4 экз./м²) и хирономид (*Tanytus* sp. – 74,1 экз./м²). Пик плотности на 7 м обеспечен планктонобентическими личинками *Chaoborus crystallinus*.

Численность *Chaoborus crystallinus* возрастала с глубины 5 до 7 м от 44,4 до 1022,2 экз./м², и далее постепенно падала до 59,3 экз./м² на максимальной глубине. Объяснить такое преваширование хаоборид, начиная с глубины 5 м, и отсутствие других таксонов зообентоса можно тем, что они способны переносить низкое содержание кислорода. Кроме того, содержание сероводорода в воде даже в самых малых концентрациях смертельно для многих водных организмов [17], но, согласно [18], личинки хаоборид приспособились к выживанию в таких условиях, имеют суточные миграции в толще воды, ночью перемещаясь к поверхности, а в дневное время личинки «отдыхают» в анаэробной грязи. Описанный адаптационный механизм позволяет им выживать при отсутствии кислорода и наличии летальных для других животных концентраций сероводорода.

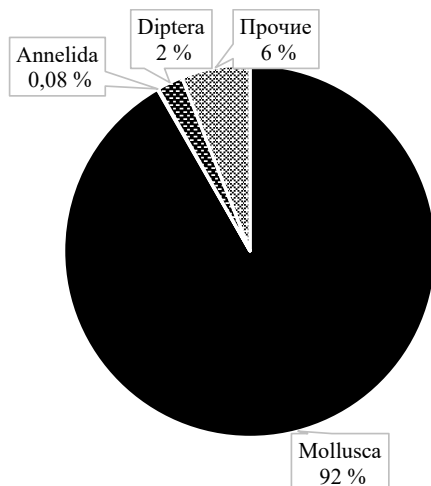


Рис. 8. Распределение биомассы по основным таксономическим группам в оз. Барковщина

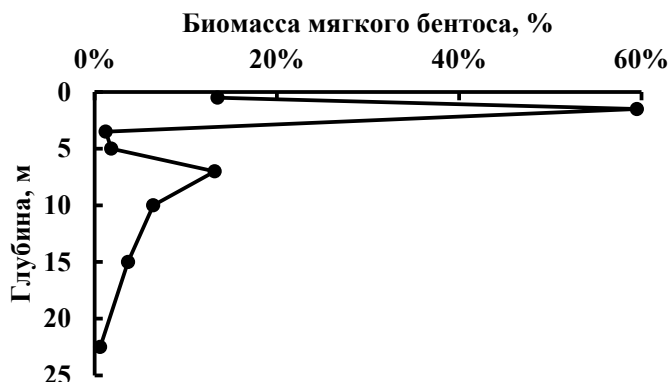


Рис. 9. Распределение биомассы мягкого зообентоса по глубине в оз. Барковщина

Биомасса оз. Барковщина колебалась от 0,2 до 379,8 г/м², при средней биомассе 49,6 г/м². Такие значения характерны для высокотрофных водоемов и объясняются малыми величинами в малоприводной для жизни бескислородной зоне. Распределение биомассы по основным таксонам в оз. Барковщина было представлено явным доминированием типа моллюски (рис. 8).

Такое распределение биомассы по основным таксонам было определено воздействием экологических факторов: в большей степени количеством растворенного кислорода, что обусловило обильное развитие моллюсков и концентрированность биомассы зообентоса до глубины 1,5 м. Возможно, такие условия не дают развиваться другим таксонам, в том числе и мягкому бентосу.

Распределение биомассы по глубинам полностью повторяет график распределения численности зообентоса. Наибольшая биомасса была отмечена на глубине 1,5 м (379,8 г/м²) за счет большой биомассы моллюсков (360,3 г/м²). После глубины 1,5 м биомасса, как и численность, шла на спад с небольшим возрастанием на глубине 7 м. Также после глубины 1,5 м биомасса определялась только мягким зообентосом, в частности, с глубины 7 м всю биомассу, как и численность, составляли двукрылые (рис. 9).

Таким образом, при наличии четкого разделения водной толщи по температуре, содержанию кислорода и наличию сероводорода наблюдается пространственная структура, зависящая от этих ведущих факторов. Пространственное распределение таксономического разнообразия и количественных показателей зообентоса в сероводородном оз. Барковщина полностью повторяет ход концентрации кислорода и зависит от него, что подтверждается статистически. Наличие сероводорода значительно обедняет ниже лежащие слои воды, начиная с глубины 3,5 м, отрицательно влияет на таксономическое разнообразие, количественное развитие зообентоса. Согласно полученным данным, для оз. Барковщина сложно определить уровень трофии, так как по численности зообентоса озеро относится к эвтрофному типу, по биомассе – высокотрофному, а по прозрачности – к мезотрофному. Для определения трофического статуса подобных водоемов необходимо учитывать неравномерность в распределении и максимальную концентрацию животных в очень узком аэрируемом слое воды. В нашем случае скопления дрейссены на малой глубине определили большую биомассу, не характерную для этого типа озер.

Заключение. Пространственное распределение зоопланктона и зообентоса в оз. Барковщина крайне неравномерное и зависит от концентрации кислорода и наличия сероводорода в глубоких слоях воды. Основная часть этих сообществ размещается в прибрежье и эпилимнионе, где создаются благоприятные условия для жизнедеятельности. Отсутствие кислорода в ниже лежащих слоях резко снижает таксономическое разнообразие, основная масса животных

приурочена к верхнему эпилимниальному слою. Вертикальное распределение основных групп и даже отдельных популяций, входящих в сообщества, неодинаково: в зоопланктоне коловратки более равномерно распределены по вертикали, чем ракообразные и глубже расположены. Ракообразные более сконцентрированы в аэрируемых верхних слоях воды, при этом наибольшая концентрация животных наблюдается у ветвистоусых ракообразных. Из организмов зообентоса только личинки хаборид днем населяют бескислородную насыщенную сероводородом зону.

Благодарности. Работа частично поддержана Белорусским республиканским фондом фундаментальных исследований (грант № Б20МС-017).

Список использованных источников

1. Блакітная кніга Беларусі: Энцыклапедыя: рэдкал. Н. Ф. Дзісько [і інш.]. – Минск: БелЭн, 1994. – 415 с.
2. Planeta Belarus [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://planetabelarus.by>. – Дата доступа: 26.01.2021.
3. Мануйлова, Е. Ф. Ветвистоусые рачки (Cladocera) фауны СССР / Е. Ф. Мануйлова. Определители по фауне СССР. – М.-Л.: Наука, 1964. – Т. 88. – 326 с.
4. Кутикова, Л. А. Коловратки фауны СССР / Л. А. Кутикова. Определители по фауне СССР. – Л.: Наука, 1970. – Т. 104. – 744 с.
5. Монченко, В. И. Свободноживущие циклопообразные копеподы Понто-Каспийского бассейна / В. И. Монченко. – Киев: Наукова думка, 2003. – 350 с.
6. Боруцкий, Е. В. Определитель Calanoida пресных вод СССР / Е. В. Боруцкий, Л. А. Степанова, М. С. Кос. – Л.: Наука, 1991. – 504 с.
7. Качалова, О. Л. Отряд ручейники Trichoptera / О. Л. Качалова, Л. А. Кутикова, Я. И. Старобогатов // Определитель пресноводных беспозвоночных Европейской части СССР. – Л.: Гидрометеоиздат, 1977. – С. 477–510.
8. Лукин, Е. И. Класс пиявки Hirudinea / Е. И. Лукин, Л. А. Кутикова, Я. И. Старобогатов // Определитель пресноводных беспозвоночных Европейской части СССР. – Л.: Гидрометеоиздат, 1977. – С. 201–212.
9. Макаренченко, Е. А. Семейство комары звонцы Chironomidae / Е. А. Макаренченко, С. Я. Цалохин // Определитель пресноводных беспозвоночных России и сопредельных территорий. – СПб., 1999. – Т. 4. – С. 210–296.
10. Попова, А. Н. Отряд стрекозы Odonata / А. Н. Попова, Л. А. Кутикова, Я. И. Старобогатов // Определитель пресноводных беспозвоночных Европейской части СССР. – Л.: Гидрометеоиздат, 1977. – С. 266–287.
11. Петрович, П. Г. Зоопланктонное сообщество как показатель типологии озер Беларуси / П. Г. Петрович, П. А. Митрахович, С. А. Бойкова; в сб.: Биологические основы освоения, реконструкции и охраны животного мира Белоруссии. – Минск: Наука и техника, 1983. – С. 18–19.
12. Вежновец, В. В. Пространственное распределение *Limnocalanus grimaldii* var. *macrurus* Sars в оз. Ю. Волос / В. В. Вежновец; в сб.: Итоги и перспективы гидробиологических исследований в Белоруссии. – Минск, 1983. – С. 83–88.
13. Количественные методы экологии и гидробиологии: сб. науч. тр., посвящ. А. И. Баканова / Отв. ред. чл.-корр. РАН Г. С. Розенберг. – Тольятти: СамНЦ РАН, 2005. – 42 с.
14. Озера Беларуси: Справ. Б. П. Власов [и др.]. – Минск, 2004. – 284 с.
15. Karatayev, A. Y. Some patterns of the vertical distribution of macrozoobenthos in the littoral zone of thermal power plant's cooling reservoirs / A. Y. Karatayev, I. V. Karatayeva // Hydrobiological Journal. – 1992. Vol. 27(5). – P. 7–15. Translated into English from Gidrobiologicheskii Zhurnal. – 1991. – Vol. 27(2). – P. 19–26.
16. Лапука, И. И. Таксономическая и пространственная структура зообентоса трансграничного (Беларусь–Латвия) озера Сита / И. И. Лапука, В. В. Вежновец, А. А. Шкуте // Вес. Нац. акад. навук Беларусі. Сер. біял. навук. – 2021 – Т. 66, № 1 – С. 53–63. <https://doi.org/10.29235/1029-8940-2021-66-1-53-63>
17. Лоскутова, О. А. Сообщества беспозвоночных в сероводородных источниках крайнего севера (бассейн р. Уса, Россия) / О. А. Лоскутова [и др.]: тр. Карельского науч. центра РАН. – 2020. – № 1. – С. 71–86. DOI: 10.17076/bg1130
18. A comparison of results from previous and present investigations of benthic macroinvertebrates in the small and shallow Lake Shoji, Fuji Five Lakes / K. Hirabayashi // Japan. Fauna norvegica. – 2012. – Vol. 31. – P. 47–54.

Поступила 10.02.2021

Ф. В. Сауткин, М. В. Лазаренко, С. В. Буга

Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь, e-mail: zoo@bsu.by

**НАСЕКОМЫЕ – ВРЕДИТЕЛИ СВИДИН И ДЁРЕНОВ (*CORNUS* s.l.)
В ДЕКОРАТИВНЫХ ЗЕЛЕННЫХ НАСАЖДЕНИЯХ БЕЛАРУСИ**

Аннотация. По результатам анализа данных многолетних исследований установлен таксономический состав комплекса фитофагов, повреждающих свидины и дёрены (*Cornus* L.) в условиях декоративных зеленых насаждений Беларуси, включающего 16 видов насекомых, принадлежащих к 12 семействам: 6 видов хоботных (Rhynchota), 3 вида жесткокрылых (Coleoptera), 5 видов чешуекрылых (Lepidoptera) и 2 вида двукрылых (Diptera). Из них чужеродными для фауны Беларуси являются, как минимум, 2 вида – бодушка бизонья (*Stictocephala bisonia* Kopp & Yonke) и скосарь Смречинского (*Otiorhynchus smreczynskii* Smoluch), которые осуществили инвазию на территорию страны в последние десятилетия. Большинство в составе комплекса составляют грызуны, открытоживущие формы, полифаги, представители всесезонной фенологической группы. Среди сосущих фитофагов присутствуют как флоэмо-, так и ксилемососущие формы, большинство грызущих фитофагов скелетирует и перфорирует листовые пластинки. Каулобионты 3 вида кокцид, *S. bisonia* повреждает как побеги, так и листовые пластинки. Личинки молей-чехлоносков семейства Coleophoridae обитают в сооружаемых ими чехликах, кизиловой минирующей мушки (*Phytomyza agromyzina* Mg.) – в листовых минах, тогда как свидинной листовой галлицы (*Craneiobia corni* (Giraud)) инициируют формирование ореховидных листовых галлов. В состав ядра устойчивого комплекса фитофагов свидин и дёрен входит 8 видов, характеризующихся постоянным присутствием и высокой вредоносностью для этих кустарников в условиях декоративных зеленых насаждений Беларуси, в их числе 3 вида хоботных (Rhynchota), 2 вида жесткокрылых (Coleoptera), 2 вида чешуекрылых (Lepidoptera), а также 1 вид двукрылых (Diptera) насекомых.

Ключевые слова: биологические инвазии, декоративные кустарники, интродуценты, фитофаги, чужеродные виды фауны

F. V. Sautkin, M. V. Lazarenko, S. V. Buga

Belarusian State University, Minsk, Belarus, e-mail: zoo@bsu.by

PESTS OF DOGWOODS (*CORNUS* s.l.) IN GREEN AREAS IN BELARUS

Abstract. In Belarus 16 species of phytophagous insects (Insecta: Rhynchota, Coleoptera, Lepidoptera, Diptera) damage dogwoods (*Cornus* s.l.) in green areas: *Anoecia corni* (F.), *Aphis salicariae* Koch, *Lepidosaphes ulmi* (L.), *Parthenolecanium corni* (Bouche), *Pulvinaria vitis* (L.), *Stictocephala bisonia* Kopp & Yonke, *Phyllopertha horticola* (L.), *Phyllobius pyri* (L.), *Otiorhynchus smreczynskii* Smoluch, *Coleophora anatipenella* (Hüb.), *Coleophora ahenella* Heinemann, *Antispila metallella* (Den. & Schiff.), *Acleris umbrana* (Hüb.), *Pandemis corylana* (F.), *Phytomyza agromyzina* Mg. and *Craneiobia corni* (Giraud). Among them, at least the buffalo treehopper (*S. bisonia*) and a weevil *O. smreczynskii* Smoluch are alien species in the fauna of Belarus. Most of phytophagous insects are open-living, polyphagous pests, belonging to the all-season phenological group, which skeletonize and perforate leaf blades. Coccids are xylem-sucking insects inhabiting bark of shoots and branches. *S. bisonia* damages both shoots and leaf blades. Larvae of case-bearing moths (Coleophoridae) live in the cases they made, larvae of leaf-miner fly *Ph. agromyzina* create leaf mines, larvae of gall midges *C. corni* initiates the formation of leaf galls. The list of the most common and pestful phytophagous insects damaging dogwoods in green areas in Belarus includes 8 species: 3 species of Rhynchota, 2 species of Coleoptera, 2 species of Lepidoptera, and 1 species of Diptera.

Keywords: alien species, biological invasions, introduced plants, ornamental shrubs, phytophagous species

Ф. В. Сауткін, М. У. Лазарэнка, С. У. Буга

Беларускі дзяржаўны ўніверсітэт, Мінск, Беларусь, e-mail: zoo@bsu.by

**НАСЯКОМЫЯ – ШКОДНІКІ СВДІЗІН І ДЗЁРАНАЎ (*CORNUS* s.l.) У ДЭКАРАТЫЎНЫХ
ЗЯЛЁНЫХ НАСАДЖЭННЯХ БЕЛАРУСІ**

Анатацыя. Па выніках аналізу дадзеных шматгадовых даследаванняў высветлены таксанамічны склад комплексу фітафагаў, пашкоджваючых свідзіны і дзёраны (*Cornus* L.) ва ўмовах дэкаратыўных зялёных насаджэнняў Беларусі, які ўключае 16 відаў насякомых, які належаць да 12 сямействаў: 6 відаў хобатных (Rhynchota), 3 – цвёрдакрылых (Coleoptera), 5 – лускакрылых (Lepidoptera), 2 віды – двухкрылых (Diptera). З іх чужароднымі для фаўны Беларусі з'яўляюцца, як мінімум, 2 віды: *Stictocephala bisonia* Kopp & Yonke і *Otiorhynchus smreczynskii* Smoluch, якія ажыццявілі інвазію на тэрыторыю краіны ў апошнія дзесяцігоддзі. Большасць комплексу складаюць грызучыя, шмат'ядныя фітафагі, прадстаўнікі агульна-сезоннай фенолагічнай групы. Сярод сосучых фітафагаў прысутнічаюць як флаэма-, так і ксілемасосучыя формы, большасць скелетуе ліставыя пласцінкі. Каўлабіёнтныя какцыды (Coccoidea), *S. bisonia* перашкоджваюць як галіны раслін, так і ліставыя пласцінкі. Лічынкі лускакрылых сямейства Coleophoridae жывуць у пабудаваных імі ж чахолчыках, мініруючай мушкі *Phytomyza agromyzina* Mg. – у ліставых мінах, ліставой галіцы *Craneiobia corni* (Giraud) ініцыююць фарміраванне ліставых галаў. У склад ядра ўстойлівага комплексу фітафагаў свідзін і дзёранаў уваходзіць 8 відаў, якія характарызуюцца пастаянным прысутнасцю і высокай шкоднасцю ў адносінах да дзёранаў ва ўмовах дэкаратыўных зялёных насаджэнняў Беларусі, у іх ліку 3 віды хобатных (Rhynchota), 2 віды цвёрдакрылых (Coleoptera), 2 віды лускакрылых (Lepidoptera), а таксама 1 від двухкрылых (Diptera) насякомых.

Ключавыя словы: біялагічныя інвазіі, дэкаратыўныя расліны, інтродуцэнты, фітафагі, чужародныя віды фаўны

Введение. В настоящее время дёрен белый (*Cornus alba* L.) принадлежит к числу наиболее широко представленных в зеленых насаждениях Беларуси кустарников, линейные посадки (зеленые изгороди) *C. alba* весьма характерны не только для декоративных посадок в населенных пунктах, но и придорожных полос вне их границ. В мировой флоре известно более 50 видов древесно-кустарниковых растений ботанического рода *Cornus* L. [1–4]. В условиях Беларуси естественно произрастает 1 вид – дёрен кроваво-красный, или свидина кроваво-красная (*Cornus sanguinea* (L.) Oriz) [1–3, 5]. Нетребовательность к почвенным условиям, способность к быстрому разрастанию, высокая устойчивость к неблагоприятным условиям городской среды и ценные декоративные качества дёрен обуславливают их популярность в практике зеленого строительства. Эффектный вид в летнее время имеют их крупная листва и белые цветки, а после листопада – яркоокрашенные ветви и плоды [1, 2, 4]. Дёрены рекомендовались [1, 4] для использования при формировании в парковых насаждениях подлеска, оформления опушек, в одиночных и групповых посадках, но преобладающим вариантом применения стали именно живые изгороди. Неприхотливость этих растений, простота технологии выращивания посадочного материала обусловили широчайшее использование в посадках именно дёрена белого, и лишь в последние десятилетия, наряду с сокращением использования в создаваемых и реконструируемых насаждениях собственно дёрена белого, стали шире вводиться в них другие виды и декоративные формы (особенно ‘Argenteo-marginata’). Интродукционные испытания в условиях Беларуси прошли по меньшей мере 20 видов и садовых форм дёрен: дёрен белый (*C. alba* L.), дёрен белый пестролистный (*C. alba* ‘Argenteo-marginata’), дёрен белый Шпета (*C. alba* ‘Spaethii’), дёрен очереднолистный (*Cornus alternifolia* L.), дёрен душистый (*Cornus amomum* Mill.), дёрен шероховатolistный (*Cornus asperifolia* Michx.), дёрен южный (*Cornus australis* C. A. Mey), дёрен Бейли (*Cornus baileyi* Goult et Evans), дёрен Бретшнейдера (*Cornus bretschneideri* L. Henry), дёрен корейский (*Cornus coreana* Wanger), дёрен цветущий (*Cornus florida* L.), дёрен женский (*Cornus foemina* Mill.), дёрен оголенный (*Cornus glabrata* Benth), дёрен мужской, кизил обыкновенный, или настоящий (*Cornus mas* L.), дёрен косой (*Cornus obliqua* Raf.), дёрен седolistный (*Cornus poliophylla* C. K. Schneid et Wanger), дёрен опушенный (*Cornus pubescens* Nutt.), дёрен кистеобразный, или метельчатый (*Cornus racemosa* Lam.), дёрен карликовый (*Cornus pumila* Koehne) и дёрен укореняющийся, или отпрысковый (*Cornus stolonifera* Michx.) [1, 4, 6, 7]. Большинство из них представлено в насаждениях арборетума и ландшафтного парка Центрального ботанического сада (ЦБС) НАН Беларуси [6, 7]. Для зеленого строительства в Беларуси рекомендованы: аборигенная свидина кроваво-красная и интродуцированные кизил настоящий, дёрен белый, дёрен Бейли, дёрен метельчатый и дёрен укореняющийся [1, 4, 6, 7]. Кизил настоящий, или дёрен мужской (*C. mas*) принадлежит к числу новых, нетрадиционных для садоводства Беларуси плодовых культур; появление морозоустойчивых сортов создало предпосылки для его выращивания по меньшей мере садоводами-любителями.

Деятельность повреждающих декоративные растения фитофагов является фактором, снижающим эстетическую ценность зеленых насаждений, что негативно сказывается на выполнении ими рекреационной и архитектурно-планировочной функций. Отдельные вредители свидин и дёрен в условиях зеленых насаждений Беларуси упоминаются в обобщающих монографиях по болезням и вредителям декоративных растений [8–11], их видовой состав рассмотрен в единственной тематической публикации [12] и требует уточнений (дополнений). Рассмотрение таксономического состава, основных аспектов биологии, экологии и вредоносности насекомых – фитофагов дёрен и свидин в условиях декоративных зеленых насаждений Беларуси и является предметом настоящей работы.

Материал. В основу анализа положены данные многолетних (с 1984 г.) учетов и наблюдений, выполнявшихся в разных типах насаждений на территории всех интродукционно-дендрологических районов Беларуси, выделенных академиком Н. Д. Нестеровичем [13], с использованием стандартных методов энтомофитопатологических исследований [14–18]. Детализированные обследования интродуцентов осуществляли в арборетуме и ландшафтном парке ЦБС НАН Беларуси. Рандомизированный отбор поврежденных фитофагами листьев производили в zip-

пакеты для временного хранения, в последующем материал гербаризировали согласно стандартной методике [19]. Для визуализации данных использовали средства свободно распространяемого офисного пакета LibreOffice 7.0 [20].

Результаты и их обсуждение. За период исследований было отмечено 16 видов фитофагов, повреждающих надземные части кустарников рода *Cornus* в условиях разного типа зеленых насаждений. Данные об их видовом составе, систематической принадлежности, характере биологии, экологии и вредоносности обобщены в таблице.

Таксономический состав, особенности биологии, экологии и вредоносности фитофагов свидин и дёрен (Cornus s.l.) в условиях декоративных зеленых насаждений Беларуси

Вид	Семейство	Характер распространения	Образ жизни	Группа по типу питания	Широта трофической специализации	Топоспецифичность	Тератогенность	Фенологическая группа:
<i>Anoecia corni</i> (F.)	Anoeciidae	П	С/О	С	М	М	Д	В
<i>Aphis salicariae</i> Koch	Aphididae	С	С/О	С	М	М	Д	ВЛ
<i>Lepidosaphes ulmi</i> (L.)	Diaspididae	П	О	С	П	К	Н	В
<i>Parthenolecanium corni</i> (Bouche)	Coccidae	П	О	С	П	К	Н	В
<i>Pulvinaria vitis</i> (L.)	Coccidae	П	О	С	П	К	Н	В
<i>Stictocephala bisonia</i> Kopp & Yonke	Membracidae	Р	О	С	П	К/Ф	Н	ЛО
<i>Phyllopertha horticola</i> (L.)	Scarabaeidae	П	О	Г	П	Р/Ф	Н	ВЛ
<i>Phyllobius pyri</i> (L.)	Curculionidae	П	О	Г	П	Р/Ф	Н	ВЛ
<i>Otiorhynchus smreczynskii</i> Cmoluch	Curculionidae	Л	О	Г	П	Р/Ф	Н	ВЛ
<i>Coleophora anatipennella</i> (Hübner)	Coleophoridae	С	С	Г	П	Ф	Н	В
<i>Coleophora ahenella</i> Heinemann	Coleophoridae	Р	С	Г	П	Ф	Н	В
<i>Antispila metallella</i> (Den. & Schiff.)	Heliozelidae	С	С	Г	М	Ф	Н	Л
<i>Acleris umbrana</i> (Hübner)	Tortricidae	С	С/О	Г	П	Ф	Н	Л
<i>Pandemis corylana</i> (F.)	Tortricidae	П	С/О	Г	П	Ф	Н	ВЛ
<i>Phytomyza agromyzina</i> Mg.	Agromyzidae	С	С	Г	М	Ф	Н	ЛО
<i>Craneobia corni</i> (Giraud)	Cecidomyiidae	С	С	См	М	Ф	Т	Л

Примечание. **Характер распространения:** Л – локальное, П – повсеместное, Р – региональное, С – спорадическое. **Образ жизни:** О – открытоживущие, С – скрытоживущие. **Группа по типу питания:** Г – грызуны, С – сосущие, См – со смешанным питанием. **Широта трофической специализации:** М – монофаги, П – полифаги, УО – узкие олигофаги, ШО – широкие олигофаги. **Топоспецифичность:** К – каулобиоты, М – меристемофилы, Р – ризобиоты, Ф – филлобиоты. **Тератогенность:** Д – инициаторы деформаций, Н – нетератогенные формы; Т – тератогенные формы. **Фенологическая группа:** В – всесезонная, ВЛ – весенне-летняя, ЛО – летне-осенняя; Л – летняя.

Как следует из данных таблицы, таксономический состав комплекса при относительно невысоком общем видовом богатстве (всего 16 видов насекомых) достаточно многообразен, поскольку объединяет представителей 12 семейств и 4 отрядов открыточелюстных шестиногих (использован вариант системы таксона информационной системы Zinsecta, разработанной энтомологами Зоологического института Российской академии наук [21]), – таксономическую структуру комплекса на уровне отрядов иллюстрирует рис. 1.

Среди фитофагов свидин и дёрен присутствуют как открытоживущие, так и скрытоживущие формы (таблица). При этом настоящие тли (Aphidoidea) семейств Aphididae и Anoeciidae на разных стадиях биологического цикла проявляют себя либо как открытоживущие (сексуалы, гинопары, самцы и яйцекладущие самки, а также личинки особей амфигонного поколения), либо как скрытоживущие формы – обитатели формируемых ими терат.

Практически значимым аспектом экологии фитофагов является локализация питающихся особей (топоспецифичность) на растении-хозяине (таблица). Следует отметить, что при рассмотрении круга вредителей декоративных древесных растений традиционно мало внимания уделяется обитающим в почве ризофагам (ризобионтам). Это связано с ограниченной вредоносностью почвообитающих фитофагов для взрослых экземпляров декоративных кустарников

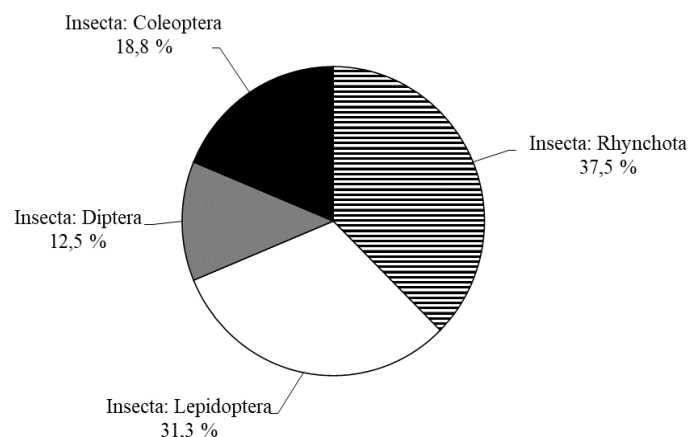


Рис. 1. Таксономическая структура комплекса членистоногих – фитофагов свидин и дёрен (Cornus s.l.) в условиях декоративных зеленых насаждений Беларуси

и тем более деревьев, поскольку прямой ущерб эстетическим качествам растений от их деятельности, как правило, не просматривается. В списке фитофагов свидин и дёрен присутствуют 2 вида жесткокрылых насекомых, *Ph. horticola* и *O. smreczynskii*, чьи личинки являются характерными ризофагами. Многоядны также и развивающиеся в почве личинки долгоносиков рода *Phyllobius* Germ., в том числе и регулярно регистрируемый на свидинах и дёренах *Ph. pyri*. Имаго данных представителей отряда Coleoptera питаются преимущественно на листе, являясь филлобионтами и филлофагами, и в данном качестве местами ощутимо вредят свидинам и дёренам в декоративных зеленых насаждениях. Двойственный характер имеет и вредоносность бодушки бизоньей (*S. bisonia*): откладывая яйца, самки делают пропилы на ветвях (следствием может быть их усыхание), тогда как имаго и личинки питаются (это флоэмососущие формы) как на побегах, так и листовых пластинках, в результате чего последние подвергаются хлоротизации.

Фенологические исследования фитофагов декоративных растений решают прикладную задачу установления основного периода нанесения вреда теми или иными представителями комплекса в декоративных зеленых насаждениях в условиях конкретного природно-климатического региона. Могут быть выделены по крайней мере 4 фенологические группы вредителей свидин и дёрен (таблица). К весенне-летней, в частности, принадлежит свидинно-кипрейная тля (*A. salicariae*). Это двудомный вид, однако ремигрирующие гинопары *A. salicariae* и их потомство никогда не бывают столь многочисленны, чтобы обусловить снижение декоративности растений. Относительно небольшое число фитофагов отнесено к летне-осенней фенологической группе, что обуславливает более короткий период нанесения вреда, непреодолеваемые последствия которого для декоративности растений наблюдаются на протяжении лишь части сезона вегетации. Характеристику вредоносности фитофагов свидин и дёрен в условиях декоративных зеленых насаждений Беларуси целесообразно дать в форме аннотированного списка.

Серая свидинно-злаковая тля (*A. corni*) в летне-осенний период регистрируется повсеместно, где произрастают в искусственных зеленых насаждениях либо в лесных массивах и кустарниках представители рода *Cornus*. Зеленолистные формы разных видов свидин и дёрен, представленные в арборетуме ЦБС НАН Беларуси, заселяются ремигрирующими крылатыми сексупарами *A. corni* в одинаковой степени. Чем дольше растения сохраняют листву непотерявшей тургор и не подвергшейся некротизации (а это характерно для интродуцентов северо-американского происхождения), тем дольше имеют возможность развиваться на листовых пластинках особи амфигонного поколения. В условиях Беларуси ремиграция у серой свидинно-злаковой тли начинается с середины июля; крупные, хорошо заметные для наблюдателя сексупары, колонизируют листовые пластинки, образуя легко бросающиеся в глаза кон-

трастирующей окраской агрегации. Как заселяющие листву, так и находящиеся в неуверенном полете особи легко вызывают энтомофобические реакции населения, тем самым ухудшаются рекреационные и эстетические качества зеленых насаждений. Зимуют яйца, весной из них отрождаются личинки основательниц. Они, как и их потомки, являются меристемофильными фитофагами и, помимо вершин растущих побегов, колонизируют цветоножки и основания соцветий. Характерными являются умеренная деформация заселенных побегов и листовых пластинок, а также посещение колоний *A. corni* муравьями, что нехарактерно для летне-осеннего периода. Из года в год развитие данного флоэмососущего фитофага весной и в начале лета наблюдается в arboretume ЦБС НАН Беларуси на дёрене белом (*C. alba*), карликовом (*C. pumila*), свидине кроваво-красной (*C. sanguinea*) и кизиле (*C. mas*). К концу июня миграция серой свидино-злаковой тли на корни злаков завершается по всей территории страны.

Свидинно-кипрейная тля (*A. salicariae*) в декоративных зеленых насаждениях регистрируется спорадично, вспышки массового размножения на свидинах и дёренках для данного флоэмососущего фитофага не характерны. Питание этих насекомых опосредуется слабой деформацией колонизированных листовых пластинок. Ввиду коричневатого-кофейной окраски бескрылых самок, колонии легко визуальны выявляемы, однако рецедентность позволяет отнести *A. salicariae* к числу второстепенных вредителей декоративных зеленых насаждений Беларуси.

Яблонная запятовидная щитовка (*L. ulmi*) в условиях всех регионов страны является массовым вредителем лиственных древесных пород. Свидины и дёренки принадлежат к числу наиболее интенсивно повреждаемых этим фитофагом декоративных кустарников. Одним из специфических признаков, определяющих высокую декоративность представителей рода *Cornus*, является яркая окраска одревесневших побегов, которая может полностью «маскироваться» чехлом щитков стационарно питающихся и/или уже погибших самок. Интенсивная колонизация этими ксилемососущими фитофагами может иметь следствием закупорку сосудов с последующим усыханием ветвей, чаще – вскоре после зимовки. В году развивается одно поколение, яйца зимуют под щитками материнских особей. Личинки отрождаются весной, с середины мая, и расселяются по растениям в поисках подходящих для питания участков. Приступив к стационарному питанию, они утрачивают подвижность. Их развитие заканчивается к середине июля, а яйцекладка у самок может продолжаться до конца октября. Таким образом, яблонная запятовидная щитовка должна быть причислена к всесезонной фенологической группе вредителей. Интенсивная колонизация этими ксилемососущими фитофагами может иметь следствием закупорку сосудов с последующим усыханием ветвей вскоре после зимовки.

Акациевая ложнощитовка (*P. corni*) также является массовым вредителем лиственных древесных пород. Развитие на кустарниках рода *Cornus* весьма характерно для данного полифага. Интенсивная колонизация ветвей этими ксилемососущими фитофагами может иметь следствием закупорку сосудов с последующим усыханием. Еще одним фактором вредоносности вследствие снижения декоративности заселяемых растений является массовое развитие на продуцируемых ложнощитовками падевых выделениях сажистых и дрожжевых грибов. В году развивается одно поколение, зимуют личинки второго (последнего) возраста. Сроки их выхода из гибернационной диапаузы определяются локальными микроклиматическими условиями, – всего за несколько теплых ранневесенних дней они успевают найти подходящие участки коры и приступить к стационарному питанию. Взрослые самки регистрируются с середины мая, яйца они откладывают под свой щиток, а по завершении яйцекладки погибают. Отрождение личинок наблюдается уже с конца июня, сначала они питаются на листовых пластинках, а затем мигрируют на подходящие для зимовки участки стволов и толстых ветвей и впадают в эстивационную диапаузу, осенью переходящую в гибернационную. Таким образом, данный фитофаг должен быть причислен к всесезонной фенологической группе вредителей.

Виноградная подушечница (*P. vitis*) – фоновый вредитель свидин и дёрен в декоративных зеленых насаждениях, при этом за десятки лет наблюдений не было отмечено вспышек его массового размножения. Для подушечниц характерна белая или бело-серая окраска, обуславливаемая восковыми выделениями. В году развивается одно поколение, зимуют самки в укры-

тиях в трещинах коры, у основания почек и т.п. Цикл развития завершается за сезон вегетации, насекомые не утрачивают мобильность и способны менять локализацию на растении-хозяине. Как и другие кокциды, подушечницы продуцируют падь, на которой могут развиваться сажистые и дрожжевые грибы; восковые выделения также хорошо заметны, что и обуславливает снижение декоративности колонизированных растений.

Бодушка бизонья (*S. bisonia*) является чужеродным видом северо-американского происхождения, включенным в Черную книгу инвазивных видов животных Беларуси [22], распространение которого пока ограничено южными регионами страны. В году развивается одно поколение; зимуют яйца, отложенные в пропилы, что нередко ведет к отмиранию вышерасположенных участков одревесневших побегов. Как уже указывалось, основными являются два фактора вредоносности: повреждение ветвей и побегов при яйцекладке и хлоротизация участков листовых пластинок, на которых питались эти флэомососущие фитофаги.

Садовый хрущик (*Ph. horticola*) в Беларуси фоновый, а на значительной части территории страны – массовый вид пластинчатоусых жуков. Период лета имаго приходится на первую половину лета, но иногда продолжается до начала августа. При питании жуки оставляют на листовых пластинках, в том числе, свидин и дёрен, характерные повреждения, бросающиеся в глаза сторонним наблюдателям. Они «охотно» летают, активны в светлое время суток, склонны концентрироваться на отдельных участках посадок, хорошо заметны, что создает предпосылки для энтомофобических реакций посетителей насаждений. Личинки развиваются в почве в течение 2–3 лет, являются ризофагами, однако экономическое значение в качестве вредителей декоративных культур имеют лишь в питомниках.

Листовой долгоносик (слоник) грушевый (*Ph. pyri*) весьма обычен в разных типах насаждений и лесных массивов, где широко представлены лиственные деревья и кустарники. Спектр заселяемых растений весьма широк. Личинки развиваются в почве и, являясь ризофагами, могут повреждать корневую систему многих орнаментальных растений, но с минимальными последствиями для их декоративности. Имаго, напротив, повсеместно вредят свидинам и дёренам, как и многим другим лиственным деревьям и кустарниками. Повреждения листовых пластинок регистрируются в декоративных зеленых насаждениях Беларуси повсеместно и весьма характерны (речь идет о городчатом краевом обгрызании).

Скосарь Смирчинского (*O. smreczynskii*) – в настоящее время повсеместно распространенный в зеленых насаждениях Беларуси чужеродный для региональной фауны вид растительноядных жесткокрылых [23]. Некоторые исследователи указывают на важное значение в процессе расселения *O. smreczynskii* как пассажирского, так и грузового автотранспорта [24]. Однако, возможно, это лишь один из ряда векторов. Нельзя отрицать и вероятность завоза данного фитофага вместе с посадочным материалом (личинки, куколки и имаго в комах земли саженцев) декоративных растений прежде всего семейства маслиновых (*Oleaceae*). Жуки, ввиду сросшихся надкрылий, неспособны к полету, что сдерживает их расселение. Личинки развиваются в почве и, являясь ризофагами, могут повреждать корни декоративных растений, – в питомниках это создает проблему не столько для выращивания растений, сколько в аспекте обеспечения свободы от заражения вредителями посадочного материала – основной продукции. Имаго характерным образом (как и в предыдущем случае, это городчатое краевое обгрызание) повреждают листовые пластинки, что актуально для новосозданных декоративных зеленых насаждений, где произрастают растения, еще не накопившие фитомассу.

Чехлоноска многоядная (*C. anatipennella*) полифаг, спорадически регистрируемый на свидинах и дёренах в условиях Беларуси. Тяготеет к питанию на древесно-кустарниковых растениях из семейства розоцветных (*Rosaceae*). Развитие гусениц занимает два вегетационных сезона. Гусеницы первого возраста минируют листовые пластинки растений-хозяев. Выгрызаемые мины крайне небольших размеров. Иногда на одной листовой пластинке может локализоваться несколько десятков мин с находящимися внутри личинками. Зимовка гусениц протекает внутри опавших минированных листовых пластинок. В начале следующего вегетационного сезона гусеницы сооружают чехлик из участков покрывающего мину эпидермиса. Чехлик с перпенди-

кулярно загнутым верхним концом (напоминает пистолет) может достигать в длину 7 мм и в зависимости от растения-хозяина, минируемого на младших личиночных возрастах, также может иметь коричневую, бурую либо черную окраску. Находящаяся внутри чехлика гусеница свободно передвигается в поисках пищи. На протяжении второго вегетационного сезона развития личинки старших возрастов, находясь внутри чехликов, выгрызают на поверхности листовых пластинок кормовых растений характерные множественные язвочки. Лет бабочек отмечается на протяжении июня–июля.

Калиновая чехлоноска (*C. ahenella*) – полифаг, имеющий локальное распространение в условиях зеленых насаждений населенных пунктов Западного и Южно-Центрального дендролого-интродукционных районов Беларуси. Гусеницы выгрызают двусторонние пятновидные мины. Живут и перемещаются внутри примечательных (до 7 мм в длину, конической конфигурации с серией постепенно увеличивающихся к основанию мутовок) чехликов, сооружаемых из эллипсоидных высечек нижнего эпидермиса минированных листовых пластинок. Локально могут массово заселять отдельные экземпляры кормового растения. Однако численность гусениц невысока, а их жизнедеятельность к серьезной утрате декоративных качеств растений-хозяев не приводит.

Моль-блестянка металлическая (*A. metallella*) – повсеместно распространенный в Беларуси олигофаг, трофически связанный с растениями рода *Cornus*. Гусеницы минируют листовые пластинки. Мины двусторонние, начинаются коротким лентовидным ходом, идущим вдоль края листовой пластинки, затем, резко расширяясь, приобретают пятновидную конфигурацию. Гусеница последнего возраста, прекратив питание внутри мины, сооружает вокруг себя эллипсоидной формы плоский чехлик из высечек верхнего и нижнего эпидермиса, скрепленных между собой паутиной. Полностью сформированный чехлик с находящейся внутри гусеницей «выпадает» из листовой пластинки, оставляя на конце мины соответствующих очертаний, овальное, протяженностью 5–7 мм отверстие. Как правило, на незанятой миной части листовой пластинки, в области первичного хода, находится хорошо различимая, описывающая полудужье, серия из 3–7 пробных наколов (в виде коричневых точек), оставляемых самкой в процессе яйцекладки. Эта особенность является важным диагностическим признаком, отличающим мины *A. metallella* от мин другого вида кружковых молей (Lepidoptera: Heliozelidae) – моли-блестянки Трейчке (*Antispila treitschkiella* (Fischer von Röslerstamm, 1843)), развивающегося на тех же растениях-хозяевах, но до настоящего времени не отмеченного для фауны Беларуси. Окукливание и последующая диапауза протекают внутри чехлика. Вид дает одну генерацию за сезон. Основной период вредоносности – июль–август.

Листовертка плоская ольховая (*A. umbrana*) – локально распространенный в зеленых насаждениях Беларуси полифаг. Гусеницы развиваются с начала июня до середины августа. Обитают поодиночке внутри одной сложенной или нескольких скрученных паутиными нитями листовых пластинок кормовых растений. Окраска гусениц светло-зеленая с более темной спинной стороной, головная капсула коричневого, переднеспинка светло-коричневого цвета с темно-бурым (иногда практически черным) краем, грудные ноги темно-коричневого цвета. Наиболее часто заселяют верхушечные листовые пластинки молодых отрастающих побегов. Регистрируется спорадически и обыкновенно в невысокой численности, что обуславливает низкую вредоносность вида.

Листовертка лещиновая кривоусая (*P. corylana*) – широкораспространенный в Беларуси многоядный вид. Гусеницы старших возрастов светло-зеленого, желтовато-зеленого или оливкового цвета, головная капсула рыже-коричневая, переднегрудной щиток коричневый (нередко желто-коричневый), грудные ноги зеленые либо светло-коричневые. На младших возрастах личинки *P. corylana* питаются в агрегациях, – они выгрызают содержимое почек, фасетируют верхнюю поверхность молодых листовых пластинок. Позже расползаются и приступают к питанию поодиночке. С помощью паутины гусеницы старших возрастов скручивают отдельные листовые пластинки в трубки, либо стягивают несколько листовых пластинок в свертки (комки) неправильной формы.

Кизиловая минирующая мушка (*Ph. agromyzina*) в декоративных зеленых насаждениях Беларуси локально может давать вспышки массового размножения. Мины личинок *Ph. agromyzina* верхнесторонние, змеевидные, узкие, длинные, неветвящиеся, постепенно расширяющиеся; экскременты располагаются в виде широкой коричневой полосы. Окукливание происходит обычно вне мины. На листе, особенно малоразмерном, мины часто сливаются, образуя коллективную мину с неразличимыми границами; в ней могут развиваться, по нашим наблюдениям, одновременно до 3 личинок. Стенки мин некротизируются, контрастируя окраской с неповрежденными участками листовых пластинок, что и является фактором вредоносности кизиловой минирующей мушки в декоративных зеленых насаждениях.

Свидинная листовая галлица (*C. corni*) является единственным видом галлоформирующих насекомых, повреждающих свидины и дёрены в декоративных зеленых насаждениях Беларуси. Отмечается спорадично, вспышки массового размножения до сих пор не регистрировались. Личинки развиваются в закрытых галлах, формируемых на листовых пластинках, чаще у основания, в непосредственной близости к месту прикрепления к черешку. Они двусторонние, орешковидные (на верхней стороне листовой пластинки сферические, на нижней – с одиночным или множественными «зубовидными» выростами с тупоконическими вершинами), по созреванию меняющие окраску со светло-зеленой на желтоватую и красноватую. Нередко отдельные участки галлов одревесневают. Внутри несколько, реже одна, толстостенная камера, в каждой камере развивается 1 личинка желто-оранжевого цвета. Галлы хорошо заметны, их присутствие нарушает естественный облик листовой, что и определяет нанесение фитофагом ущерба декоративности посадок.

Таким образом, комплекс насекомых-фитофагов – вредителей дёренов в условиях зеленых насаждений Беларуси в настоящее время включает по меньшей мере 16 таксонов видового ранга. На основе установленного таксономического состава комплекса представляется возможным констатировать, что в его структуре, отраженной на рис. 1, преобладают представители хоботных насекомых (Insecta: Rhynchotha), на долю которых приходится 37,5 % от общего видового богатства (Coccidae – 12,5 %; Anoeciidae, Aphididae, Diaspididae и Membracidae – по 6,3 %). На долю чешуекрылых насекомых (Insecta: Lepidoptera) приходится 31,3 % (Coleophoridae и Tortricidae по 12,5 %; Heliozelidae – 6,3 %); жесткокрылых насекомых (Insecta: Coleoptera) – 18,8 % (Curculionidae – 12,5 %; Scarabaeidae – 6,3 %), двукрылых насекомых (Insecta: Diptera) – 12,5 % (Agromyzidae и Cecidomyiidae – по 6,3 %).

Однако необходимо отметить, что несмотря на наблюдаемое изменение (по отношению к ранее установленному [12]) таксономического состава вредителей свидин и дёренов, в структуре комплекса можно выделить ядро, которое в течение всего времени остается стабильным. Оно формируется за счет повсеместно массовых, либо фоновых видов фитофагов, определяющих физиогномику комплекса; в соответствующее время года они или вызываемые ими повреждения регистрируются всегда и везде. Очевидно, исходя из этого стоит уделять пристальное внимание именно видам фитофагов, входящих в такое ядро стабильного (устойчивого) комплекса, поскольку именно они регулярно и повсеместно наносят повреждения, негативно сказывающиеся на декоративности посадок. Разумеется, и другие виды фитофагов в ходе вспышек массового размножения могут обусловить катастрофическое снижение декоративности либо даже локальные случаи выпадения растений. Однако такие проявления малопредсказуемы, в отличие от последствий деятельности фитофагов, входящих в состав ядра стабильного комплекса [25].

К числу основных фитофагов дёренов, составляющих ядро устойчивого комплекса, принадлежат 8 видов (рис. 2), в их числе 3 вида равнокрылых хоботных (Rhynchotha) – серая свидино-злаковая тля (*A. corni*), яблонная запятовидная щитовка (*L. ulmi*) и акациевая ложнощитовка (*P. corni*); 2 вида жесткокрылых (Coleoptera) – листовая грушевый слоник (*Ph. pyri*) и скосарь Смречинского (*O. smreczynskii*); 1 вид двукрылых (Diptera) насекомых – кизиловая минирующая мушка (*Ph. agromyzina*); а также 2 вида чешуекрылых (Lepidoptera) – кривоусая лецинная листовертка (*P. corylana*) и свидиновая моль-блестянка (*A. metallella*) (рис. 2).

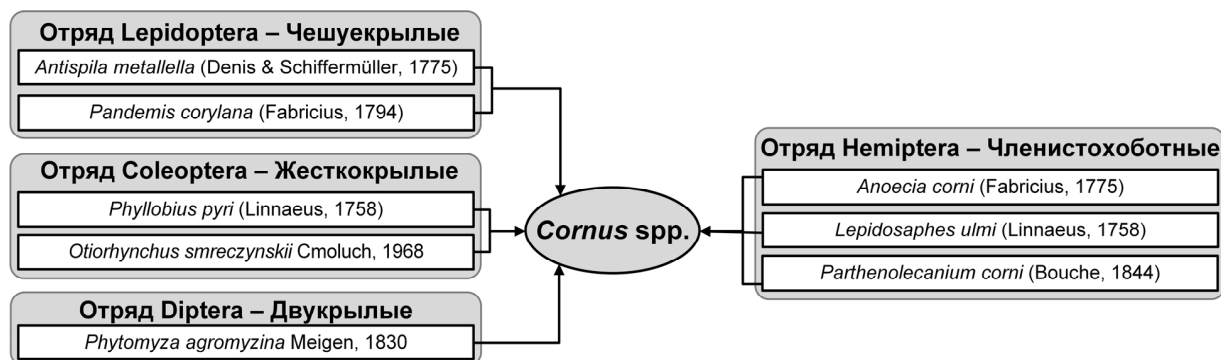


Рис. 2. Таксономический состав ядра устойчивого комплекса членистоногих – фитофагов свидин и дёрен (Cornus s.l.) в условиях декоративных зеленых насаждений Беларуси

Выводы. По результатам выполненного анализа данных многолетних исследований представляется возможным сделать следующие выводы.

1. В условиях декоративных зеленых насаждений Беларуси свидины и дёрены (*Cornus* L.) повреждают 16 видов фитофагов, в том числе 6 видов хоботных (Rhynchota), 3 вида жесткокрылых (Coleoptera), 5 видов чешуекрылых (Lepidoptera) и 2 вида двукрылых (Diptera) насекомых из 12 семейств.

2. Среди фитофагов свидин и дёрен 2 вида – бодушка бизонья (*Stictocephala bisonia* Kopp & Yonke) и скосарь Смречинского (*Otiorhynchus smreczynskii* Cmoluch) – принадлежат к числу чужеродных для фауны Беларуси; в настоящее время распространение *S. bisonia* ограничено южными регионами страны, тогда как *O. smreczynskii* спорадично регистрируется практически по всей территории. Также спорадично отмечаются свидинно-кипрейная тля (*Aphis salicariae* Koch), кизиловая минирующая мушка (*Phytomyza agromyzina* Mg.) и свидинная листовая галлица (*Craneiobia corni* (Giraud)), для большинства других характерно повсеместное распространение.

3. Большинство в составе комплекса составляют грызущие фитофаги, открытоживущие формы, полифаги, представители всесезонной фенологической группы. Среди сосущих фитофагов присутствуют как флоэмо-, так и ксилемососущие формы, большинство грызущих фитофагов скелетирует и перфорирует листовые пластинки. Каулобионтны 3 вида кокцид, *S. bisonia* повреждает как побеги, так и листовые пластинки. Личинки молей-чехлоносок семейства Coleophoridae обитают в сооружаемых ими чехликах, *Ph. agromyzina* – в листовых минах, тогда как *C. corni* – инициируют формирование ореховидных листовых галлов.

4. Ядро устойчивого комплекса фитофагов свидин и дёрен насчитывает 8 видов насекомых, которые характеризуются практически повсеместным распространением, способностью регулярно давать вспышки массового размножения и высокой вредоносностью в условиях декоративных зеленых насаждений Беларуси.

Список использованных источников

1. Чаховский, А. А. Декоративная дендрология Белоруссии / А. А. Чаховский, Н. В. Шкутко. – Минск: Ураджай, 1979. – 216 с.
2. Флора БССР : в 5 т. / Ботанический сад Академии наук БССР ; ред. : Б. К. Шишкин, Н. А. Дорожкин ; сост. : С. Г. Горшкова [и др.]. – М.: Сельхозгиз, 1949–1959. – 5 т.
3. Plants of the World Online : KewScience [Electronic resource]. Mode of access: <http://www.plantsoftheworldonline.org>. – Date of access: 15.12.2020.
4. Гаранович, И. М. Декоративное садоводство: справ. пособие / И. М. Гаранович. – Минск: Тэхналогія, 2005. – 348 с.
5. Юркевич, И. Д. Выделение типов леса при лесоустроительных работах: вспомогат. табл. / И. Д. Юркевич. – Изд. 3-е, доп. – Минск: Наука и техника, 1980. – 120 с.
6. Древесные растения Центрального ботанического сада АН БССР / Е. З. Бобореко [и др.]; под ред. Н. Д. Нестеровича. – Минск: Наука и техника, 1982. – 293 с.
7. Каталог сосудистых растений Центрального ботанического сада Национальной академии наук Беларуси (открытый грунт) / сост. И. К. Володько [и др.]; под ред. В. Н. Решетникова, В. В. Титка. – Минск: Тэхналогія, 2010. – 264 с.
8. Горленко, С. В. Вредители и болезни интродуцированных растений / С. В. Горленко, Н. А. Панько. – Минск: Наука и техника, 1967. – 135 с.

9. Горленко, С. В. Формирование микофлоры и энтомофауны городских зеленых насаждений / С. В. Горленко, Н. А. Панько. – Минск: Наука и техника, 1972. – 168 с.
10. Горленко, С. В. Устойчивость древесных интродуцентов к биотическим факторам / С. В. Горленко, А. И. Блинцов, Н. А. Панько. – Минск: Наука и техника, 1988. – 189 с.
11. Болезни и вредители декоративных растений в насаждениях Беларуси / В. А. Тимофеева [и др.]. – Минск: Беларуская навука, 2014. – 185 с.
12. Сауткин, Ф. В. Комплекс насекомых – вредителей деренов (*Cornus* spp.) в условиях зеленых насаждений Беларуси / Ф. В. Сауткин // Роль ботанических садов и дендрариев в сохранении, изучении и устойчивом использовании разнообразия растительного мира: Материалы Международной научной конференции, посвященной 85-летию Центрального ботанического сада Национальной академии наук Беларуси. г. Минск, Беларусь, 6–8 июня 2017 г. – Ч. 2. – С. 419–421.
13. Нестерович, Н. Д. Интродукционные районы и древесные растения для зеленого строительства в Белорусской ССР: Справочник / Н. Д. Нестерович. – Минск: Наука и техника, 1982. – 111 с.
14. Беттхер, И. Методы определения болезней и вредителей сельскохозяйственных растений / И. Беттхер, Т. Ветцель, Ф. В. Древис. – М.: Агропромиздат, 1987. – 224 с.
15. Фасулати, К. К. Полевое изучение наземных беспозвоночных / К. К. Фасулати. – М.: Высшая школа, 1971. – 424 с.
16. Шапошников, Г. Х. Наставление к собиранию тлей / Г. Х. Шапошников. – М.: Изд-во АН СССР, 1952. – 19 с.
17. Collecting and preserving insects and mites: Techniques and tools / Ed. M. E. Schauff. – Washington, 2005. – 69 p.
18. Martin, J. E. H. Collecting, preparing, and preserving insects, mites, and spiders / J. E. H. Martin. – Ottawa, Hull Que: Agriculture Canada, 1977. – 182 p.
19. Гербарное дело: справ. рук. / ред. Д. Бридсон, Л. Форман. – Кью: Королев. бот. сад, 1995. – 341 с.
20. LibreOffice 7.0: Calc guide / Libre Office Documentation Team. – Mode of access: <https://documentation.libreoffice.org/assets/Uploads/Documentation/en/CG7.0/CG70-CalcGuide.pdf>. – Date of access: 28.01.2021.
21. Информационная система ZINSECTA – таксономическая и коллекционная интерактивная база данных по мировой фауне насекомых: проект Зоологического института РАН [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.zin.ru/projects/zinsecta/rus/ZInsecta.asp>. – Дата доступа: 02.12.2020.
22. Черная книга инвазивных видов животных Беларуси / В. П. Семенченко [и др.]; под общ. ред. В. П. Семенченко, С. В. Буги; Нац. акад. наук Беларуси, Науч.-практ. центр по биоресурсам. – Минск: Беларус. навука, 2020. – 163 с.
23. Сауткин, Ф. В. Насекомые фитофаги – вредители Маслиновых (сем. Oleaceae) кустарниковых растений, используемых в зеленом строительстве Беларуси / Ф. В. Сауткин // Зоол. чтения: сб. ст. // Междунар. науч.-практ. конф. посвящ. 90-летию Гродн. зоол. парка, Гродно, 20–22 марта 2019 г. / Гродн. гос. ун-т; редкол.: О. В. Янчуревич (отв. ред.) [и др.]. – Гродно, 2019. – С. 250–254.
24. Heijerman, T. *Otiorhynchus smreczynskii*, weer een nieuwe snuitkeverexoot aangetroffen in Nederland (Coleoptera: Curculionidae) / T. Heijerman, J. Burgers // Entomologische Berichten. – 2015. – No. 75 (4). – P.137–141.
25. Сауткин, Ф. В. Сопоставление видового состава фитофагов декоративных деревьев и кустарников по данным обобщающих работ разных лет с целью выявления устойчивого ядра их комплекса / Ф. В. Сауткин, С. В. Буга // Трансграничное сотрудничество в области экологической безопасности и охраны окружающей среды [Электронный ресурс]: Материалы IV Междунар. науч.-практ. конф., Гомель, 4–5 июня 2018 г. – Гродно, 2018. – С. 389–393.
26. Сауткин, Ф. В. Структура комплекса вредителей бирючины в зеленых насаждениях Беларуси / Ф. В. Сауткин, С. В. Буга // Защита растений: сб. науч. тр. – 2018. – Т. 42. – С. 248–258.

Поступила 02.02.2021

А. В. Алехнович, Д. В. Молотков

*Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по биоресурсам, Минск, Беларусь,
e-mail: alekhnovichav@gmail.com; dmolotkov48@mail.ru*

РАСПРОСТРАНЕНИЕ РЕЧНЫХ РАКОВ В ВОДНЫХ ОБЪЕКТАХ БРАСЛАВСКОГО РАЙОНА ВИТЕБСКОЙ ОБЛАСТИ БЕЛАРУСИ

Аннотация. Обследовано 38 водных объектов (33 озера, 5 рек) Браславского района. Обнаружено 7 популяций широкопалого рака *Astacus astacus*. За исключением популяции оз. Беяны все остальные находятся в неудовлетворительном состоянии. Популяция широкопалого рака р. Усвейка была обнаружена в 2013 г., но уже с 2017 г. раки в р. Усвейка не регистрируются. Распространение широкопалого рака в Браславском регионе характеризуется высокой фрагментарностью. Длиннопалый рак *Pontastacus leptodactylus* представлен в относительно небольшом количестве озер (8), три из которых могут рассматриваться как перспективные промысловые озера – Рожево, Раукеты, Болта. Широкопалый рак отмечен у 18 %, длиннопалый – у 21 % всех обследованных водоемов. У 61 % водоемов раки не выявлены. Инвазивный чужеродный полосатый рак *Faxonius limosus* в водных объектах Браславского района не обнаружен. Водоемы Браславского района являются перспективными местами для сохранения широкопалого рака. Стратегия сохранения широкопалого рака в данном регионе должна быть направлена на постоянное создание новых популяций.

Ключевые слова: широкопалый рак, длиннопалый рак, распространение, Беларусь, Браславский район

A. V. Alekhovich, D. V. Molotkov

*Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus on Bioresources, Minsk, Belarus,
e-mail: alekhnovichav@gmail.com; dmolotkov48@mail.ru*

CURRENT DISTRIBUTION OF CRAYFISH IN WATER BODIES ON BRASLAV TERRITORY, VITEBSK REGION, BELARUS

Abstract. Seven populations of noble crayfish *Astacus astacus* recorded during the survey of thirty-eight water bodies (33 lakes, 5 rivers) of Braslav territory. All the populations, except one in the lake Belyani, are in the poor state. The population of noble crayfish in the river Usveyka was recorded in 2013, but since 2017, no crayfish recorded in the river. The distribution of noble crayfish on Braslav region territory is highly fragmented. Narrow-clawed crayfish *Pontastacus leptodactylus* is recorded in the small number of lakes (8), three of which can be considered as promising commercial lakes – Rozhevo, Raukety, Bolta. Noble crayfish recorded in 18 % surveyed water bodies, narrow-clawed crayfish in 21 %. No crayfish recorded in 61 % of studied water bodies. The water bodies of Braslav region are promising places for the preservation of noble crayfish. The strategy for the preservation of noble crayfish in this region should be constant creation of new populations.

Keywords: noble, narrow-clawed, crayfish, distribution, Belarus, water bodies of the Braslav region

А. В. Аляхновіч, Д. В. Малаткоў

*Навукова-практычны цэнтр Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі па біярэсурсах, Мінск, Беларусь,
e-mail: alekhnovichav@gmail.com; dmolotkov48@mail.ru*

РАСПАЎСЮДЖАННЕ РАЧНЫХ РАКАЎ У ВОДНЫХ АБ'ЕКТАХ БРАСЛАЎСКАГА РАЁНА ВІЦЕБСКОЙ ВОБЛАСЦІ БЕЛАРУСІ

Анатацыя. Абследавана 38 водных аб'ектаў (33 возеры, 5 рэк) Браслаўскага раёна. Выяўлены 7 папуляцый шыракапалага рака *Astacus astacus*. За выключэннем папуляцыі воз. Беяны ўсе астатнія знаходзяцца ў незадавальняючым стане. Папуляцыя шыракапалага рака р. Усвейка была знойдзена ў 2013 г., але ўжо з 2017 г. ракі ў р. Усвейка не рэгіструюцца. Распаўсюджванне шыракапалага рака ў Браслаўскім рэгіёне характарызуецца высокай фрагментарнасцю. Доўгапалы рак *Pontastacus leptodactylus* прадстаўлены ў адносна невялікай колькасці азёр (8), тры з якіх могуць разглядацца як перспектыўныя прамысловыя азёры – Рожава, Раукеты, Болта. Шыракапалы рак адзначаны ў 18 %, доўгапалы – у 21 % усіх абследаваных вадаёмаў. У 61 % вадаёмаў ракі не выяўлены. Інвазіўны чужародны паласаты рак *Faxonius limosus* ў водных аб'ектах Браслаўскага раёна не знойдзены. Вадаёмы Браслаўскага раёна з'яўляюцца перспектыўнымі месцамі для захавання шыракапалага рака. Сустрэкаемасць папуляцыі шыракапалага рака адносна вялікая, але практычна ўсюды шчыльнасць асобін у іх нізкая, што паказвае на няўстойлівасць існуючых папуляцый. Стратэгія захавання шыракапалага рака ў дадзеным рэгіёне павінна быць накіравана на пастаяннае стварэнне новых папуляцый.

Ключавыя словы: шыракапалы рак, доўгапалы рак, распаўсюджванне, Беларусь, Браслаўскі раён

Введение. Браславский район – административное образование на западе Витебской области Беларуси. Площадь района – 2276 км². Основная часть территории расположена на Браславской гряде, южные части – на Дисненской низменности [1]. Водные объекты Браславского района принадлежат к бассейну Западной Двины. Главные реки – Западная Двина и ее притоки Дисна и Друйка, Янка. Главная особенность района – обилие озер, которые занимают 10 % всей площади.

Природоохранная значимость района огромна. Для защиты уникальных природных комплексов, сохранению их для будущих поколений в августе 1995 г. был создан Национальный парк «Браславские озера» [2]. Около 17 % территории Национального парка занимают озера, леса – 46 % поверхности.

В водоемах Браславского района встречается два аборигенных вида речных раков: редкий, исчезающий широкопалый – *Astacus astacus* и промысловый длиннопалый – *Pontastacus leptodactylus*. Широкопалый рак был внесен в первое (1981), второе (1993), третье (2004) и четвертое (2015) издания Красной книги Республики Беларусь. [3]. Он имеет III (VU) категорию охраны, как вид, не находящийся под прямой угрозой исчезновения, но подверженный риску вымирания.

Длиннопалый рак является промысловым видом водоемов Беларуси. Ежегодный годовой вылов длиннопалого рака колеблется до 6 т [4]. В Браславском районе до начала исследований в 2013 г. было известно обитание широкопалого рака в озерах Южный Волос и Северный Волос. Нами дополнительно обнаружены популяции широкопалого рака в ряде озер. Длиннопалый рак также отмечен в озерах Браславского района. Инвазивный, чужеродный вид полосатый рак – *Faxonius limosus* в водных объектах Браславского района не обнаружен.

Цель работы – установить распространение и современные тенденции в изменении численности речных раков в водных объектах Браславского района.

Материал и методы. Раков отлавливали раколовками, сачками, руками с использованием маски и трубки. Использовали раколовки в виде двух мереж, соединенных между собой вставкой из дели длиной 2,5 м. Описание раколовки и принцип их работы представлен в работе [5]. Кроме этого, раков ловили с помощью сачков и руками в местах с обилием камней, коряг, корней прибрежных деревьев. Измеряли раков от острия рострума до конца тельсона.

Результаты и их обсуждение. Распространение широкопалого рака. Данные по встречаемости широкопалого рака в водных объектах Браславского района показаны в табл. 1.

Таблица 1. Встречаемость широкопалого рака *Astacus astacus* в водных объектах Браславского района

Водоем	Координаты	Улов, инд./ловушка сут.	Средняя длина (см) ± среднее квадратичное отклонение		Время обследования
			самцы	самки	
оз. Северный Волос	55°44'56.93"N; 27°07'55.48"E	–	11,2±1,1 (3)*	–	16.07.2013
оз. Южный Волос	55°43'51.07"N; 27°08'17.45"E	–	7,7±4,7 (3)	–	17.07.2013
р. Усвица	55°37'50.83"N; 27°15'59.92"E – 55°36'03.93"N; 27°06'39.88"E	–	9,6	–	19.07.2013
р. Усвица	55°37'50.83"N; 27°15'59.92"E – 55°36'03.93"N; 27°06'39.88"E	–	нет	нет	08.08.2017
оз. Янка	55°26'11.61"N; 27°00'30.89"E	0,17	12,0±0,9 (5)	10,9 (1)	28.07.2013
оз. Альбеновское	55°25'15.33"N; 26°52'49.31"E	0,08	9,9±1,0 (3)	–	29. 07.2013
оз. Милашковское	55°27'13.02"N; 26°59'43.87"E	–	–	10,5±1,2 (3)	30.07.2013
оз. Беляны	55°42'40.35"N 26°52'01.91"E	1,61	10,0±0,9 (38)	10,3±0,7 (20)	11.09.2020

*В скобках отмечено количество отловленных особей.

Общая характеристика популяций широкопалого рака. Во всех обнаруженных местах обитания популяций численность широкопалого рака низкая. Исключением является популяция широкопалого рака пограничного оз. Беяны. В озерах Альбеновское, С. Волос, Ю. Волос – состояние популяции широкопалого рака неудовлетворительное. В р. Усвица в 2013 г. состояние популяции было неудовлетворительное: отмечены только единичные особи, которые были пойманы сачком. С 2017 г. раки в р. Усвица не регистрируются. В озерах Янка, Милашковское состояние популяции широкопалого рака удовлетворительное.

Сопоставляя наши исследования с проведенными ранее, можно констатировать неуклонное снижение численности раков в оз. Волосо. В конце прошлого века уловы раков были близки к 2 инд./ловушка в сутки. Основная причина снижения численности популяции в оз. Волосо интенсивный лов раководами-туристами. Высокая прозрачность воды дает возможность раководам интенсивно вылавливать широкопалого рака, используя при этом только маску, трубку и акваланги.

Пересыхающей протокой оз. Милашковское через р. Янка соединяется с оз. Янка, поэтому наличие широкопалого рака как в одном, так и в другом озере вполне закономерно. Следует отметить, что р. Янка берет начало из оз. Богдановское и далее течет на юг, соединяясь с названными озерами. В оз. Богдановское нами раки не были обнаружены. По информации местного населения еще в 2012 г. в оз. Богдановское было много раков. Если причиной исчезновения раков в оз. Богдановское считать появление в нем инфекционного заболевания – рачьей чумы, то в будущем можно ожидать исчезновение раков и в озерах ниже по течению Янки.

Следует отметить и еще одну систему озер: Золово, Шилово, Середник, Поддворное. Нашими исследованиями раки не обнаружены в озерах Золово и Шилово. Однако 20–30 лет назад раки в этих водоемах были. Рассматриваемая система озер в прошлом была населена широкопалым раком и ее можно рекомендовать для восстановления популяций широкопалого рака.

Река Усвица, соединяя озера Дривяты и Иказнь, очевидно, являлась последним рефугиумом широкопалого рака в системе озер Дривяты–Иказнь. В оз. Дривяты в настоящее время встречается длиннопалый рак. Наличие широкопалого рака в оз. Иказнь остается открытым. Отметим, что в Усвице широкопалый рак уже не встречается.

Распространение длиннопалого рака. Встречаемость длиннопалого рака в озерах Браславского района показана в табл. 2.

В Браславском районе перспективными для промысла длиннопалого рака являются озера Рожево, Раукеты, Болта. В настоящее время нет организованного промысла раков в Браславском районе, но в начале XXI века шел промысел на оз. Рожево. Средние размеры особей длиннопалого рака в озерах достаточно низкие, что косвенно указывает на высокий промысловый пресс на популяции, который обеспечивается любительским ловом раков.

Раки нами не обнаружены в малых озерах в приграничной территории Беларуси с Латвией. Это озера Шаранец, Пшигудка, Круглое, Каменка, Ольшанка, Плюсы, Ильжа, Усач, Шарино, Кривец, два озера у д. Спринды. За исключением оз. Плюсы, все остальные озера являются малыми лесными заболоченными озерами. Озера мелководные, гумифицированные, часто на дне озера обнаруживаются торфяные отложения. Обилие поступающей из леса органики в виде листового опада и создаваемое органическое вещество в самом озере, очевидно, часто приводят к заморам в зимнее время широкопалого рака, а также снижение содержания кислорода в воде до пороговых величин (<2 мг/л).

Раки не обнаружены и в озерах Ричи, Опиварда, Прутас, Раки, Потех, Медведно, Обабые, Константиново, но для этих озер требуются дополнительные исследования и уточнения встречаемости раков. Не обнаружены раки также в реках Западная Двина у г. п. Друя, Дисна у н. п. Козяны, Друйка у н. п. Кодаронцы. В исследованных местах названных рек раки не найдены, однако говорить об отсутствии раков в этих реках по полученным данным нельзя.

Таблица 2. Встречаемость длиннопалого рака *Pontastacus leptodactylus* в водных объектах Браславского района

Водоем	Координаты	Улов, инд./ловушка сут.	Средняя длина (см) ± среднеквадратичное отклонение		Время обследования
			самцы	самки	
оз. Дубро	55°46'18.80"N 27°12'51.71"E	0,13	–	11,9	19.07.2013
оз. Болта	55°35'50.71"N 26°58'09.22"E	0,33	7,6±1,5 (3)	7,5±1,2 (9)	25.07.2013
оз. Дривяты	55°36'53.05"N 27°02'02.75"E	–	10,7	–	24.07.2013
оз. Буже	55°40'05.37"N 26°54'48.34"E	–	–	11,7	06.07.2014
оз. Рожево	55°36'49.13"N 26°54'12.27"E	4,69	10,8±1,3 (68)	10,8±1,1 (101)	22.07.2014
оз. Рожево	55°36'49.13"N 26°54'12.27"E	12,42	11,1±1,4 (242)	11,2±1,1 (205)	19.09.2014
оз. Рожево	55°36'49.13"N 26°54'12.27"E	4,80	11,0±0,9 (70)	11,2±1,0 (103)	21. 09.2015
оз. Рожево	55°36'49.13"N 26°54'12.27"E	3,75	10,8±1,2 (133)	9,3; 7,7 (2)	05. 11.2015
оз. Белое	55°23'05.63"N 26°32'51.89"E	0,03	14,3	–	14.09.2020
оз. Раукеты	55°25'34.24"N 26°32'48.48"E	1,53	10,9±1,1 (22)	11,0±1,0 (33)	15.09.2020
оз. Новяты	55°38'06.69"N 27°03'21.09"E	–	9,7		16.09.2020

В целом распространение широкопалого рака в Браславском регионе характеризуется высокой фрагментарностью и невысокой численностью особей в сохранившихся популяциях. На современном этапе низкая численность раков объясняется неблагоприятным воздействием на них хозяйственной деятельности человека, интенсивным промыслом, инфекционными заболеваниями. Загрязнения водоемов промышленными, сельскохозяйственными или бытовыми стоками для данного региона в целом нельзя считать главным фактором, определяющим численность раков, все остальные факторы в той или иной степени также оказывают влияние на их численность. Кроме того, для Браславского региона следует отметить еще один фактор регуляции численности раков – это наличие специализированного потребителя-хищника, которым является угорь. Некоторые водоемы Национального парка «Браславские озера» зарыблены угрем и, естественно, идет интенсивное потребление ими раков.

Длиннопалый рак представлен в относительно небольшом количестве озер, три из которых могут рассматриваться как перспективные промысловые озера – Рожево, Раукеты, Болта.

Несмотря на целенаправленный поиск инвазивного чужеродного полосатого рака *Faxonius limosus*, в водных объектах Браславского района он не обнаружен. Основанием для его поиска явилась публикация о встречаемости полосатого рака в Западной Двине на территории Латвии [6]. Как следует из этой работы, полосатый рак встречается в Даугаве (Западная Двина) в достаточной близости от границы с Беларусью. Работа датируется 2019-м годом и указывает на то, что полосатый рак может находиться и на белорусской территории, двигаясь по Западной Двине. Полосатый рак не рассматривается как ценный промысловый вид, он не имеет высокой ценности, но является переносчиком рачьей чумы, от которой гибнут в большом количестве аборигенные виды раков.

Водоемы Браславского района являются перспективными местами для сохранения широкопалого рака. Здесь встречаемость популяций краснокнижного вида широкопалого рака в сравнении с другими районами Беларуси относительно велика, но практически везде плотность особей в них незначительна, что указывает на неустойчивость существующих популяций. Стратегия сохранения широкопалого рака в данном регионе должна быть направлена на постоянное

создание новых популяций. Для сохранения широкопалого рака в этом регионе, как, впрочем, и в других местах, важно не численность особей отдельных популяций, а количество популяций. В первую очередь целесообразно восстановить популяции широкопалого рака в оз. Богдановское и системе озер Золво, Шиловое, Середник, Поддворное. Эти озера в недалеком прошлом были заселены широкопалым раком и реинтродукция должна быть успешной. Перспективными озерами для заселения широкопалого рака можно рассматривать озера Плюсы и Каменка.

Выводы. Распространение широкопалого рака в Браславском регионе характеризуется высокой фрагментарностью. Из обследованных 38 водных объектов (33 озера, 5 рек) Браславского района обнаружено 7 популяций широкопалого рака *Astacus astacus*. За исключением популяции оз. Беяны все остальные находятся в неудовлетворительном состоянии.

Длиннопалый рак *Pontastacus leptodactylus* представлен в относительно небольшом количестве озер (8), три из которых могут рассматриваться как перспективные промысловые озера – Рожево, Раукеты, Болта.

Инвазивный чужеродный полосатый рак *Faxonius limosus* в водных объектах Браславского района не обнаружен.

Водоемы Браславского района являются перспективными местами для сохранения широкопалого рака. Встречаемость популяций широкопалого рака относительно велика, но практически везде плотность особей в них низкая, что указывает на неустойчивость существующих популяций. Стратегия сохранения широкопалого рака в данном регионе должна быть направлена на постоянное создание новых популяций.

Благодарности. Работа по выяснению встречаемости речных раков в Браславском районе выполнена в рамках международных проектов:

LLB-2-258 «Создание трансграничной особо охраняемой природной территории «Аугшдаугава–Браславские озера» и формирование предпосылок для управления единой территорией» Программы трансграничного сотрудничества «Латвия–Литва–Беларусь» в рамках Европейского инструмента добрососедства и партнерства;

ENI-LLB-1-077 «Комплексное управление и система мероприятий по смягчению негативного воздействия инвазивных чужеродных видов на природоохранных территориях трансграничного региона» Программы трансграничного сотрудничества Латвия–Литва–Беларусь в рамках Европейского инструмента соседства на 2014–2020 годы.

Список использованных источников

1. Википедия. Браславский район [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/Браславский_район.
2. Государственное природоохранное учреждение «Национальный парк «Браславские озёра». – Официальный сайт: <https://braslavyapark.by/>
3. Красная книга Республики Беларусь. Животные: редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды диких животных / гл. редкол.: И. И. Качановский (предс.), М. Е. Никифоров, В. И. Парфенов [и др.]. //– 4-е изд. – Минск: БЭ імя П. Броўкі, 2015. – 320 с.: ил.
4. Государственный кадастр животного мира [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://belfauna.by>. – Дата доступа : 01.07.2016.
5. Алехнович, А. В. Речные раки Беларуси в современных условиях: распространение, динамика численности, продукционно-промысловый потенциал / А. В. Алехнович. – Минск: Беларуская навука, 2016. – 303 с.
6. Birzaks, J. Alien crayfish species in Latvian inland waters / J. Birzaks, A. Škute // Environmental and Experimental Biology. – 2019. – Vol. 17. – P. 21–25. DOI: 10.22364/eeb.17.05

Поступила 24.02.2021

ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ, ЭКОЛОГОБЕЗОПАСНЫЕ И РЕСУРСОБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ

NATUREMANAGEMENT, ECOLOGICALLY SAFE AND RESOURCE-SAVING TECHNOLOGIES

ПРЫРОДАКАРЫСТАННЕ, ЭКОЛАГАБЯСПЕЧНЫЯ І РЭСУРСАЗБЕРАГАЛЬНЫЯ ТЭХНАЛОГІІ

УДК 630.443.2.414

И. А. Машкин, В. П. Шуканов, Е. В. Мельникова, Л. А. Корытько, С. Н. Полянская

Институт экспериментальной ботаники им. В. Ф. Купревича
Национальной академии наук Беларуси, Минск, Беларусь, e-mail: patphysio@mail.ru

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРИРОДНЫХ ТРИТЕРПЕНОВЫХ РЕГУЛЯТОРОВ РОСТА НА ПОСЕВНОМ И ПОСАДОЧНОМ МАТЕРИАЛЕ ЕЛИ ЕВРОПЕЙСКОЙ (*PICEA ABIES*)

Аннотация. Приведены результаты опытов по выращиванию сеянцев ели европейской (*Picea abies*) в условиях открытого грунта при их комплексной обработке тритерпеновыми регуляторами роста Экосил Микс и Экосил Плюс, получаемых на основе экстракта пихты сибирской (*Abies sibirica*). Для оценки влияния обработок на ростовые процессы ели измерены длина корня и надземной части, диаметр прикорневой шейки сеянцев, а также масса органического вещества растений (отдельно для хвои, стеблей и корней). С целью выявления действия препаратов на клеточном уровне определены такие физиолого-биохимические параметры, как содержание продуктов перекисного окисления липидов мембран и их целостность, количество и соотношение пигментов фотосинтеза. В итоге наиболее эффективной оказалась предпосевная инкрустация семян регулятором роста Экосил Микс и фунгицидом Винцит Форте, что доказано не только усилением роста сеянцев, но и нормализацией физиолого-биохимических процессов в растительных клетках.

Ключевые слова: ель европейская, семена, предпосевная обработка, сеянцы с открытой корневой системой, внекорневая обработка, регуляторы роста, фунгициды, пигменты фотосинтеза, перекисное окисление липидов, мембраны клеток

I. A. Mashkin, V. P. Shukanov, E. V. Melnikowa, L. A. Korytsko, S. N. Polyanskaya

V. F. Kuprevich Institute of Experimental Botany of the National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Belarus,
e-mail: patphysio@mail.ru

THE USE OF NATURAL TRITERPENE GROWTH REGULATORS ON SEEDS AND SEEDING MATERIALS OF EUROPEAN SPRUCE (*PICEA ABIES*)

Abstract. The article presents the results of experiments on growing seedlings of European spruce (*Picea abies*) in open ground, with their complex treatment with triterpene growth regulators Ecosil Mix and Ecosil Plus, which are obtained from Siberian fir (*Abies sibirica*) extract. To assess the effect of treatments on the growth of spruce, the length of the root and aerial part, the diameter of the root collar of the seedlings, as well as the mass of organic matter of plants (separately for needles, stems and roots) were measured. In order to determine the effect of drugs on plant cells, such biochemical parameters as the amount of lipid peroxidation products and the integrity of cell membranes, as well as the amount and ratio of photosynthetic pigments were determined. As a result, the most effective was the pre-sowing incrustation of seeds with the growth regulator Ecosil Mix and the fungicide Vincit Forte, which was proved not only by the enhancement of the growth of seedlings, but also by the normalization of physiological and biochemical processes in plant cells.

Keywords: european spruce, seeds, pre-sowing treatment, seedlings with open root system, foliar application, growth regulators, fungicides, photosynthesis pigments, lipid peroxidation, cell membranes

I. A. Mashkin, V. P. Shukanov, A. U. Melnikava, L. A. Korytska, S. N. Polyanskaya

Інстытут эксперыментальнай батанікі імя В. Ф. Купрэвіча Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі,
Мінск, Беларусь, e-mail: patphysio@mail.ru

ВЫКАРЫСТАННЕ ПРЫРОДНЫХ ТРЫТЭРПЕНАВЫХ РЭГУЛЯТАРАЎ РОСТУ НА ПАСЯЎНЫМ І ПАСАДАЧНЫМ МАТЭРЫЯЛЕ ЕЛКІ ЕЎРАПЕЙСКОЙ (*PICEA ABIES*)

Анотацыя. Прыведзены вынікі даследаванняў па вырошчванню сеянцаў елкі еўрапейскай (*Picea abies*) ва ўмовах адкрытага грунту пры іх комплекснай апрацоўцы трыверпенавымі рэгулятарамі росту Экасіл Мікс і Экасіл Плюс, якія вырабляюцца на аснове экстракта піхты сібірскай (*Abies sibirica*). Для ацэнкі ўплыву апрацовак на роставыя працэсы елкі вымяралі даўжыню караня і надземнай часткі, дыяметр прыкаранёвай шыйкі сеянцаў, а таксама масу арганічнага

речыва раслін (асобна для ігліцы, сцябла і каранёў). З мэтай выяўлення дзеяння прэпаратаў на клеткавым узроўні вызначаны такія фізіялага-біяхімічныя параметры, як колькасць прадуктаў перакіснага акіслення ліпідаў мембран і іх цэласнасць, канцэнтрацыя і суадносіны пігментаў фотасінтэзу. У выніку найбольш эфектыўнай была перадпасаўная інкрустацыя насення рэгулятарам росту Экасіл Мікс і фунгіцыдам Вінцыт Фортэ, што даказана не толькі актывізацыяй росту сеянцаў елкі еўрапейскай, але і нармалізацыяй фізіялага-біяхімічных працэсаў у раслінных клетках.

Ключавыя словы: елка еўрапейская, насенне, перадпасаўная апрацоўка, сеянцы з адкрытай каранёвай сістэмай, пазакаранёвая апрацоўка, рэгулятары росту, фунгіцыды, пігменты фотасінтэзу, перакіснае акісленне ліпідаў, мембраны клетак

Введение. Ель европейская (*Picea abies*) является коммерчески важным видом деревьев, так как ее древесина обладает хорошими механическими свойствами, легко обрабатывается и имеет множество применений, например, в качестве строительного материала и балансовой древесины [1]. Однако популяции ели европейской последние десятилетия подвержены серьезным угрозам, особенно в некоторых регионах центральной Европы. Несмотря на высокий уровень генетической изменчивости и адаптивности ели, а также принимаемые меры по предотвращению сокращения лесного фонда, прогнозируются быстрые изменения границ области распространения хвойных пород на Евразийском континенте. Обширная гибель хвойных лесов, вызванная промышленным загрязнением воздуха, глобальным потеплением и интенсивным развитием инфекционных заболеваний, несомненно влияют на запасы ресурсов, что требует активизации усилий по сохранению имеющихся лесов и созданию новых [1, 2].

Лесоразведение и лесовосстановление представляют собой многоэтапный процесс, включающий обработку посевного и посадочного материала защитно-стимулирующими препаратами. Несмотря на то что технологии выращивания сеянцев постоянно развиваются, иногда новые приемы, связанные с прогрессивным стремлением к сокращению стоимости производства, и их механизация приводят к ухудшению качества посадочного материала и негативному воздействию на окружающую среду. Поэтому крайне важна разработка мероприятий по повышению качества и болезнеустойчивости посадочного материала древесных культур, базирующихся на принципах полной экологической безопасности, соблюдение которых возможно за счет использования препаратов природного происхождения [3–5].

Благодаря работе российских и белорусских ученых создан ряд отечественных регуляторов роста на основе экстракта пихты сибирской (*Abies sibirica*), давно известной в качестве источника целебной пихтовой живицы, концентрирующейся в коре, а также эфирного масла, извлекаемого из пихтовой лапки перегретым водяным паром. Особенностью пихт является наличие в них комплекса тритерпеноидов со структурно модифицированным ланостановым углеродным скелетом [6], который выступает действующим веществом препаратов, обеспечивая росторегулирующую и фунгицидную активность [5–7].

Материалы и методы исследования. Объектами исследования являлись семена и сеянцы с открытой корневой системой ели европейской (*Picea abies*). Посевной материал заготовлен в 2019 г. и соответствовал первому классу качества. Опыты проводили в условиях открытого грунта на базе постоянного питомника ГЛХУ «Логойский лесхоз» в 2020 г.

По геоморфологическому районированию Республики Беларусь территория Логойского лесхоза расположена на Минской краевой ледниковой возвышенности, для которой характерен холмистый, грядово-холмистый и холмисто-увалистый денурационно-эрозионный рельеф Логойско-Плещеницкого пояса краевых образований [8]. Климат на территории Логойского района умеренно континентальный. Многолетняя средняя температура января составляет -7°C , июля – $+17,6^{\circ}\text{C}$. Среднегодовое количество осадков – 630 мм. Продолжительность вегетационного периода около 188 дней. Средняя температура на территории района с мая по август 2020 г. составляла $+16,2^{\circ}\text{C}$, а количество выпавших осадков – 511 мм [9].

Семена ели европейской высевали в мае безгрядковым ленточным посевом по пятистрочной схеме с шириной строки равной 5 см и расстоянием 25 см. Площадь опытного участка, в пределах которого случайным образом были разбиты деланки (повторность 4-х кратная) общей площадью 80 м², составила 0,3 га. Часть семян, согласно схеме опыта (табл. 1), перед посевом инкрустировали двухкомпонентными защитно-стимулирующими составами, включающие

регулятор роста Экосил Микс и протравитель фунгицидного действия Винцит Форте (10 л рабочего раствора на 1 т семян). В июне–начале августа проводили 1–2-кратные внекорневые обработки семян с интервалом в 20–30 дней, путем опрыскивания вегетирующих растений рабочими растворами препаратов Экосил Микс или Экосил Плюс.

Экосил Плюс, ВЭ (2,5 г/л тритерпеновых кислот) – природный полифункциональный препарат, регулятор роста и индуктор иммунитета растений. Фитоактиватор физиологических, биохимических, формообразовательных, продукционных и иммуномодулирующих процессов в растениях. В результате применения препарата стабилизируется метаболизм за счет снижения затрат энергии на гомеостаз, идущей на образование органического вещества в виде углеводов, жиров и белков. Помимо тритерпеновых кислот, в состав препарата входят биологически активная сумма нейтральных изопреноидов, состоящая из более чем 30 легколетучих малополярных, моно- и сесквитерпеновых соединений [5, 10].

Т а б л и ц а 1. Схема опытов по исследованию влияния препаратов на ель европейскую

Варианты опыта	Способ обработки	Расход препарата на 1 м ² , мл	Расход рабочего р-ра на 1 м ² , мл
Контроль (сухие семена)	–	–	–
Экосил Микс 1,0 л/га (1 обр.)	Внекорневая	0,1	30
Экосил Микс 1,0 л/га (2 обр.)	Внекорневая	0,1	30
Экосил Плюс 1,5 л/га (1 обр.)	Внекорневая	0,15	30
Экосил Плюс 1,5 л/га (2 обр.)	Внекорневая	0,15	30
Экосил Микс 0,1 мл/л + Винцит Форте 50 мл/л	Предпосевная (инкрустация)	–	–
Экосил Микс 0,1 мл/л + Винцит Форте 50 мл/л + Экосил Микс 1,0 л/га (1 обр.)	Предпосевная (инкрустация) + внекорневая	0,1	30
Экосил Микс 0,1 мл/л + Винцит Форте 50 мл/л + Экосил Микс 1,0 л/га (2 обр.)	Предпосевная (инкрустация) + внекорневая	0,1	30
Экосил Микс 0,1 мл/л + Винцит Форте 50 мл/л + Экосил Плюс 1,5 л/га (1 обр.)	Предпосевная (инкрустация) + внекорневая	0,15	30
Экосил Микс 0,1 мл/л + Винцит Форте 50 мл/л + Экосил Плюс 1,5 л/га (2 обр.)	Предпосевная (инкрустация) + внекорневая	0,15	30

П р и м е ч а н и е. 1 обр. – 1 обработка; 2 обр. – 2 обработки. То же для табл. 2–6.

Экосил Микс, ВЭ (5 г/л тритерпеновых кислот) – природный полифункциональный препарат, обогащенный комплексом макро- и микроэлементов и широким спектром биологически активных соединений: модифицированных гуминовых кислот, фульвокислот, аминокислот (глицин, лизин, треонин, метионин, тирозин и др.) и биогенных аминов (тирамин и др.), низкомолекулярных органических кислот (янтарная, малоновая, яблочная, щавелевая, и др.), фенолкарбоновых кислот (салициловая, бензойная, феруловая, кумаровая, ванилиновая, галловая и др.). Экосилы относятся к 4-му классу опасности, нефитотоксичны и безвредны для пчел в полевых условиях [5, 11, 12].

Винцит Форте, КС (флутриафол 37,5 г/л + тиabendазол 25 г/л + имазалил 15 г/л) – системный фунгицид для защиты семян от комплекса заболеваний, передающихся воздушным путем и через почву. Препарат оказывает фунгицидное действие в течение нескольких часов после обработки семян. Действующие вещества, входящие в состав Винцита Форте, обладают профилактическим и лечащим системным действием. Флутриафол нарушает биосинтез стероидов и проницаемость клеточных мембран, тиabendазол нарушает процесс деления клеточных ядер, имазалил ингибирует биосинтез эргостерина и подавляет образование мембран в клетках грибов. Имеет 3-й класс опасности, практически не токсичен для животных и почвенных микроорганизмов [5, 11, 12].

Для оценки влияния обработок на ростовые процессы семян ели европейской с интервалом в 30 сут определяли их морфобиометрические параметры (длину корня и надземной части, а также диаметр прикорневой шейки). На 90-е сутки прорастивания измерили сухую биомассу растений (отдельно для хвои, стеблей и корней). Выборка составила 30 растений в каждом варианте. Сухую биомассу измеряли на основании ГОСТ 16483.7–71 в стеклянных бюксах со снятыми крышками, помещенными в сушильный шкаф при температуре 103 ± 2 °C (минимальное время высушивания составляло 6 ч) [13].

Интенсивность патогенных процессов в растительных организмах определяли путем анализа таких физиолого-биохимических параметров, как уровень содержания продуктов перекисного окисления липидов мембран и их целостность, количество и соотношение пигментов фотосинтеза. Перекисное окисление липидов мембран оценивалось при помощи спектрофотометрического метода, основываясь на способности 2-тиобарбитуровой кислоты (ТБК) связываться с липидными перекисями (малоновый диальдегид). Количество ТБК-продуктов (в мкМ/г свежей массы) рассчитывали, используя молярный коэффициент экстинкции – $1,55 \cdot 10^5 \text{ M}^{-1} \text{ cm}^{-1}$ [14, 15]. Изменение проницаемости мембран определяли по выходу водорастворимых веществ из тканей растений с помощью кондуктометра HI-8734 (в мг/л) [16]. Содержание фотосинтетических пигментов в хвое семян определяли трехволновым методом из ацетоновой вытяжки [14–18]. Концентрацию хлорофиллов *a* и *b* и их сумму рассчитывали по уравнениям Винтерманс и Де Мотс для ацетона [10, 11]:

$$C_a = 9,784D_{662} - 0,990D_{644}, \quad (1)$$

$$C_b = 21,426D_{644} - 4,650D_{662}, \quad (2)$$

$$C_{a+b} = 5,134D_{662} + 20,436D_{644}, \quad (3)$$

где *C* – концентрация хлорофиллов *a*, *b* и каротиноидов, мг/л, *D* – оптическая плотность в центрах поглощения пигментов 644 и 662 нм.

Концентрацию каротиноидов в суммарной вытяжке пигментов вычисляли с использованием уравнения Веттштейна [17]:

$$C_{\text{кар}} = 4,695D_{440} - 0,268(\text{Хл.}a+b \text{ мг/л}), \quad (4)$$

где *C* – концентрация хлорофиллов *a*, *b* и каротиноидов в мг/л, *D* – оптическая плотность в центрах поглощения пигментов 440 нм.

Содержание пигментов в хвое вычисляли по формуле [16–18]:

$$A = (CV) / (P1000), \quad (5)$$

где *A* – содержание пигмента в мг на 1 г сырой навески; *C* – концентрация пигмента, мг/л; *V* – объем вытяжки пигмента, мл; *P* – навеска хвои, г.

Статистическая обработка данных осуществлена на базе программного обеспечения пакета анализа Microsoft Excel 2013 и STATISTICA 6.1 [19].

Результаты исследований и их обсуждение. Схема опытов в условиях открытого грунта составлена на основании результатов ранее проведенных лабораторных исследований влияния комплексных обработок посевного и посадочного материала хвойных пород защитно-стимулирующими составами, включающими регуляторы роста Экосил Микс, Экосил Плюс и фунгицид Винцит Форте [5, 7]. В итоге было выявлено, что сочетания и дозировки препаратов, показавшие эффективность в контролируемой среде, также стимулируют ростовые процессы семян ели европейской с открытой корневой системой (табл. 2 и 3).

Через месяц после прорастания семян отмечено существенное увеличение морфобиометрических показателей ели, особенно длины корней (до 131 % к контролю) при инкрустации семян защитно-стимулирующим составом. Положительное действие обработок на ростовые про-

цессы семян выявлено и через 2 месяца, как в вариантах с одной только предпосевной или внекорневой обработкой, так и при дополнительном внесении экосилов. Следует отметить, что одновременные предпосевные и внекорневые обработки, несмотря на ускорение роста в сравнении с контролем, снижают значения биометрических показателей по отношению к варианту Экосил Микс 0,1 мл/л + Винцит Форте 50 мл/л. Схожая тенденция сохраняется и в возрасте трех месяцев. Видно, что отдельное внесение росторегуляторов во время вегетации и обработка посевного материала в основном оказывают положительное действие на сеянцы. Однако при двукратной внекорневой обработке вегетирующих растений отмечено некоторое уменьшение стимулирующего эффекта на корневую систему. Вместе с тем в обоих вариантах, предполагающих инкрустирование семян или защитно-стимулирующими составами и опрыскивание сеянцев, зависимость прослеживается не от кратности внекорневых обработок, а от состава композиций. Так, в случае обработки вегетирующих растений Экосилом Микс по отношению к контролю увеличиваются все биометрические параметры, хоть и не так сильно, как при отдельном инкрустировании. Аналогичные обработки, но с опрыскиванием растений Экосилом Плюс, не вызывают значимых отклонений в сравнении с контролем.

Т а б л и ц а 2. Влияние обработок на морфобиометрические параметры сеянцев ели европейской

Варианты опыта	Длина надземной части		Длина корня		Толщина прикорневой шейки	
	мм ($M \pm m$)	% к контролю	мм ($M \pm m$)	% к контролю	мм ($M \pm m$)	% к контролю
1 месяц						
Контроль (сухие семена)	27,58±1,03	100	17,28±0,62	100	0,74±0,01	100
Экосил Микс 0,1 мл/л + Винцит Форте 50 мл/л	34,63±0,48*	126	22,70±0,56*	131	0,78±0,01*	106
2 месяца						
Контроль (сухие семена)	32,65±0,65	100	29,10±1,02	100	0,55±0,01	100
Экосил Микс 1,0 л/га (1 обр.)	40,15±0,96*	123	28,93±0,98	99	0,56±0,01	101
Экосил Плюс 1,5 л/га (1 обр.)	38,18±0,75*	117	34,28±2,19*	118	0,57±0,01*	104
Экосил Микс 0,1 мл/л + Винцит Форте 50 мл/л	44,08±0,60*	135	38,30±1,98*	132	0,58±0,01*	105
Экосил Микс 0,1 мл/л + Винцит Форте 50 мл/л + Экосил Микс 1,0 л/га (1 обр.)	41,63±0,61*	127	32,75±0,96*	113	0,57±0,01	103
Экосил Микс 0,1 мл/л + Винцит Форте 50 мл/л + Экосил Плюс 1,5 л/га (1 обр.)	36,63±0,44*	112	30,50±0,93*	105	0,54±0,01	98
3 месяца						
Контроль (сухие семена)	42,18±0,44	100	33,48±1,12	100	0,55±0,01	100
Экосил Микс 1,0 л/га (1 обр.)	42,65±0,80	101	47,60±2,06*	142	0,65±0,01*	120
Экосил Микс 1,0 л/га (2 обр.)	43,58±0,61	103	41,98±1,23*	125	0,58±0,01*	106
Экосил Плюс 1,5 л/га (1 обр.)	38,25±0,77*	91	50,85±2,91*	152	0,62±0,01*	115
Экосил Плюс 1,5 л/га (2 обр.)	38,23±0,72*	91	41,10±1,63*	123	0,58±0,01*	107
Экосил Микс 0,1 мл/л + Винцит Форте 50 мл/л	47,15±0,59*	112	52,78±2,63*	158	0,66±0,01*	121
Экосил Микс 0,1 мл/л + Винцит Форте 50 мл/л + Экосил Микс 1,0 л/га (1 обр.)	45,43±0,50*	108	40,53±1,11*	121	0,60±0,01*	110
Экосил Микс 0,1 мл/л + Винцит Форте 50 мл/л + Экосил Микс 1,0 л/га (2 обр.)	45,03±0,52*	107	39,60±1,33*	118	0,61±0,01*	112
Экосил Микс 0,1 мл/л + Винцит Форте 50 мл/л + Экосил Плюс 1,5 л/га (1 обр.)	43,38±0,69	103	34,25±0,82	102	0,53±0,01	97
Экосил Микс 0,1 мл/л + Винцит Форте 50 мл/л + Экосил Плюс 1,5 л/га (2 обр.)	42,43±1,17	101	34,93±0,80	104	0,56±0,01	103

* Данные статистически значимы по *t*-критерию Стьюдента ($p = 0,05$). То же и для табл. 3–4, и 6.

Т а б л и ц а 3. Влияние обработок на сухую биомассу сеянцев ели европейской (в возрасте 3 мес.)

Варианты опыта	Масса сеянцев (10 штук)					
	хвоя		стволик		корень	
	г ($M\pm m$)	% к контролю	г ($M\pm m$)	% к контролю	г ($M\pm m$)	% к контролю
Контроль (сухие семена)	0,203±0,006	100	0,026±0,001	100	0,029±0,002	100
Экосил Микс 1,0 л/га (1 обр.)	0,256±0,014*	126	0,035±0,002*	134	0,033±0,001*	116
Экосил Микс 1,0 л/га (2 обр.)	0,262±0,014*	129	0,033±0,002*	128	0,033±0,001*	115
Экосил Плюс 1,5 л/га (1 обр.)	0,251±0,016*	124	0,032±0,002*	122	0,034±0,001*	117
Экосил Плюс 1,5 л/га (2 обр.)	0,252±0,014*	124	0,035±0,002*	135	0,035±0,001*	122
Экосил Микс 0,1 мл/л + Винцит Форте 50 мл/л	0,284±0,014*	140	0,039±0,002*	150	0,036±0,001*	126
Экосил Микс 0,1 мл/л + Винцит Форте 50 мл/л + Экосил Микс 1,0 л/га (1 обр.)	0,274±0,017*	135	0,036±0,002*	138	0,033±0,001*	114
Экосил Микс 0,1 мл/л + Винцит Форте 50 мл/л + Экосил Микс 1,0 л/га (2 обр.)	0,194±0,004	95	0,028±0,001	109	0,030±0,001	104
Экосил Микс 0,1 мл/л + Винцит Форте 50 мл/л + Экосил Плюс 1,5 л/га (1 обр.)	0,184±0,004*	91	0,025±0,001	94	0,026±0,001*	90
Экосил Микс 0,1 мл/л + Винцит Форте 50 мл/л + Экосил Плюс 1,5 л/га (2 обр.)	0,185±0,005*	91	0,025±0,001	96	0,028±0,001	99

О ростостимулирующем действии обработок говорит и увеличение относительно контроля интенсивности накопления органического вещества сеянцами ели в большинстве опытных вариантов, особенно при отдельном инкрустировании семян, а вот дополнительное внесение регуляторов роста несколько снижало оказываемый положительный эффект. Следует отметить, что в случае однократной внекорневой обработки препаратом Экосил Микс наблюдается статистически достоверное к контролю увеличение сухой биомассы всех частей сеянцев, а при двукратной – лишь стволика. В свою очередь во всех вариантах с дополнительным внесением Экосила Плюс не выявлено стимулирующего влияния на накопление массы. Все это указывает на то, что кратность обработок влияет на накопление органических веществ растениями в меньшей степени, чем состав композиций.

Первичный метаболизм растений также подвергся определенным сдвигам при внесении препаратов, что видно по изменению концентрации пигментов фотосинтеза в хвое сеянцев ели европейской с открытой корневой системой, начиная с ранних этапов роста (табл. 4).

Т а б л и ц а 4. Влияние обработок на содержание фотосинтетических пигментов в хвое сеянцев ели европейской

Варианты опыта	Хлорофилл «а»		Хлорофилл «b»		Каротиноиды	
	мг/г ($M\pm m$)	% к контролю	мг/г ($M\pm m$)	% к контролю	мг/г ($M\pm m$)	% к контролю
1 месяц						
Контроль (сухие семена)	0,91±0,01	100	0,55±0,01	100	0,57±0,01	100
Экосил Микс 0,1 мл/л + Винцит Форте 50 мл/л	1,05±0,01*	115	0,64±0,01*	116	0,63±0,01*	110
2 месяца						
Контроль (сухие семена)	0,46±0,01	100	0,17±0,01	100	0,36±0,01	100
Экосил Микс 1,0 л/га (1 обр.)	0,50±0,01*	108	0,17±0,01	101	0,39±0,01*	108
Экосил Плюс 1,5 л/га (1 обр.)	0,47±0,01	103	0,16±0,01	94	0,39±0,01	107
Экосил Микс 0,1 мл/л + Винцит Форте 50 мл/л	0,52±0,01*	114	0,19±0,01*	111	0,41±0,01*	113
Экосил Микс 0,1 мл/л + Винцит Форте 50 мл/л + Экосил Микс 1,0 л/га (1 обр.)	0,76±0,01*	166	0,16±0,01	95	0,20±0,01*	54
Экосил Микс 0,1 мл/л + Винцит Форте 50 мл/л + Экосил Плюс 1,5 л/га (1 обр.)	0,55±0,01*	121	0,20±0,01*	119	0,44±0,01*	122
3 месяца						
Контроль (сухие семена)	0,37±0,01	100	0,14±0,01	100	0,30±0,01	100
Экосил Микс 1,0 л/га (1 обр.)	0,26±0,01*	69	0,10±0,01*	70	0,22±0,01*	74

Окончание табл. 4

Варианты опыта	Хлорофилл «а»		Хлорофилл «b»		Каротиноиды	
	мг/г ($M \pm m$)	% к контролю	мг/г ($M \pm m$)	% к контролю	мг/г ($M \pm m$)	% к контролю
Экосил Микс 1,0 л/га (2 обр.)	0,32±0,01*	87	0,13±0,01	96	0,27±0,01*	92
Экосил Плюс 1,5 л/га (1 обр.)	0,31±0,01*	82	0,11±0,01*	77	0,24±0,01*	80
Экосил Плюс 1,5 л/га (2 обр.)	0,51±0,01*	136	0,18±0,01*	128	0,40±0,01*	137
Экосил Микс 0,1 мл/л + Винцит Форте 50 мл/л	0,49±0,01*	131	0,16±0,018	114	0,39±0,01*	132
Экосил Микс 0,1 мл/л + Винцит Форте 50 мл/л + Экосил Микс 1,0 л/га (1 обр.)	0,29±0,01*	79	0,12±0,01*	89	0,24±0,01*	82
Экосил Микс 0,1 мл/л + Винцит Форте 50 мл/л + Экосил Микс 1,0 л/га (2 обр.)	0,32±0,01*	85	0,13±0,01*	95	0,26±0,01*	87
Экосил Микс 0,1 мл/л + Винцит Форте 50 мл/л + Экосил Плюс 1,5 л/га (1 обр.)	0,40±0,01*	108	0,14±0,01*	105	0,34±0,01*	114
Экосил Микс 0,1 мл/л + Винцит Форте 50 мл/л + Экосил Плюс 1,5 л/га (2 обр.)	0,42±0,01*	113	0,14±0,01	104	0,33±0,01*	113

Сеянцы ели европейской, произросшие из инкрустированных защитно-стимулирующим составом семян, уже в возрасте 30 дней характеризуются более высоким содержанием хлорофиллов и каротиноидов по отношению к контролю. К двум месяцам отмечено увеличение концентрации пигментов при опрыскивании растений Экосилом Микс и во всех вариантах с предпосевной обработкой. По истечении трех месяцев в вариантах с одной только инкрустацией семян концентрация пигментов стабильно выше контрольных значений, а в случае внесения во время вегетации регуляторов роста не все так однозначно. Отдельное опрыскивание растений экосилами вызывало в основном увеличение содержания пигментов в хвое сеянцев. Схожая картина наблюдается и при одновременном инкрустировании семян, однако стоит отметить, что как и для морфобиометрических параметров, здесь также выявлена закономерность, связанная не с кратностью обработок регуляторами роста, а с применяемыми препаратами, так как внесение во время вегетации Экосила Микс вызвало уменьшение концентрации фотосинтетических пигментов, а опрыскивание Экосилом Плюс – увеличение. Интересно то, что при одновременном внесении Экосила Плюс и предпосевной обработке семян зафиксировано снижение интенсивности роста сеянцев относительно контроля.

Под влиянием обработок защитными и стимулирующими препаратами посевного и посадочного материала ели европейской также существенно меняется соотношение фотосинтетических пигментов (табл. 5), которое тесно коррелирует с их концентрацией в хвое сеянцев.

Т а б л и ц а 5. Влияние обработок на соотношение фотосинтетических пигментов в хвое сеянцев ели европейской

Варианты опыта	Хлорофилл «а» / «b»	Хлорофиллы / каротиноиды
1 месяц		
Контроль (сухие семена)	1,7	2,5
Экосил Микс 0,1 мл/л + Винцит Форте 50 мл/л	1,7	2,7
2 месяца		
Контроль (сухие семена)	2,7	1,7
Экосил Микс 1,0 л/га (1 обр.)	2,9	1,7
Экосил Плюс 1,5 л/га (1 обр.)	2,9	1,6
Экосил Микс 0,1 мл/л + Винцит Форте 50 мл/л	2,8	1,7
Экосил Микс 0,1 мл/л + Винцит Форте 50 мл/л + Экосил Микс 1,0 л/га (1 обр.)	4,7	3,9
Экосил Микс 0,1 мл/л + Винцит Форте 50 мл/л + Экосил Плюс 1,5 л/га (1 обр.)	2,7	1,7
3 месяца		
Контроль (сухие семена)	2,7	1,7
Экосил Микс 1,0 л/га (1 обр.)	2,7	1,6

Окончание табл. 5

Варианты опыта	Хлорофилл «а» / «b»	Хлорофиллы / каротиноиды
Экосил Микс 1,0 л/га (2 обр.)	2,4	1,7
Экосил Плюс 1,5 л/га (1 обр.)	2,9	1,8
Экосил Плюс 1,5 л/га (2 обр.)	2,8	1,7
Экосил Микс 0,1 мл/л + Винцит Форте 50 мл/л	3,1	1,7
Экосил Микс 0,1 мл/л + Винцит Форте 50 мл/л + Экосил Микс 1,0 л/га (1 обр.)	2,4	1,7
Экосил Микс 0,1 мл/л + Винцит Форте 50 мл/л + Экосил Микс 1,0 л/га (2 обр.)	2,4	1,7
Экосил Микс 0,1 мл/л + Винцит Форте 50 мл/л + Экосил Плюс 1,5 л/га (1 обр.)	2,8	1,6
Экосил Микс 0,1 мл/л + Винцит Форте 50 мл/л + Экосил Плюс 1,5 л/га (2 обр.)	2,9	1,7

Инкрустация семян защитно-стимулирующими составами, начиная с самых ранних этапов жизни растений, способствовала заметному повышению содержания хлорофиллов над каротиноидами в сравнении с контролем. В возрасте двух месяцев при отдельной предпосевной обработке у сеянцев ели отмечается положительное изменение интенсивности накопления пигментов, однако в случае обработки ели сочетанием Экосил Микс 0,1 мл/л + Винцит Форте 50 мл/л + Экосил Микс 1,0 л/га зафиксировано резкое сокращение количества каротиноидов, а также очень высокое содержание хлорофилла *a* к *b*, что может говорить о некотором разобщении фотосинтетических процессов в клетках растений. К трем месяцам прорастания наиболее заметное колебание в соотношении хлорофилла *a* к *b* наблюдается при отдельном инкрустировании, а соотношение каротиноидов фактически неизменно во всех опытных вариантах.

Заметна роль обработок защитно-стимулирующими препаратами и в нормализации окислительных процессов, а также сохранении целостности мембран растительных клеток, исходя из базовых показателей стрессоустойчивости (табл. 6).

Т а б л и ц а 6. Влияние обработок на перекисное окисление липидов и целостность мембран клеток сеянцев ели европейской

Варианты опыта	Содержание ТБК-продуктов		Выход водорастворимых веществ	
	мкМ/г (<i>M±m</i>)	% к контролю	мг/л/г (<i>M±m</i>)	% к контролю
1 месяц				
Контроль (сухие семена)	26,30±0,05	100	5,8±0,1	100
Экосил Микс 0,1 мл/л + Винцит Форте 50 мл/л	24,11±0,10*	92	4,2±0,1*	72
2 месяца				
Контроль (сухие семена)	23,42±0,16	100	2,4±0,1	100
Экосил Микс 1,0 л/га (1 обр.)	19,22±0,06*	82	0,9±0,1*	37
Экосил Плюс 1,5 л/га (1 обр.)	18,31±0,14*	78	1,2±0,1*	49
Экосил Микс 0,1 мл/л + Винцит Форте 50 мл/л	18,54±0,12*	79	0,5±0,1*	19
Экосил Микс 0,1 мл/л + Винцит Форте 50 мл/л + Экосил Микс 1,0 л/га (1 обр.)	21,09±0,08*	90	0,7±0,1*	28
Экосил Микс 0,1 мл/л + Винцит Форте 50 мл/л + Экосил Плюс 1,5 л/га (1 обр.)	21,64±0,15*	92	1,1±0,1*	46
3 месяца				
Контроль (сухие семена)	46,28±0,14	100	3,7±0,1	100
Экосил Микс 1,0 л/га (1 обр.)	40,52±0,88*	88	3,6±0,1*	96
Экосил Микс 1,0 л/га (2 обр.)	47,55±1,00	103	3,2±0,1*	86
Экосил Плюс 1,5 л/га (1 обр.)	44,91±0,56*	97	3,4±0,1*	93
Экосил Плюс 1,5 л/га (2 обр.)	41,27±0,65*	89	2,7±0,1*	74
Экосил Микс 0,1 мл/л + Винцит Форте 50 мл/л	42,17±0,60*	91	2,2±0,1*	59
Экосил Микс 0,1 мл/л + Винцит Форте 50 мл/л + Экосил Микс 1,0 л/га (1 обр.)	47,77±0,29	103	2,3±0,1*	61
Экосил Микс 0,1 мл/л + Винцит Форте 50 мл/л + Экосил Микс 1,0 л/га (2 обр.)	46,74±0,50	101	2,9±0,1*	78
Экосил Микс 0,1 мл/л + Винцит Форте 50 мл/л + Экосил Плюс 1,5 л/га (1 обр.)	51,80±0,65*	112	2,8±0,1*	75
Экосил Микс 0,1 мл/л + Винцит Форте 50 мл/л + Экосил Плюс 1,5 л/га (2 обр.)	54,74±1,00*	118	3,7±0,1	100

При инкрустации семян в тканях семян ели уже в возрасте одного месяца выявлено значительное падение содержания продуктов перекисного окисления липидов (до 92 %) и сокращение выхода водорастворимых веществ из хвои (до 72 %) по отношению к контролю. Спустя 2 месяца наблюдалась схожая тенденция после использования препаратов. Однако уже к трем месяцам проращивания отмечено увеличение концентрации ТБК-продуктов в тканях семян ели при сочетании инкрустации и внесения во время вегетации Экосила Плюс. Все это соотносится с полученными в данных вариантах морфобиометрическими показателями и подтверждает возможное наличие определенных негативных факторов. При этом большинство отдельных обработок способствовало существенному уменьшению перекисного окисления липидов и понижению проницаемости мембран растительных клеток в сравнении с контролем.

Заключение. Проведенные испытания различных способов обработки посевного и посадочного материала ели регуляторами роста, содержащими тритерпеновые кислоты, позволяют сделать вывод о том, что наиболее эффективна предпосевная инкрустация семян в сочетании с протравителем фунгицидного действия Винцит Форте. Усиление ростовых процессов семян ели, как правило, в подавляющем большинстве случаев было сопряжено с высоким содержанием в хвое фотосинтетических пигментов, падением концентрации продуктов перекисного окисления липидов и сокращением выхода водорастворимых веществ из растительных тканей. Таким образом, несмотря на определенное положительное действие отдельного внесения тритерпеновых росторегуляторов, обеспечение всестороннего повышения качества семян ели достигается при использовании многокомпонентных защитно-стимулирующих составов.

Список использованных источников

1. European Forest Genetic Resources Programme [Electronic resource]: Technical Guidelines for genetic conservation and use for Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.). – Roma: International Plant Genetic Resources Institute, 2003. – Mode of access: http://www.euforgen.org/fileadmin/templates/euforgen.org/upload/Publications/Technical_guidelines/Technical_guidelines_Picea_abies.pdf. – Date of access: 24.01.2020.
2. European Forest Genetic Resources Programme [Electronic resource]: Technical Guidelines for genetic conservation of Scots pine (*Pinus sylvestris*). – Roma: International Plant Genetic Resources Institute, 2004. – Mode of access: http://www.euforgen.org/uploads/tx_news/1037_Technical_guidelines_for_genetic_conservation_and_use_for_Scots_pine_Pinus_sylvestris_.pdf. – Date of access: 23.01.2020.
3. Волкович, А. П. Интенсивные технологии выращивания посадочного материала в лесовосстановлении / А. П. Волкович, В. В. Носников. – Минск: БГТУ, 2015. – 75 с.
4. Копытков, В. В. Современные технологии и агротехнические приемы по выращиванию, хранению и транспортировке посадочного материала с использованием композиционных полимерных составов / В. В. Копытков. – Минск: Акад. упр. при Президенте РБ, 2007. – 147 с.
5. Шуканов, В. П. Применение экологически безопасных препаратов для повышения качества семян сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) / В. П. Шуканов, И. А. Машкин, Л. А. Корытько // Природные ресурсы. – 2020. – № 1. – С. 99–107.
6. Ралдугин, В. А. Тритерпеноиды пихты и высокоэффективный регулятор роста растений на их основе / В. А. Ралдугин // Рос. хим. журн. – 2004. – № 3. – С. 84–88.
7. Машкин, И. А. Влияние защитно-стимулирующих препаратов на болезнеустойчивость и качественные характеристики семян ели (*Picea abies*) с закрытой корневой системой / И. А. Машкин, Л. А. Корытько, В. П. Шуканов // Труды БГТУ. Лесное хозяйство, природопользование и переработка возобновляемых ресурсов. – 2020. – № 2. – С. 109–119.
8. Общая характеристика Логойского лесхоза [Электронный ресурс] // Логойский лесхоз. – Режим доступа: http://leshoz-logoyisk.by/?page_id=162. – Дата доступа: 10.03.2020.
9. Погода в городе Логойск [Электронный ресурс] // WeatherArchive.ru. – Режим доступа: <http://weatherarchive.ru/Pogoda/Logoyisk>. – Дата доступа: 01.09.2020.
10. Дополнение к государственному реестру средств защиты растений и удобрений, разрешенных к применению на территории Республики Беларусь. – Минск, 2016.
11. Подготовка к посеву семян зерновых культур (рекомендации). – Жодино: НПЦ НАН Беларуси по земледелию, 2008. – 101 с.
12. Миренков, Ю. А. Химические средства защиты растений: справ. / Ю. А. Меринков, П. А. Саскевич, С. В. Сорока. – Несвиж: Несвиж. укрпн. типогр. им С. Будного, 2011. – 394 с.
13. Древесина. Методы определения влажности: ГОСТ 16483.7-71. – М., 2006.
14. Иванов, В. Б. Практикум по физиологии растений / В. Б. Иванов. – М.: Академия, 2001. – 136 с.
15. Храмченкова, О. М. Практикум по физиологии растений: практическое руководство. Ч. 1 / О. М. Храмченкова. – Гомель: ГГУ, 2017. – 44 с.
16. Волюнец, А. П. Физиология патогенеза и болезнеустойчивости растений / А. П. Волюнец, В. П. Шуканов. – Минск: Беларус. навука, 2016. – 252 с.
17. Титова, М. С. Содержание фотосинтетических пигментов в хвое *Picea abies* и *Picea koraiensis* / М. С. Титова // Вестник ОГУ. – 2010. – № 12 (118). – С. 9–12.
18. Шлык, А. А. Определение хлорофиллов и каротиноидов в экстрактах зеленых листьев. Биохимические методы в физиологии растений / А. А. Шлык. – М.: Наука, 1971. – 327 с.
19. Зайцев, Г. Н. Математика в экспериментальной ботанике / Г. Н. Зайцев. – М.: Наука, 1990. – 296 с.

Поступила 15.02.2021

ОБЗОРЫ

REVIEWS

АГЛЯДЫ

УДК 574.583+581.526.325.2

Т. М. Михеева

*Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь, e-mail: mikheyeva@tut.by***РЕДКИЕ, ЧУЖЕРОДНЫЕ, ОХРАНЯЕМЫЕ И ДРУГИЕ ПРИМЕЧАТЕЛЬНЫЕ ВИДЫ
АЛЬГОФЛОРЫ БЕЛАРУСИ**

Аннотация. В результате обзора работ автора и других исследователей альгофлоры различных местообитаний (преимущественно водных) Беларуси дана общая характеристика сборной группы «водоросли», ее структура, видовая и таксономическая представленность входящих в нее отделов, степень доминирования и распространенности видов и внутривидовых таксонов. В Беларуси выявлено около 3000 видов, разновидностей и форм (более 370 родов). В среднем для всех типов местообитаний (отмечается и своеобразие некоторых из них) наиболее представленными по числу видов являются зеленые водоросли, преимущественно хлорококковые, на втором месте, как правило, диатомовые, а с учетом внутривидовых таксонов первое место принадлежит диатомовым, второе – зеленым водорослям. Указан диапазон встречаемости видов. Сделан акцент на выявлении новых для науки, редких, инвазивных, краснокнижных и других, привлекающих внимание, видов во флоре республики. Некоторые из них иллюстрируются фотографиями, сделанными с помощью световой и электронной микроскопии.

Ключевые слова: Беларусь, альгофлора различных местообитаний, новые для науки, редкие, инвазивные, краснокнижные виды водорослей

T. M. Mikheeva

*Belarussian State University, Minsk, Belarus, e-mail: mikheyeva@tut.by***REAR, ALIEN, PROTECTED AND OTHER NOTABLE SPECIES OF THE ALGAL FLORA OF BELARUS**

Abstract. As a result of a review of the works of the author and other researchers of the algal flora of various habitats (mainly aquatic) in Belarus, a general characteristic of the combined group "algae", its structure, species and taxonomic representation of its divisions, the degree of dominance and prevalence of species and intraspecific taxa are given. About 3000 species, varieties and forms (more than 370 genera) have been identified in Belarus. On average, for all types of habitats (the originality of some of them is also noted), the most represented by the number of species are green algae, mainly chlorococcal, in second place, as a rule, are diatoms (and in the number of taxa, diatoms are in the first place, and green algae are second). The range of occurrence of species is indicated. The review focuses on identifying new for science, rare, invasive, red books' and other species that attract attention in the flora of the republic. Some of them are illustrated with light and electronic microscope photographs.

Keywords: Belarus, algal flora of different habitats, new for science, rear, invasive, red books', attracted attention species of algae

T. M. Михеева

*Беларускі дзяржаўны ўніверсітэт, Мінск, Беларусь, e-mail: mikheyeva@tut.by***РЭДКІЯ, ЧУЖАРОДНЫЯ, АХОЎНЫЯ І ІНШЫЯ ЗНАМЯНАЛЬНЫЯ ВІДЫ АЛЬГАФЛОРЫ БЕЛАРУСІ**

Анатацыя. У выніку агляду работ аўтара і іншых даследвальнікаў альгафлоры Беларусі дадзена агульная характарыстыка зборнай групы «водарасці», яе структура, відавая і таксанамічная прадстаўленасць уваходзячых у яе аддзелаў, ступень дамінавання і распаўсюджанасці відаў і ўнутривідавых таксонаў. У Беларусі ў розных месцах існавання (пераважна водных) выяўлена каля 3000 відаў, разнавіднасцей і форм (больш за 370 родаў). У сярэднім для ўсіх тыпаў месц існавання (адзначаецца і своеасаблівасць некаторых з іх) найбольш прадстаўленымі па колькасці відаў з'яўляюцца зялёныя водарасці, пераважна хларакавыя, на другім месцы, як правіла, дыятомавыя, а з улікам унутривідавых таксонаў першае месца належыць дыятомавым, другое – зялёным водарасцям. Паказаны дыяпазон сустракаемасці відаў. Зроблены акцэнт на выяўленні новых для навукі, рэдкіх, інвазіўных, чырвонакніжных і іншых відаў, якія прыцягваюць ўвагу, у флоры рэспублікі. Некаторыя з іх ілюструюцца фотаздымкамі, якія зроблены ў светавым і электронным мікраскопах.

Ключавыя словы: Беларусь, альгафлора розных месц існавання, новыя для навукі, рэдкія, інвазіўныя, чырвонакніжныя віды водарасцей

Водоросли – сборная группа низших, преимущественно водных, растений насчитывает более 55,5 тыс. видов, объединенных в 13 [1] отделов (по другим системам классификации в 16 [2]). Это древнейшие фотосинтезирующие организмы, являющиеся существенными компонентами наземных и водных экосистем. Во многих случаях им принадлежит ведущая роль в создании первичного органического вещества. От их жизнедеятельности зависит жизнеобеспечение и функционирование других трофических уровней в воде и на суше. От водорослей произошли растения, заселившие сушу. В симбиозе с грибами водоросли образуют лишайники. Сборная группа «водоросли» представлена одноклеточными (от долей мкм) и многоклеточными (длиной до 60 м), иногда тканевого строения, организмами, которые размножаются вегетативно, бесполом и половым путем. В Беларуси выявлено около 3000 видов, разновидностей и форм (более 370 родов). В среднем для всех типов водных объектов наиболее представленными по числу видов являются зеленые водоросли, преимущественно хлорококковые, на втором месте, как правило, диатомовые, а с учетом внутривидовых таксонов первое место принадлежит диатомовым, второе – зеленым водорослям. Далее места по числу видов и таксонов распределяются в следующей очередности: цианобактерии (синезеленые), эвгленовые, золотистые, желтозеленые, динофитовые, криптофитовые, харовые и рафидофитовые водоросли. Сходное соотношение мест по отделам сохраняется и среди наземной альгофлоры. В отдельных местообитаниях, однако, оно своеобразно. Например, в старичных озерах пойм рек и каналах преобладают эвгленовые, в реках – диатомовые и цианобактерии, в прудах – зеленые и эвгленовые водоросли. Более 40 % родов в альгофлоре Беларуси – одновидовые, около 20 % – двувидовые. Видо-космополиты с 90–100 %-ной встречаемостью как в водных экосистемах, так и во всех местообитаниях республики составляют только около 1 % от общего числа зарегистрированных таксонов. В диапазон встречаемости 75–90 % входит около 3 %, в диапазон от 50 до 75 % – около 6 %, а в 50 % местообитаний встречаются около 10 %, в 35 % всех указанных в составе альгофлоры таксонов отмечены только в 8 % изученных экосистем, т. е. являются достаточно редкими. Остальные 56 % видовых и внутривидовых таксонов можно отнести к умеренно распространенным [3–7].

В видовом составе альгофлоры Беларуси прослеживается концентрация видов в сравнительно небольшом числе родов (в 46 родах – около 60 %) и семейств (39) из четырех отделов: диатомовых, зеленых, цианобактерий (синезеленых) и эвгленовых водорослей, что свидетельствует о сложности процесса флорогенеза на территории республики [3–7]. Видовой состав альгофлоры в разных местообитаниях республики представлен во многих наших работах, включая энциклопедические издания, наиболее полно в монографических публикациях [8–31 и др.], так и в работах других исследователей [32–53]. Полная библиография до 1999 г. включительно по альгологическим исследованиям, проводившимся в Беларуси, приведена в монографии [1].

В альгофлоре Беларуси отмечено много новых не только для республики, но и для бывшего Советского Союза видов водорослей. Среди них представители разных отделов, большое количество диатомовых, зеленых, золотистых и других водорослей [54–74 и др.]. В 2017 г. В. Н. Петров опубликовал работу о нахождении редкого для республики представителя красных водорослей *Batrachospermum turfosom* Bory emend Sheath. в озерах Курганистое и Большое на погруженной в воду растительности [72].

Как сказано выше, в составе альгофлоры Беларуси 35 % видов и внутривидовых таксонов являются достаточно редкими. Они отмечены только в 8 % изученных водных и наземных экосистем. Среди них большое количество представителей золотистых: *Pseudokephyrion poculum* Conrad, *Ps. cinctum* (Schiller) Schmidle, *Kephyrion moniliferum* (Schmidle) Bourelly и *K. mastigophorum* Schmidle, *Epipyxis voigtii* (Lemm.) Hillard et Asmund и *E. lauterbornei* (Lemm.) Hillard et Asmund var. *lauterbornei*, *Lagynion scherffellii* Pascher, *Chrysolykos angulatus* (Willén), *Chrysoidalis peritaphrena* Schiller, *Chrysococcus triporus* Matv., *Chromulina assymetrica* (Doflein) Bourelly, *Chr. longiciliata* Matv., *Salpingoeca globulosa* (France) Bourelly, *Lagynion scherffellii* Pascher, *Uroglenopsis apiculata* Reverd, *Ochromonas danica* Pringsheim, *Bicosoeca ainikkiae* Järnefelt, *Dinobryon crenulatum* W. et G. S. West, *D. suecicum* Lemm., *D. korschikovii* Matv., *D. acuminatum* Ruttner. Это также представители криптомонад – *Rhodomonas pusilla* (Bachm.) Javor. var. *pusilla*, *Rh. lens* Pascher et Ruttner и динофито-

вых – *Glenodiniopsis steinei* Wołosz., *Peridiniopsis elpatiewskyi* (Ostenfeld) Bourelly, желтозеленых – *Characidiopsis elongata* Pascher, *Heterothrix monochloron* f. *terrestre* (Ettl) Hollerb., *Arachnochloris minor* Pascher и цианобактерий (синезеленых) – *Anabaenopsis raciborskii* Wołosz., *A. kelifii* Kog., *Aphanizomenon ovalisporum* Forti, *Cyanarcus hamiformis* Pascher, *Cyanotheca longipes* Pascher, *Clasidium setigerum* Kirchn., *Tetrarcus ilsteri* Skuja и др.; это зеленые водоросли – *Cerasterias irregularis* G. M. Smith, *Pachycladon umbrinus* G. M. Smith, *Euastropsis richteri* (Schmidle) Lagerh., *Tetrasporidium fottii* Conté et Tracanna, *Gloeotila spiralis* Chod, *Geminella planctonica* (Bolocchonz.) Tiwary et Pandey, *Bicuspidellopsis triangularis* Korschik., *Oocystis nephrocystioides* Fott et Čhodo, *O. coronata* Lemm., *Pediastrum integrum* var. *scutum* Racib., *Siderocelis ornata* Fott, *Tetraëdron hastatum* var. *gracile* (Reinsch.) De Toni и др. (рис. 1).

Много редких для СНГ видов отмечено и в составе впервые выявленного и описанного нами специфического биоценоза (микрокосма), представляющего симбиоз многочисленных водорослей с колониальной инфузорией из рода *Ophrydium* – *O. versatile* (Müller), внутри которого получают преимущественное развитие виды-обрастатели. Студенистые колонии этих простейших первоначально находятся в прикрепленном состоянии на харовых водорослях, а затем отрываются и свободно плавают в прибрежной зоне водоемов (обычно в августе), видны невооруженным глазом и достигают 1–3 см. Состав симбиотических водорослей и другие характеристики этого микрокосма опубликованы в работах [9, 10].

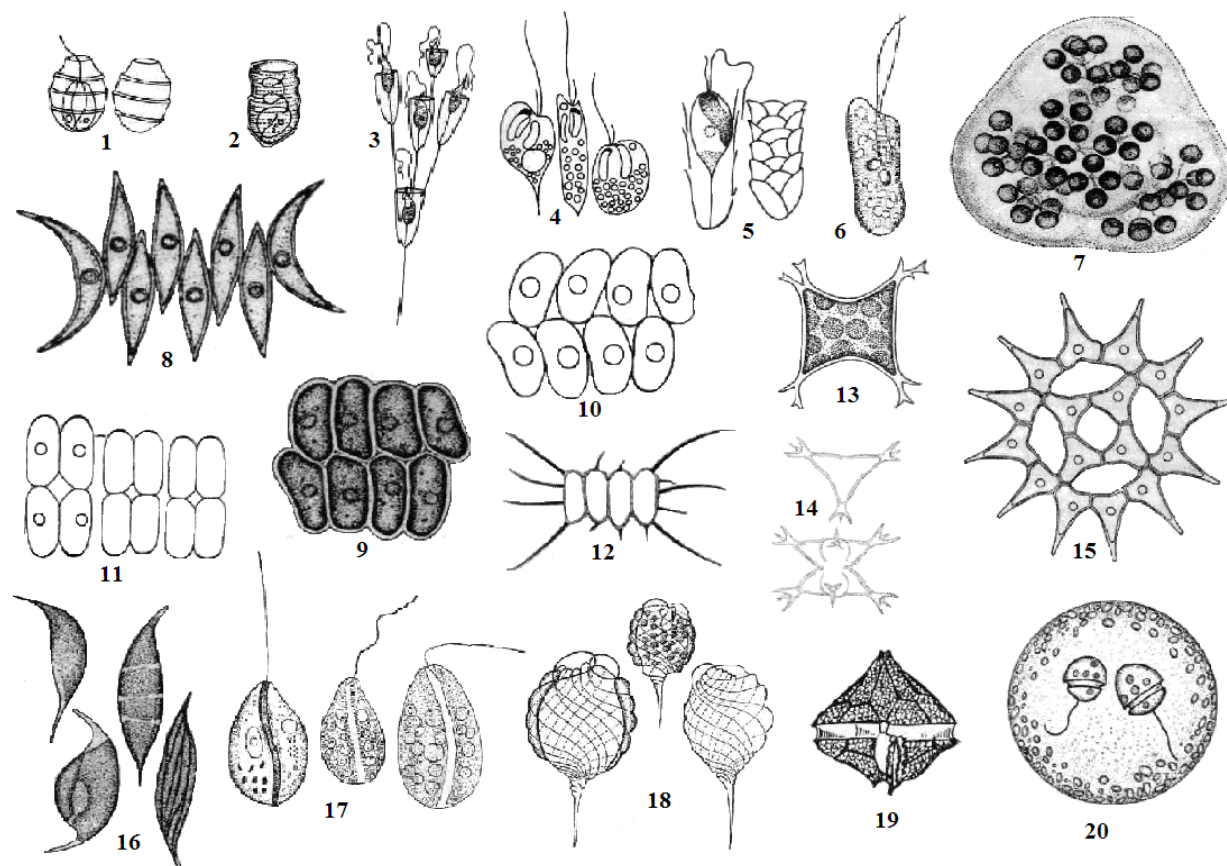


Рис. 1. Некоторые новые для республики виды зеленых, золотистых, эвгленовых, динофитовых, криптофитовых и желтозеленых водорослей, обнаруженные в р. Свислочь:

1 – *Kephyrion annulatum* De Graaf, 2 – *Bicosoeca fottii* Bourrelly, 3 – *Bicosoeca petiolata* (Stein) Bourrelly, 4 – *Ochromonas polymorpha* (Gavaudan) Bourrelly, 5 – *Epipyxis condensata* (Mack) Hilliard et Asmund, 6 – *Cryptomonas woloszynskae* Czosnowski, 7 – *Dictyosphaerium pulchellum* var. *minutum* Bachm., 8 – *Scenedesmus dimorphus* (Turp.) Kütz. var. *dimorphus*, 9 – *Sc. disciformis* (Chod.) Fott f. *disciformis*, 10 – *Sc. obtusus* Meyen, 11 – *Crucigeniella neglecta* (Fott et Ettl) Kom., 12 – *Scenedesmus sempervirens* Chod., 13 – *Isthmochloron simplex* Dogadina et Sverdlov, 14 – *Staurastrum formosum* Bernard, 15 – *Pediastrum ovatum* (Ehr.) A. Br., 16 – *Monoraphidium pusillum* (Printz) Kom.-Legn., 17 – *Petalomonas mediocanellata* Stein, 18 – *Phacus mirabilis* Pochm., 19 – *Peridinium latum* Pauls., 20 – *Glenodinium berghii* Lemm.

Многие виды водорослей в составе альгофлоры болот также не отмечались на территории Беларуси [63, 64]. Можно отметить нахождение в составе почвенных водорослей и цианобактерий антропогенно-преобразованных почв Гомельского региона 38 новых для республики видов [44].

Среди новых для Беларуси видов наибольшее число выявлено (с использованием одновременно световой и электронной микроскопии и современной систематической литературы) в наиболее исследованных реках Свислочь и Припять [15, 25, 28]. В р. Свислочь – 127 новых для Беларуси, в том числе два новых для науки вида диатомовых водорослей (*Karayevia belorussica* Kulikovskiy, Genkal & Mikheeva и *Staurosira sviridae* Kulikovskiy, Genkal & Mikheeva), 6 новых комбинаций и 130 определенных только до рода таксонов. Последнее свидетельствует о необходимости дальнейшего изучения европейской флоры диатомовых водорослей и флоры Беларуси, в частности. Среди диатомовых в р. Припять, не отмечавшихся в Каталоге [1], где редким представителям посвящена отдельная глава V (с. 225–297), определено 56 новых представителей. Во всех исследованных местообитаниях Припятского Национального парка выявлено 71 новый для республики виды из разных отделов. Наибольшее их количество (табл. 1) относится к зеленым водорослям (25), на втором месте – представители золотистых (12), по 5 видов эвгленовых и цианобактерий, 19 видов среди диатомовых, по 2 вида крипто- и динофитовых и 1 представитель рафидофитовых [27].

Т а б л и ц а 1. Новые для флоры Беларуси виды водорослей, выявленные в разных местообитаниях Припятского Национального парка

Отделы и виды водорослей	Местонахождение
Отдел Cyanophyta – Цианобактерии (Синезеленые)	
<i>Dolichospermum compactum</i> (Nygaard) P. Wacklin, L. Hoffmann & J. Komárek (= <i>Anabaena spiroides</i> f. <i>compacta</i> Nygaard, <i>A. compacta</i> (Nygaard) Hickel)	оз. Теремшино
<i>Dolichospermum skujaelaxum</i> (Komárek & Zapomelová) Wacklin, Hoffmann & Komárek (= <i>Anabaena skujaelaxum</i> Komárek & Zapomelová, <i>A. flos-aquae</i> var. <i>laxa</i> Skuja)	оз. Плищин
<i>Gloeotheca subtilis</i> Skuja	родник в Крушинном канале
<i>Raphidiopsis mediterranea</i> Skuja (= <i>Raphidiopsis subrecta</i> Frémy ex Skuja)	р. Беянка
<i>Sphaerospermopsis aphanizomenoides</i> (Forti) Zapomelová, Jezberová, Hrouzek, Hisem, Reháková & Komárková (= <i>Anabaena aphanizomenoides</i> Forti, <i>Aphanizomenon aphanizomenoides</i> (Forti) Hortobágyi & Komárek, <i>Sphaerospermum aphanizomenoides</i> (Forti) Zapomelová Zapomelová, Jezberová, Hrouzek, Hisem, Reháková & Komárková)	оз. Панское Карасино
Отдел Cryptophyta – Криптофитовые	
<i>Cryptomonas pyrenoidifera</i> Geitler (= <i>Cr. erosa</i> var. <i>reflexa</i> M. Marsson, <i>Cr. ozolinii</i> Skuja, <i>Cr. procera</i> J. Schiller, <i>Cr. ovata</i> var. <i>palustris</i> E. G. Prinsheim, <i>Campylomonas reflexa</i> (M. Marsson) D. R. A. Hill)	р. Свиновод, сбросной канал р. Науть, оз. Плищин, озеро в 81-м квартале, канал Найдю-Белевский
<i>Cr. platyuris</i> Skuja	оз. Протока Ров
Отдел Dynophyta – Динофитовые	
<i>Peridiniopsis penardiforme</i> (Lindemann) Bourrelly	озера Северское, Старая Река, старица р. Свиновод
<i>Peridiniopsis Lemmermann</i> sp.	Озера Луки, Старая Река, лесная старица, старица р. Свиновод
Отдел Chrysophyta – Золотистые	
<i>Bicosoeca conica</i> Lemmermann	старица р. Припять
<i>B. urceolata</i> Fott	оз. Плищин
<i>Chromulina slavaka</i> Juriš	р. Ствига
<i>Chr. vestita</i> Schiller	Крушинный канал
<i>Chrysamoeba radians</i> Klebs	оз. Карасино
<i>Dinobryon faculiferum</i> (Willén) Willén (= <i>Dinobryon petiolatum</i> Willén)	оз. Протока Ров
<i>Epipyxis epiplanctica</i> (Skuja) D. K. Hilliard & B. C. Asmund	оз. Погной

Продолжение табл. 1

Отделы и виды водорослей	Местонахождение
<i>Lagynion triangulare</i> (Stokes) Pascher (= <i>Chrysopyxis triangularis</i> Stokes)	оз. Плищин
<i>Ochromonas mutabilis</i> Klebs	Крушинный канал, родник в Крушинном канале
<i>Pseudokephyron cylindricum</i> (Lackey) Bourrelly	озера Луки, Старая Река, Старик Переровский, Северское
<i>Stokesiella dissimilis</i> (Stokes) Lemmermann (= <i>Bicoeca dissimilis</i> Stokes)	р. Белянка
<i>St. longipes</i> (Stokes) Lemmermann (= <i>Bicoeca longipes</i> Stokes)	р. Скрипица
Отдел Bacillariophyta – Диатомовые*	
<i>Melosira lineata</i> (Dillwyn) C. Agardh (= <i>Conferva lineata</i> Dillwyn, <i>Gallionella lineata</i> (Dillwyn) Bory, <i>Lysigonium lineatum</i> (Dillwyn) Trevisan, <i>Melosira juergensii</i> C. Agardh)	канал Найдю-Белевский
<i>Planothidium hauckianum</i> (Grunow) Round & Bukhtiyarova (= <i>Achnanthes hauckiana</i> Grunow, <i>Achnantheidium hauckianum</i> (Grunow) D. B. Czarnecki)	оз. Протока Ров
<i>Skeletonema subsalsum</i> (Cleve-Euler) Bethge (= <i>Melosira subsalsa</i> A. Cleve)	р. Припять, оз. Плищин
<i>Ulnaria delicatissima</i> (W. Smith) M. Aboal & P. C. Silva (= <i>Synedra delicatissima</i> W. Smith, <i>S. acus</i> f. <i>delicatissima</i> (W. Smith) Krieger, <i>Fragilaria delicatissima</i> (W. Smith) Lange-Bertalot)	канал Найдю-Белевский
Отдел Euglenophyta – Эвгленовые	
<i>Euglena variabilis</i> Klebs	оз. Старая Река, старица р. Свиновод
<i>Phacus globosus</i> Pochmann (= <i>Monomorphina globosa</i> (Pochmann) Safonowa)	сбросной канал р. Науть
<i>Ph. hamatus</i> Pochmann (= <i>Phacus pleuronectes</i> var. <i>citriiformis</i> Drezepolski)	р. Снядинка
<i>Ph. setosus</i> Francé	р. Белянка, оз. Карасино
<i>Trachelomonas oblonga</i> var. <i>punctata</i> Lemmermann	р. Свиновод, старица р. Свиновод
Отдел Chlorophyta – Зеленые	
<i>Chlamydomonas kuteinikovii</i> Goroschankin	Крушинный канал
<i>Chl. speciosa</i> Korschikov	р. Свиновод, старица р. Свиновод
<i>Chloromonas infirma</i> (Gerloff) Silva (= <i>Chlamydomonas oblonga</i> Anachin)	Крушинный канал, ручей Лучинец
<i>Actinastrum hantzschii</i> var. <i>subtile</i> J. Woloszyńska	реки Припять, Науть
<i>Acutodesmus bernardii</i> (G. M. Smith) E. Hegewald, C. Bock & Krienitz (= <i>Scenedesmus bernardii</i> G. M. Smith, <i>Sc. acuminatus</i> var. <i>bernardii</i> (G. M. Smith) Dedusenko, <i>Sc. pseudobernardii</i> Comas & Komárek)	оз. Теремшино
<i>Characium</i> A. Braun sp.	сбросной канал р. Науть
<i>Coelastrum astroideum</i> De Notaris (= <i>Coelastrum microporum</i> f. <i>astroidea</i>)	озера Старица, Кривское, Плищин, Теремшино
<i>Dactylosphaerium ellipsoideum</i> Behre	сбросной канал р. Науть
<i>Desmodesmus insignis</i> (West & G. S. West) E. Hegewald (= <i>Scenedesmus quadricauda</i> var. <i>insignis</i> West & G. S. West, <i>Sc. insignis</i> (W. & G. S. West) Chodat)	родник у д. Симановичи
<i>Desmodesmus multicauda</i> (Massjuk) P. Tsarenko (= <i>Scenedesmus multicauda</i> Massjuk)	р. Скрипица, оз. Теремшино
<i>Dicloster acuatus</i> C.-C. Jao, Y.S. Wei & H.C. Hu	р. Скрипица, сбросной канал р. Науть
<i>Didymogenes anomala</i> (G. M. Smith) Hindák (= <i>Tetrastrum anomalum</i> G. M. Smith, <i>Scenedesmus anomalus</i> (G. M. Smith) Ahlstrom & Tiffany)	старица р. Припять во 2 квартале Переровского лесничества
<i>Franceia ovalis</i> (Francé) Lemmermann (= <i>Phytherios ovalis</i> Francé)	оз. Пуповское
<i>Glochiococcus aciculiferus</i> (Lagerheim) P. C. Silva (= <i>Acanthococcus aciculiferus</i> Lagerheim, <i>Trochiscia aciculifera</i> (Lagerheim) Hansgirg)	старица р. Припять во 2 квартале Переровского лесничества

Окончание табл. 1

Отделы и виды водорослей	Местонахождение
<i>Lobocystis</i> R. H. Thompson sp.	оз. Плесо
<i>Pachycladella komarekii</i> (Fott & Kovácik) Reymond (= <i>Treubaria komarekii</i> Fott & Kovácik)	оз. Кривское
<i>Scenedesmus acutus</i> var. <i>globosus</i> Hortobágyi	р. Припять
<i>Sc. bellospinosus</i> Hortobágyi Komárek, 1983	р. Припять
<i>Sc. heteracanthus</i> P. González	р. Науть
<i>Sc. opoliensis</i> var. <i>aculeatus</i> Hortobágyi	р. Припять
<i>Sc. opoliensis</i> var. <i>bicaudatus</i> Hortobágyi	р. Припять
<i>Tetradesmus lunatus</i> Korshikov	сбросной канал р. Науть
<i>Verrucodesmus verrucosus</i> (Y. V. Roll) E. Hegewald (= <i>Scenedesmus verrucosus</i> Y. V. Roll (= <i>Sc. bijugatus</i> var. <i>granulatus</i> Schmidle, <i>Sc. granulatus</i> var. <i>verrucosus</i> Dedusenko, <i>Sc. ecornis</i> var. <i>disciformis</i> (Chodat) Chodat, <i>Sc. disciformis</i> (Chodat) Fott & Komárek)	р. Беянка, оз. Плесо, сбросной канал р. Науть, канал Найд-Белевский,
<i>Gonatozygon kinahanii</i> (W. Archer) Rabenhorst (= <i>Leptocystinema kinahanii</i> W. Archer)	р. Свиновод, озера Погной, Плищин
Отдел Raphidophyta – Рафидофитовые	
<i>Vacuolaria virescens</i> Cienkowski	реки Припять, Беянка; озера Плищин, Любень, сбросной канал р. Науть

*Из отдела диатомовых водорослей в таблице указаны только те виды, которые не приводились в работе [31].

Среди диатомовых описаны новые для науки виды: *Cyclotella narochanica* Genkal et Mikheyeva в оз. Нарочь [54, 55]; *Staurosira sviridae* Kulikovskiy, Genkal & Mikheyeva [25, табл. 14: 15–17; 20: 8], [58, табл. II: 15–17], *Karayevia belorussica* Kulikovskiy, Genkal & Mikheeva 2013 [58, табл. VIII: 8], [25, табл. 28: 8–12]) и несколько новых комбинаций – в р. Свислочь. Один из них представлен ниже на рис. 2.

В табл. 2 приведены новые для альгофлоры Беларуси виды водорослей, обнаруженные в фитопланктоне озер природного комплекса «Голубые озера» Национального парка «Нарочанский». На рис. 3 представлены два редких вида: *Cyclotella comensis* Grunow, характерные для северо-альпийских водоемов [73], приводившиеся ранее для территории Беларуси только в ископаемом состоянии [67], и появившиеся в озерах Нарочь, Мястро, Баторино с 1992 г. в период их деэвтрофирования в качестве доминанта фитопланктона этих озер; а также другого представителя центрических диатомовых водорослей – *Stephanodiscus heterostylus* Håkansson et Meyer – с морфологическими признаками, несколько отличающимися от диагноза (рис. 3, 5–8). Вид описан из водоема Формур (Англия), найден в озерах России – оз. Красное на Карельском перешейке и оз. Ладожское.

Особый интерес представляет нахождение чужеродных для республики видов [74–78]. В ряде изученных водных экосистем НП «Припятский» выявлены два представителя рафидофитовых водорослей, а именно *Gonyostomum semen* (в старичных озерах Карасино, Пуповское, Северское и Погной) и *G. latum* (в р. Утвуха), которые стали активно распространяться в водоемах республики. Впервые *G. semen* отмечался нами [75] в Беларуси в единичных экземплярах в Березинском биосферном заповеднике (в Сергучском канале) наряду с другим представителем рафидофитовых *G. latum*, а в 2010 г. отмечен [74] в оз. Мертвое НП «Нарочанский» (в значительных количествах). *G. semen* (рис. 4) обитает также в озерах Жабинка, Глыба, Дриссы Республиканского ландшафтного заказника «Синьша» (Россонский р-н, Витебская обл.) и в оз. Стрешно Сенненского района [19].

К чужеродным для республики видам можно отнести и солоноватоводного представителя диатомовых водорослей *Skeletonema subsalsum* (Cleve-Euler) Bethge, обнаруженного в оз. Плищин в НП «Припятский», и обитателя пресных вод представителя рафидофитовых *Vacuolaria virescens* Cienkowski во многих других водоемах и водотоках этого парка. Данные представители стали активно распространяться в водоемах республики.

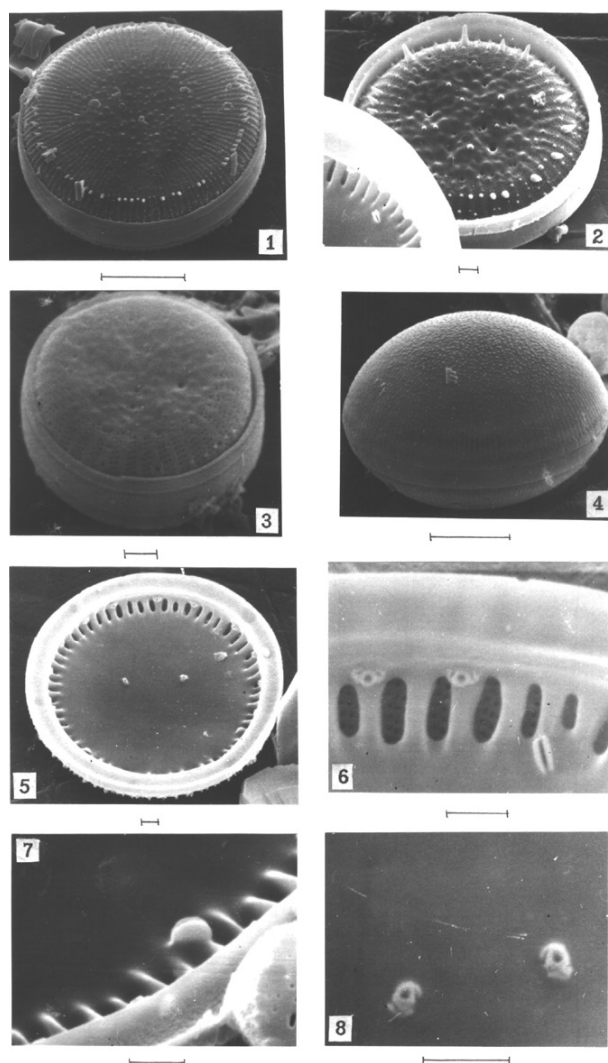


Рис. 2. Новый для науки вид диатомовых водорослей *Cyclotella narochanica* Genkal et Mikheyeva sp. nov., описанный из оз. Нарочь: 1–3 – створки с наружной поверхности; 4 – инициальные створки; 5 – створка с внутренней поверхности; 6 – ареолы, краевые и двугубый выросты с внутренней поверхности; 7 – двугубый вырост с внутренней поверхности; 8 – центральные выросты с опорами с внутренней поверхности. Масштаб: 1, 4 – 10 мкм; 2, 3, 5–8 – 1 мкм

Т а б л и ц а 2. Новые для альгофлоры Беларуси виды водорослей, обнаруженные в фитопланктоне озер природного комплекса «Голубые озера» Национального парка «Нарочанский» [74]

Название видов	Озера				
	Глубелька	Глубля	Мертвое	Ячменек	Запорово
Отдел Cyanophyta					
<i>Oscillatoria ornata</i> f. <i>planctonica</i> Elenk.	–	–	–	+	+
Отдел Cryptophyta					
<i>Cryptomonas nasuta</i> Pasch.	–	–	+	+	+
Отдел Dynophyta					
<i>Woloszyńska</i> Thompson sp.	+	–	–	–	–
<i>Peridiniopsis edax</i> (Schilling) Bourrelly	–	+	+	–	–
<i>P. kulczyński</i> (Woloszyńska) Bourrelly	–	–	–	+	–
Отдел Chrysophyta					
<i>Kephyrion boreale</i> Skuja	–	+	–	–	–
<i>K. circumvallatum</i> (Schiller) Bourrelly	–	+	–	–	–

Окончание табл. 2

Название видов	Озера				
	Глубелька	Глубля	Мертвое	Ячменек	Запорово
<i>K. cordatum</i> (Hilliard) Starmach	—	+	—	—	—
<i>K. petasatum</i> Conrad	+	+	—	—	—
<i>Ochromonas obliqua</i> Skuja	—	—	+	—	—
Отдел Chlorophyta					
<i>Dictyosphaerium</i> Näg. sp.	—	+	—	—	—
<i>Staurostrum dentatum</i> Krieg.	—	—	+	—	—
<i>St. tetracerum</i> f. <i>trigonum</i> Lund	—	—	—	—	+
<i>Arthrodesmus</i> Ehr. sp.	—	—	+	—	—
Отдел Raphidophyta – Рафидофитовые					
<i>Gonyostomum semen</i> (Ehr.) Dies.	—	—	+	—	—

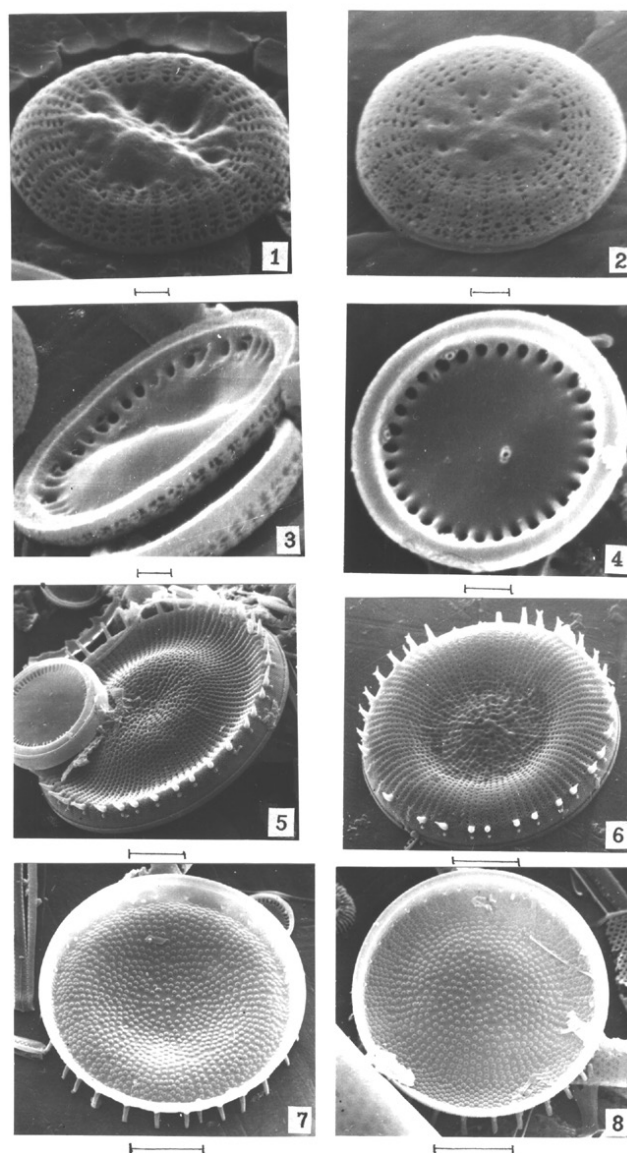
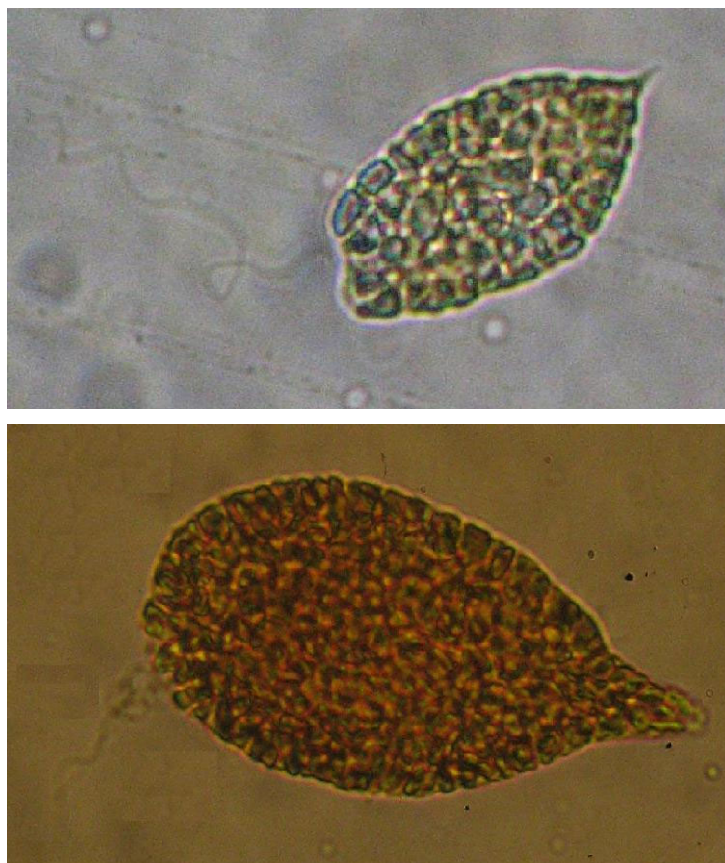


Рис. 3. Виды центрических диатомей, вселившиеся в Нарочанские озера в период их деэвтрофирования: 1–4 – *Cyclotella comensis* Grunow, 5–8 – *Stephanodiscus heterostylus* Håkansson et Meyer. 1, 2, 5, 6 – створки с наружной поверхности; 3, 4, 7, 8 – створки с внутренней поверхности. Масштаб: 1–4 – 1 мкм, 5–8 – 10 мкм

Рис. 4. *Gonyostomum semen* (Ehr.) Dies.

В пределах г. Минска в Лошицкой водной системе (правом притоке р. Свислочь, бассейн Днепра) выявлено интенсивное развитие двух чужеродных, потенциально токсичных видов цианопрокариот из рода *Anabaenopsis* V. V. Miller, 1923 – *Anabaenopsis arnoldii* Aptekar и *Anabaenopsis kelifii* Kogan [77], который приведен на рис. 5 (в центре). Эти виды известны преимущественно из южных широт.

В Беларуси ранее (1963 г.) был отмечен нами [78] в единичных экземплярах в высокоэвтрофном оз. Паульском (Ушачская группа озер в Витебской обл.) еще один, очень редкий на то время в умеренных водах представитель этого рода, определенный как *Anabaenopsis raciborskii* (Wołosz.) V. Miller (по современной номенклатуре *Cylindrospermopsis raciborskii* (Wołosz.) Seenayya et Subba Raju), который позже стал встречаться и в некоторых других водоемах, в частности в оз. Белом – водоеме-охладителе Березовской ГРЭС (Брестская обл.), в значительном количестве. Начиная с 1970-х годов, в последние 50 лет *A. raciborskii* «стал активно колонизировать водоемы Греции, Венгрии, Франции, Нидерландов, Германии, Италии, Болгарии, Австрии, Португалии, Польши и Чехии, а также озера и реки Флориды (США)» [79, 80], т.е. началась его экспансия в водоемы умеренной зоны. Сейчас этот вид принадлежит к наиболее важным планктонным цианобактериям, которому уже посвящено множество публикаций относительно его роли в пресноводных водоемах мира, усилившейся благодаря нахождению в нем цианотоксина цилиндроспермопсина [81]. Два других указанных выше представителя рода *Anabaenopsis* – *A. arnoldii* и *A. kelifii* обитают преимущественно в тропических и субтропических регионах. Согласно Algae Base (http://www.algaebase.org/search/species/detail/?species_id=h6a20e4a53c2d1d33), после 2000 г. *A. arnoldii* стал указываться для более северных стран – Литвы, Германии, Румынии и Балтийского моря, а *A. kelifii* – как встречающийся в умеренной зоне летом в теплых водах.

На приводимом в монографии [1] блоке рисунков I–XXI, с. 257–297 даны некоторые редкие и малоизвестные представители пресноводной альгофлоры, указанные выше в данном обзоре,



Рис. 5. *Anabaenopsis kelifii* Kogan



Рис. 6. *Nostoc pruniforme* Agardh C. A. (слева) – Носток сливовидный. Статус: III категория (VU) – уязвимый вид; *Cladophora aegagropila* (Linnaeus) Rabenhorst (в центре) – Кладофора эгагропильная. Статус: III категория (VU) – уязвимый вид; *Chara rudis* Braun A. (справа) – Хара грубая. Статус: III категория (VU) – уязвимый вид

а на рисунках XVII–XXI, с. 288–297 представлены виды, впервые внесенные во второе издание Красной книги Республики Беларусь [82] – 9 видов. Некоторые из них (макроскопические) приведены также в работе [83] и ниже на рис. 6–8 и табл. 3.

В следующие 3-е и 4-е издания Красной книги РБ предложен более расширенный список из 14 видов [84, 85] с внесением поправок на современные номенклатурные преобразования и с сохранением категорий состояния и охраны вида (табл. 4, 5).

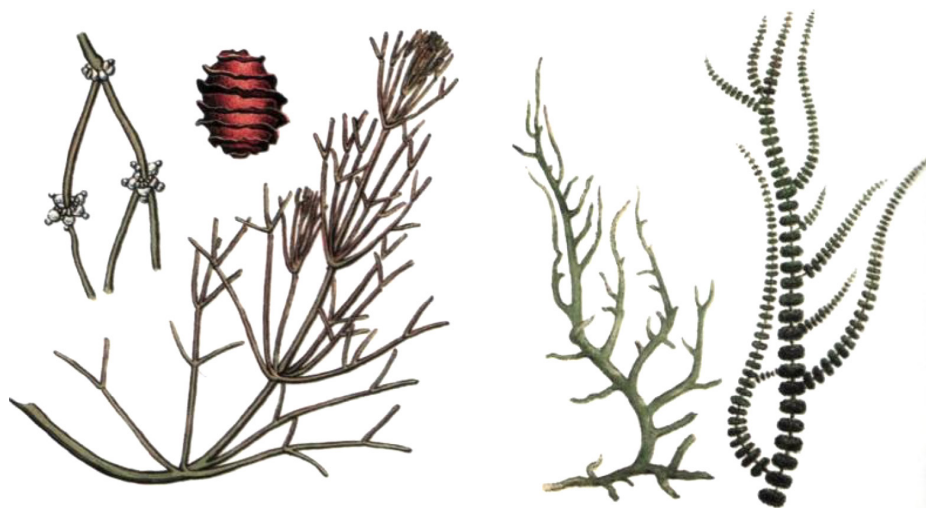


Рис. 7. *Nitellopsis obtusa* (Desvaux A. N.) Groves J. (слева) – Нителлопсис притуплённый. Статус: III категория (VU) – уязвимый вид; *Batrachospermum moniliforme* Roth A (справа) – Батрахоспермум четковидный. Статус: VI категория (EN) – исчезающий вид

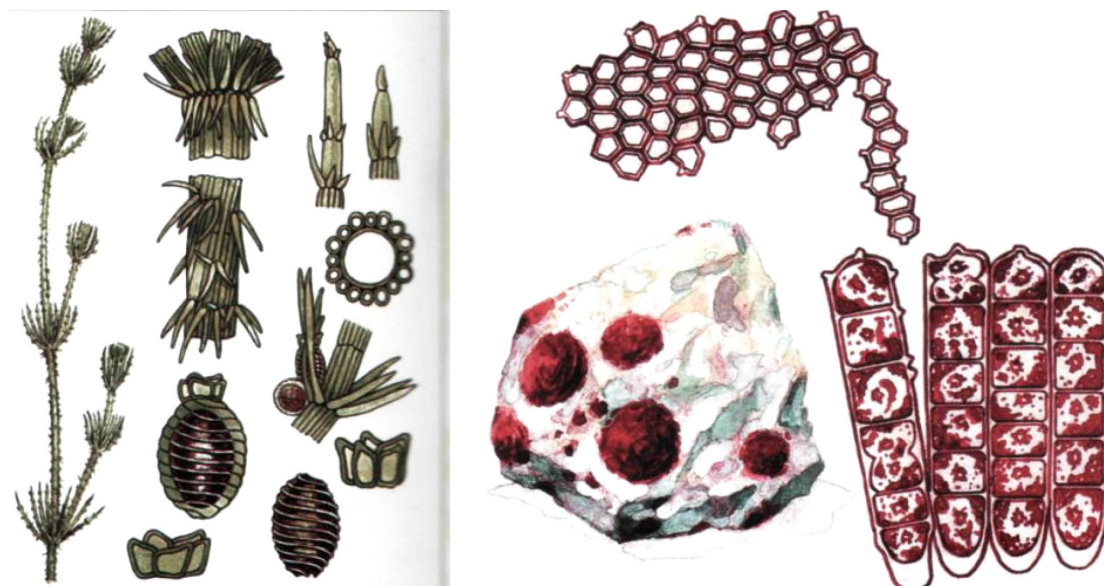


Рис. 8. *Chara polyacantha* Braun A. (слева) – Хара многоколючковая. Статус: III категория (VU) – уязвимый вид; *Hildenbrandtia rivularis* (Liebm.) Agardh J. (справа) – Гильденбрандтия речная. Статус: III категория (VU) – уязвимый вид

Таблица 3. Список видов водорослей, занесенных в Красную книгу Республики Беларусь [82], и которые рекомендовано сохранить в следующих ее изданиях [84, 85] с внесением поправок на номенклатурные преобразования и сохранением категорий состояния и охраны вида

№ п/п	Виды		IUCN
	латинское название	русское название	
1	<i>Batrachospermum moniliforme</i> Roth;	Батрахоспермум четковидный	EN
2	<i>Chara rudis</i> A. Br.	Хара грубая	VU
3	<i>Cladophora aegagropila</i> (L.) Rabenh.	Кладофора эгагропильная	VU
4	<i>Cymbella ancyli</i> Cl. = <i>Gomphocymbella ancyli</i> (Cl.) Hust.	Цимбелла изогнутая	CR
5	<i>Fragilaria reicheltii</i> (Voigt) Lange-Bertalot (= <i>Centronella reicheltii</i> Voigt)	Фрагилярия Рейхельта	CR
6	<i>Hildenbrandtia rivularis</i> (Liebm.) Ag.	Гильденбрандтия речная	VU
7	<i>Nitella gracilis</i> (G. M. Smith) Ag.	Нителла стройная	VU
8	<i>Nitellopsis obtusa</i> (Desvaux in Lois.) Gr.	Нителлопсис притупленный	VU
9	<i>Nostoc pruniforme</i> Ag.	Носток сливовидный	VU

Т а б л и ц а 4. Виды, предложенные для включения в 3-е и 4-е издания Красной книги Республики Беларусь

№ п/п	Виды		IUCN
	Латинское название	Русское название	
1	<i>Acanthoceras zachariasii</i> (Brun.) Simonsen (= <i>Attheya zachariasii</i> Brun.)	Акантоцерас Захариаса	VU
2	<i>Chara aculeata</i> Kütz.	Хара мелкошиповатая	VU
3	<i>Ch. aspera</i> Deth. Ex Wild.	Х. шероховатая	VU
4	<i>Ch. filiformis</i> Hertzsch (= <i>Ch. jubata</i> Br.)	Х. нитевидная	VU
5	<i>Ch. polyacantha</i> A. Br.	Х. многоколючковая	VU
6	<i>Ch. strigosa</i> A. Br.*	Х. щетинистая	VU
7	<i>Ch. tomentosa</i> L. (= <i>Ch. ceratophylla</i> Wallroth)	Х. войлочная	VU
8	<i>Chrysolykos angulatus</i> (Willén)	Хризаликос угловатый	CR
9	<i>Chr. planktonicus</i> var. <i>reticulatus</i> Nauwerck	Хр. планктонный	CR
10	<i>Pinnularia polyonca</i> (Bréb.) Müll.	Пиннулария полионка	EX or CR
11	<i>Planktothrix rubescens</i> (DC. ex Gom.) Anagn. et Kom. (= <i>Oscillatoria rubescens</i> DC. ex Gom.)	Планктотрикс (Осциллятория) красноватый	VU
12	<i>Porphyridium purpureum</i> (Bory) Drew et Ross	Порфиридиум багряный	VU
13	<i>Stenopterobia curvula</i> (W. Sm.) Kramer	Стеноптеробия искривленная	CR
14	<i>S. delicatissima</i> (Lewis) Bréb.	С. нежнейшая	EN

**Chara strigosa* A. Br. редакцией 3-го и 4-го изданий Красной книги РБ была почему-то перенесена в список профохраны.

Т а б л и ц а 5. Виды, требующие профохраны и сохранения в альгорезерватах на заповедных территориях, где они обнаружены (Березинский биосферный заповедник [26, 29, 75], НП «Нарочанский» [4, 61, 86, 87], озера Чернобыльской зоны [88] и др.)

№ п/п	Виды водорослей	№ п/п	Виды водорослей
1	<i>Anabaenopsis kelifii</i> Kog.	34	<i>Kephyrion sphaerica</i> Hillard
2	<i>A. raciborskii</i> Wolosz.	35	<i>Lagynion scherffellii</i> Pascher
3	<i>Aphanizomenon ovalisporum</i> Forti	36	<i>Lemmermanniella parva</i> Hindak
4	<i>Arachnochloris minor</i> Pascher	37	<i>Monochrosis stigmatica</i> Ettl
5	<i>Bicosoeca ainikkiae</i> Järnefelt	38	<i>Monomastix astigmata</i> var. <i>simplex</i> Skuja
6	<i>B. cylindrica</i> (Lackey) Bourrelly	39	<i>Navicula disjuncta</i> Hust.
7	<i>Bicuspidellopsis triangularis</i> Korschik.	40	<i>N. hustedtii</i> Krasske var. <i>hustedtii</i>
8	<i>Calothrix marchica</i> Lemm.	41	<i>Notosolenus canellatus</i> Skuja
9	<i>Cerasterias irregularis</i> G. M. Smith	42	<i>Ochromonas. danica</i> Pringsheim
10	<i>Characidiopsis elongata</i> Pascher	43	<i>Oocystis coronata</i> Lemm.
11	<i>Chromulina assymetrica</i> (Doflein) Bourelly	44	<i>O. nephrocystioides</i> Fott et Čhodo
12	<i>Ch. bicocca</i> Schiller	45	<i>Pachycladon umbrinus</i> G. M. Smith
13	<i>Chr. longiciliata</i> Matv.	46	<i>Pediastrum integrum</i> var. <i>scutum</i> Racib.
14	<i>Chr. magnifica</i> Skuja	47	<i>Peridiniopsis elpatiewskyi</i> (Ostenfeld) Bourrelly
15	<i>Chrysococcus triporus</i> Matv.	48	<i>Phacus granum</i> Drez.
16	<i>Clastidium setigerum</i> Kirchn.	49	<i>Ph. mirabilis</i> Pochm.
17	<i>Cryptomonas woloszynskae</i> Czosnowski	50	<i>Pseudanabaena galeata</i> Böcher
18	<i>Cyanarcus hamiformis</i> Pascher	51	<i>Pseudokephyrion cinctum</i> (Schiller) Schmidle
19	<i>Cyanothea longipes</i> Pascher	52	<i>Ps. inflatum</i> Hillard
20	<i>Dinobryon. acuminatum</i> Ruttner.	53	<i>Ps. poculum</i> Conrad
21	<i>D. crenulatum</i> W. et G. S. West	54	<i>Ps. taeniatum</i> Nicholls
22	<i>D. korschikovii</i> Matv.	55	<i>Rhodomonas lens</i> Pascher et Ruttner
23	<i>D. suecicum</i> Lemm.	56	<i>Salpingoeca globulosa</i> (France) Bourelly
24	<i>D. urceolatum</i> Reverd.	57	<i>Scenedesmus armatus</i> Chod.
25	<i>Diplostauron angulosum</i> Korsch.	58	<i>Sc. columnatus</i> Hortob.
26	<i>Epipyxis. lauterbornei</i> (Lemm.) Hillard	59	<i>Siderocelis ornata</i> Fott
27	et Asmund var. <i>lauterbornei</i>	60	<i>Staurodesmus glaber</i> (Ehr.) Teil.
28	<i>E. voigtii</i> (Lemm.) Hillard et Asmund	61	<i>Thaumatomastix setifera</i> Laut.
29	<i>Euastropsis richteri</i> (Schmidle) Lagerh.	62	<i>Tetraëdron hastatum</i> var. <i>gracile</i> (Reinsch.) De Toni
30	<i>Eunotia meisteri</i> (Hust.)	63	<i>Tetrarcus ilsteri</i> Skuja
	<i>Geminella planctonica</i> (Bolochoz.)	64	<i>Tetrasporidium fottii</i> Conté et Tracanna
	Tiwary et Pandey	65	<i>Uroglenopsis apiculata</i> Reverd
31	<i>Goniostomum latum</i> Iwanoff		
32	<i>Gymnodinium mitratum</i> Schiller		
33	<i>Gloeotila spiralis</i> Chod.		

Предложен также список из 65 видов водорослей, требующих профилактической охраны, для дополнительного включения в эти издания Красной книги Республики Беларусь, который и опубликован в развернутом виде с соответствующими аннотациями [84, с. 448–451; 85, с. 431–438]. Большинство из них редкие не только для Беларуси, но и для всей территории СНГ, для которых известно лишь несколько находок в мировом масштабе. В настоящем обзоре приводим эти виды в алфавитном порядке без указания их таксономической принадлежности и перевода на русский язык (табл. 5).

Интересными являются новые местонахождения редких видов: *Ch. strigosa*, *Ch. rudis* и *Ch. tomentosa* в эвразийском оз. Рудаково, вида *Ch. virgata* в оз. Шестаково и *Ch. intermedia* в небольшом искусственном пруду [91, 92]. Редкий реликтовый вид *Ch. strigosa* нашедшие его в оз. Рудаково авторы рекомендуют включить в следующее издание национальной Красной книги со статусом «уязвимый». Нами это предложение было сделано ранее (табл. 4). В 3-м и 4-м изданиях Красной книги он помещен в список видов, нуждающихся в проfoxхране [84, 85].

Нет сомнений, что дальнейшее изучение альгофлоры других разнообразных экосистем, которыми изобилует Беларусь, существенно пополнит таксономический состав альгофлоры республики за счет обнаружения новых, доселе не выявленных ее представителей.

На начальном этапе, каким, несомненно, является состояние с разработкой систем классификации водорослей и категорий их охраны на мировом уровне, требуются дополнительные исследования. В ряде стран на государственном и региональном уровнях создаются списки редких видов водорослей, соответствующие красным спискам, требующие особой охраны, но глобального списка этих организмов, в отличие от глобального списка редких и исчезающих видов сосудистых растений, пока нет, что связано с отсутствием общего (глобального) списка водорослей мира в целом. В отношении видов водорослей, требующих законодательной охраны, даже весьма приблизительная оценка пока отсутствует. Учеными делаются лишь первые шаги по выработке принципов отбора видов, заслуживающих первоочередной охраны, а следовательно, и их введения в красные книги того или иного региона, равно как и законодательных правил их охраны [87, 93, 94]. Имеющейся информации о чувствительности этих видов к факторам среды и распространении явно недостаточно. Первостепенный акцент при определении норм охраны видов водорослей ставится на гидрологический мониторинг и охрану водных ресурсов.

Обильное, а подчас и массовое развитие тех или иных видов водорослей в водоемах различного типа, на наземных субстратах и в почве привлекает внимание и вызывает интерес у населения. К числу таких фактов можно отнести, например, развитие почти в монокультуре в водоемах, принимающих стоки Солигорского калийного комбината, золотистой водоросли *Carteria* sp., определяющей оранжевую окраску воды благодаря наличию в ней большого количества каратиноидов. В некоторых водоемах большое развитие в летнее время, кроме обычных возбудителей «цветения» и сине-зеленой окраски воды – представителей родов цианопрокариот *Microcystis*, *Aphanizomenon*, *Anabaena* и др., получают такие виды цианей, как *Gloeotrichia echinulata* (J. S. Smith) P. Richt. (даже в чистом оз. Нарочь), *Planktothrix* (= *Oscillatoria*) *agardhii* (в Вилейском водохранилище), *P. rubescens* (вызывающая в оз. Рудаково в зимнее время красную окраску воды и льда [95]), *Cylindrospermopsis raciborskii* (в оз. Белом – водоеме-охладителе Березовской ГРЭС) и многие др. Заметим, что массовое развитие водорослей до стадии «цветения» воды имеет место далеко не во всех водоемах и водотоках. Возникновение этого явления в естественных водоемах и водотоках и сроки его наступления в условиях нашего нестабильного климата слабо предсказуемы.

Можно привести, к примеру, мощное развитие в 1990-х годах в оз. Риславском (Ветковский р-н Гомельской обл.) колониальной макроскопической цианобактерии *Aphanothece stagnina* (Sprengel) A. Braun: величины биомассы на отдельных участках дна озера достигали 50 кг/м², а средневзвешенная величина биомассы для озера составляла 10 кг/м² в расчете на сырое вещество [89, 90] (рис. 9).

На рис. 10 представлен общий вид макроколоний *Aphanothece stagnina*. Привлекающими внимание являются виды, получающие иногда интенсивное развитие на почве, например: виды



а



б

Рис. 9. Массовое развитие *Aphanothece stagnina* в оз. Риславское, июнь 1999 г.:
 а – поверхность озера покрыта всплывшими макроколониями афанотеце;
 б – фрагмент разлагающейся массы всплывшей афанотеце (фото А. П. Остапени)

рода *Nostoc* из цианобактерий (см. рис. 6); виды, вызывающие красную окраску снега и льда – упомянутая выше *P. rubescens* (цианобактерии), виды родов *Chlamydomonas*, *Haematococcus* (вольвоксовые), крыш строений, камней – *Porphyridium*, *Hildenbrandtia* (красные водоросли – см. рис. 8). В р. Немане в октябре 2003 г. впервые на территории Беларуси была зарегистрирована ульвовая водоросль *Enteromorpha intestinalis* (L.) Link f. *intestinalis*, образующая массовые скопления на поверхности реки [97] (рис. 11).

При мониторинге цианобактериальных «цветений» в водоемах питьевого и рекреационного назначения республики, определяющих разную окраску воды, нужно не упускать из внимания возможность появления и массового развития и чужеродных видов наряду с другими потенциально токсичными цианобактериями.



Рис. 10. *Aphanothece stagnina* (Sprengel) A. Braun [96] на затопленных разработках в Лидском районе (фото Ю. Квача)



Рис. 11. Массовое скопление макроскопических водорослей *Enteromorpha intestinalis*, р. Неман, октябрь 2003 г. (фото А. П. Остапени)

Благодарности. Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований и Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований (гранты № 08-04-90 007; № Б08Р-104, № Б12Р-028).

Автор выражает глубокую благодарность кандидату биологических наук, доценту кафедры общей экологии и методики преподавания биологии Т. М. Макаревич за существенные дополнения к тексту обзора и списку цитированных публикаций; сотрудникам этой же кафедры кандидатам биологических наук, доценту А. А. Жуковой и О. С. Смольской, а также кандидату биологических наук, доценту кафедры ботаники и основ с/х Белорусского государственного педагогического университета им. М. Танка А. А. Свирид за устранение некоторых неточностей и техническую помощь в оформлении статьи.

Список использованных источников

1. Михеева, Т. М. Альгофлора Беларуси. Таксономический каталог / Т. М. Михеева. – Минск: БГУ, 1999. – 396 с.
2. Охалкин, А. Г. Основы альгологии: учеб. пособие / А. Г. Охалкин, Г. А. Юлова. – Нижний Новгород: Изд-во Нижегород. ун-та им. Н. И. Лобачевского, 2010. – 340 с.
3. Михеева, Т. М. Основные направления альгологических исследований в Беларуси / Т. М. Михеева // Актуальные проблемы социально-гуманитарных и естественных наук: Материалы заоч. науч. конф., – Минск, 2001. – 2001 // URL: <http://www.research.bsu.by/conf80.htm>
4. Михеева, Т. М. Альгологические исследования в Беларуси: итоги и перспективы / Т. М. Михеева // Достижения современной биологии и биологическое образование: тр. 2-й Междунар. науч.-практ. конф., Минск, 29–30 нояб. 2002 г. – Минск: Центр БГУ, 2002. – С. 93–101.
5. Михеева, Т. М. Альгофлора Беларуси: разнообразие, продукционные возможности, значение в экосистемах и эволюция / Т. М. Михеева // Vita. Классика и модерн в биологии: сб. ст. / Нац. ин-т образования; сост. И. И. Смолич. – Минск, 2010. – С. 29–38.
6. Региональные исследования биоразнообразия водорослей, высших сосудистых растений и микобиоты / Т. М. Михеева [и др.] // Выбранные науч. работы Беларускага дзяржаўнага ўніверсітэта: У 7 т. – 2001. – Т. 7. Біялогія. Геаграфія / Адк. рэд. І. І. Пірожнік. – Мінск: БДУ, 2001. – С. 9–24.
7. Михеева, Т. М. Альгофлора Беларуси: разнообразие, продукционные возможности, значимость в экосистемах, изменения в процессе их эволюции / Т. М. Михеева // Вестн. БГУ. – 2010. – № 2. – С. 36–47.
8. Михеева, Т. М. Видовой состав фитопланктона озер Белоруссии / Т. М. Михеева // Биопродуктивность озер Белоруссии. – Минск, 1971. – С. 48–71.
9. Михеева, Т. М. Альгофлора, ассоциированная с колониальными инфузориями из рода *Ophrydium* / Т. М. Михеева, Т. А. Макаревич // Экологическая система Нарочанских озер; под. ред. Г. Г. Винберга. – Минск: Университетское, 1985. – С. 112–116.
10. Михеева, Т. М. Альгофлора, ассоциированная с простейшими / Т. М. Михеева, Т. А. Макаревич // Мониторинг фитопланктона. – Новосибирск: Наука, 1992. – С. 72–77.
11. Михеева, Т. М. Фитопланктонное сообщество озера Лукомль в его эвтрофном состоянии и на стадии мезотрофизации / Т. М. Михеева, З. И. Горелышева, В. Д. Хлынина // Круговорот вещества и энергии в водоемах: материалы докл. VI Всесоюз. лимнол. совещ., Лиственничное-на-Байкале, Иркутск 4–6 сент. 1985 г. – Иркутск: обл. управление изд-в, 1985. – Вып. 2. – С. 61–62.
12. Михеева, Т. М. Видовой состав пико- и нанофитопланктона в пресноводных и морских экосистемах / Т. М. Михеева // Гидробиол. журн. – 1996. – Т. 32, № 3. – С. 3–15.
13. Пико-и нанофитопланктон пресноводных экосистем / Т. М. Михеева [и др.]. – Минск: Белгосуниверситет, 1998. – 196 с.
14. Генкал, С. И. Материалы к флоре диатомовых водорослей (Centrophyceae) р. Неман и его притоков / С. И. Генкал, Т. М. Михеева // Ботан. журн. – 2006. – Т. 91, № 3. – С. 420–424.
15. Генкал, С. И. Электронно-микроскопическое изучение центральных диатомовых водорослей из некоторых озер Беларуси / С. И. Генкал, Т. М. Михеева // Альгология. – 2007. – Т. 17, № 3. – С. 249–253.
16. Михеева, Т. М. Видовой состав альгофлоры фитопланктона Нарочанских озер в период их эвтрофирования (I – по 1991 г.) и деэвтрофирования (II – 1992–2005 гг.) / Т. М. Михеева, Е. В. Лукьянова // Бюллетень экологического состояния озер Нарочь, Мясстро, Баторино (2008 г.) / под общ. ред. А. П. Остапени. – Минск: БГУ, 2009. – С. 66–105.
17. Diatoms (Bacillariophyta) of the Svisloch River (Belarus). Report 1. Centrophyceae / S. I. Genkal [et al.] // Hydrobiological Journal. – 2010. – Vol. 46, N 3. – P. 20–35.
18. Диатомовые водоросли (Bacillariophyta) реки Свислочь (Беларусь). 1. Centrophyceae / С. И. Генкал [и др.] // Гидробиол. журн. – 2010. – Т. 46, № 1. – С. 21–36.
19. Михеева, Т. М. Фитопланктон республиканского ландшафтного заказника «Синьша» / Т. М. Михеева, Ю. Л. Становая // Биологическое разнообразие Белорусского Поозерья / Л. М. Мерзвинский [и др.]; под ред. Л. М. Мерзвинского. – Витебск: ВГУ им. П. М. Машерова, 2011. – С. 46–76.
20. Генкал, С. И. Оценка изменений видового состава центральных диатомовых водорослей (Centrophyceae) и их вклада в общую биомассу диатомовых и всего фитопланктона в озерах заказника «Синьша» (Беларусь) / С. И. Генкал, Т. М. Михеева, Ю. Л. Становая // Докл. Нац. акад. наук Беларуси. – 2011. – Т. 55, № 4. – С. 68–75.
21. Михеева, Т. М. Существенные дополнения к диатомовой флоре Беларуси / Т. М. Михеева, Е. В. Лукьянова // Актуальные проблемы изучения и сохранения фито- и микобиоты: сб. ст. II междунар. науч.-практ. конф., Минск, 12–14 ноября 2013 г. – Минск: БГУ, 2013. – С. 105–108.
22. Лукьянова, Е. В. Дополнения к флоре криптофитовых и динофитовых водорослей Беларуси / Е. В. Лукьянова, Т. М. Михеева // Актуальные проблемы изучения и сохранения фито- и микобиоты: сб. ст. II междунар. науч.-практ. конф., Минск, 12–14 ноября 2013 г. – Минск: БГУ, 2013. – С. 102–105.
23. Михеева, Т. М. Дополнения к флоре золотистых водорослей Беларуси / Т. М. Михеева, Е. В. Лукьянова // Ботаника (исследования): сб. науч. тр. / Ин-т эксперимент. бот. НАН Беларуси. – Минск, 2013. – Вып. 42 – С. 29–36.
24. Михеева, Т. М. Фитопланктон: видовое разнообразие и возможность использования в системах биоиндикации качества вод и фоновый мониторинг / Т. М. Михеева, Е. В. Лукьянова // Эколого-биологические исследования водотоков Березинского биосферного заповедника / А. П. Остапени [и др.]. – Минск: БГУ, 2013. – С. 45–97.
25. Диатомовые водоросли планктона реки Свислочь и ее водохранилищ / С. И. Генкал [и др.]. – М.: Научный мир, 2013. – 236 с.
26. Эколого-биологические исследования водотоков Березинского биосферного заповедника / А. П. Остапени [и др.]. – Минск: Изд. центр БГУ, 2013. – 231 с.
27. Михеева, Т. М. Современное таксономическое разнообразие фитопланктона водоемов и водотоков Национального парка «Припятский» / Т. М. Михеева, Е. В. Лукьянова, А. А. Свирид // Вестн. БГУ. – 2015. – Сер. 2. – № 2. – С. 40–46.

28. Водоросли планктона водоемов и водотоков Национального парка «Припятский» / Т. М. Михеева [и др.]. – Минск: Право и экономика, 2016. – 325 с.
29. Михеева, Т. М. Структура и количественное развитие фитопланктона водотоков Национального парка «Припятский» / Т. М. Михеева, А. А. Свирид, Е. В. Лукьянова // Вестн. БГУ. – 2017. – Сер. 2. – № 1. – С. 77–85.
30. Михеева, Т. М. Структура и количественное развитие фитопланктона озерных водоемов Национального парка «Припятский» / Т. М. Михеева, Е. В. Лукьянова, А. А. Свирид // Вестн. БГУ. – 2017. – Сер. 2. – № 1. – С. 86–97.
31. Свирид, А. А. Видовой состав и экологическая характеристика диатомовых водорослей фитопланктона некоторых стариц водотоков НП «Припятский» / А. А. Свирид, Г. К. Хурсевич, Т. М. Михеева // Антропогенная трансформация ландшафтов: сб. науч. ст. / Бел. гос. пед. ун-т им. М. Танка; редкол. М. Г. Ясовеев [и др.]. – Минск: БГПУ, 2010. – С. 82–90.
32. Акімава, В. Д. Да флоры азер Беларусі / В. Д. Акімава // Вучон. зап. хімі. і біял. Минск, БГУ, 1936. – Вып. 28. – С. 129–175.
33. Акімова, О. Д. К флоре озер Белоруссии. Озера Лукомль, Езерище, Красное Полесье / О. Д. Акімова // Тр. Витебского гос. пед. (учительского) ин-та им. С. М. Кирова. Витебск, 1940. – Вып. 2. – С. 21–35.
34. Срэценская, Н. І. Працакавыя водарасці сажалак Беларускага Полесся / Н. І. Срэценская // Вес. Акад. навук БССР. – Сер. біял. навук. – 1960. – № 1. – С. 32–39.
35. Сретенская, Н. И. Десмидиевые водоросли прудов Белорусского Полесья / Н. И. Сретенская // Вес. Акад. навук БССР. – Сер. біял. навук. – 1962 а. – № 4. – С. 79–83.
36. Срэценская, Н. І. Эўгенавыя водарасці сажалак Беларускага Полесся / Н. І. Срэценская // Вес. Акад. навук БССР. – Сер. біял. навук. – 1962 б. – № 1. – С. 48–52.
37. Срэценская, Н. І. Сіня-зяленыя водарасці Беларускага Полесся / Н. І. Срэценская // Вес. Акад. навук БССР. – Сер. біял. навук. – 1967. – № 3. – С. 70–82.
38. Срэценская, Н. І. Відавы склад фітапланктону Заслаўскага вадасховішча / Н. І. Срэценская // Вес. Акад. навук БССР. – Сер. біял. навук. – 1968. – № 1. – С. 11–19.
39. Ляхнович, В. П. Развитие синезеленых водорослей в прудах разной продуктивности в Белорусской ССР / В. П. Ляхнович, Л. В. Просяник // Экология и физиология синезеленых водорослей: М.; Л., 1965. – С. 139–144.
40. Стефанович, А. И. О фитопланктоне озера Ричи / А. И. Стефанович // Вестн. Белорус. гос. ун-та, 1975. – Сер. 2. – № 3. – С. 45–47.
41. Горельшева, З. И. Видовое разнообразие и количественное развитие фитопланктона в разнотипных озерах Белоруссии / З. И. Горельшева, С. И. Гаврилов // Тр. XIX науч. конф. по изучению и освоению водоемов Прибалтики и Белоруссии. – Минск, 1977. – С. 40–42.
42. Стефанович, А. И. Золотистые водоросли летнего фитопланктона озер северо-западной части Витебской области / А. И. Стефанович // Вестн. Белорус. гос. ун-та, 1980. – Сер. 2. – № 3. – С. 35–37.
43. Власов, Б. П. Изменение диатомовой флоры эвтрофных озер Белоруссии, подверженных хозяйственной деятельности: дис. ... канд. биол. наук: 03.00.05 / Б. П. Власов. – Л., 1987. – 255 с.
44. Макаревич, Т. А. Перифитон и его роль в продукции органического вещества и миграции радионуклидов в озерных экосистемах: дис. ... канд. биол. наук: 03.00.18 / Т. А. Макаревич. – Минск, 1995. – 212 с.
45. Горельшева, З. И. Chrysophyta разнотипных озер Беларуси / З. И. Горельшева // Альгология. – 1999. – Т. 9, № 2. – С. 36.
46. Свирид, А. А. Диатомовые водоросли озер Березинского биосферного заповедника: дис. ... канд. биол. наук: 03.00.05 / А. А. Свирид. – СПб.; Минск, 1999. – 211 с.
47. Макаревич, Т. А. Таксономическая структура микрофитобентоса озера Нарочь / Т. А. Макаревич, Н. М. Котова, Е. А. Грицук // Актуальные проблемы изучения фито- и микробиоты: сб. ст. Междунар. научн.-практ. конф., Минск, 25–27 окт. 2004 г. / редкол.: В. Д. Поликсенова (отв. ред.) [и др.]. – Минск.: Изд. центр БГУ, 2004. – С. 72–74.
48. Савич, И. В. Структура метафитона и ее динамика (на примере р. Неман) / И. В. Савич, Т. А. Макаревич, А. П. Остапеня // Вестн. Мозыр. гос. ун-та. – 2006. – № 2. – С. 50–56.
49. Адамович, Б. В. Структурно-функциональная характеристика фито- и зоопланктона Днепра на территории Беларуси: дис. ... канд. биол. наук: 03.00.18 / Б. В. Адамович. – Минск, 2007. – 146 с.
50. Makarevich, T. A. Phytoperiphyton on the shells of *Dreissena polymorpha* (Pallas) in Lake Naroch / T. A. Makarevich, S. E. Mastitsky, I. V. Savich // Aquatic Invasions. – 2008. – Vol. 3. – P. 283–295.
51. Сысова, Е. А. Структура и динамика сообществ фитоэпифитона в озерах разного трофического статуса: дис. ... канд. биол. наук: 03.00.18 / Е. А. Сысова. – Минск, 2008. – 244 с.
52. Макаревич, Т. А. Видовой состав водорослей перифитона оз. Нарочь в период его эвтрофирования и деэвтрофирования / Т. А. Макаревич, Е. А. Сысова, И. В. Савич // Бюллетень экологического состояния озер Нарочь, Мясстро, Баторино (2010 г.) / под общ. ред. А. П. Остапени. – Минск: БГУ, 2011. – С. 73–98.
53. Макаревич, Т. А. Фитопланктон и фитоэпифитон в разновозрастных карьерных водоемах отработанных медных месторождений (Беларусь) / Т. А. Макаревич, И. В. Савич // «Actual problems in modern phycology» V International Conference, 3–5 nov., 2014 Chisinau, Moldova / org. com.: Victor Salaru [et al.]; scientific com.: Salaru Vasile [et al.]. – Chişinău: CEP USM, 2014. – P. 199–204.
54. Genkal, S. I. New for science species from the genus *Cyclotella* Kützinger (Bacillariophyta) / S. I. Genkal, T. M. Mikheeva // Int. J. Algae. – 2006. – Vol. 8, N 1. – P. 74–77.
55. Генкал, С. И. Новый для науки вид рода *Cyclotella* Kützinger (Bacillariophyta) / С. И. Генкал, Т. М. Михеева // Альгология. – 2007. – Т. 17, № 1. – С. 109–111.
56. Куликовский, М. С. Новые для Беларуси виды диатомовых водорослей из семейств *Eunotiaceae* Kützinger, *Rhoicospheniaceae* D. G. Mann, *Cymbellaceae* (Kützinger) Grunow, *Epithemiaceae* Grunow, *Surirellaceae* Kützinger, *Rhopalodiaceae* Toratchewsky / М. С. Куликовский, С. И. Генкал, Т. М. Михеева // Природные ресурсы. – 2009 – № 2. – С. 40–45.
57. Kulikovskiy, M. S. New data for the Bacillariophyta flora of Belarus. 1. Family Naviculaceae Kütz. / M. S. Kulikovskiy, S. I. Genkal, T. M. Mikheeva // Int. J. Algae. – 2010. – Vol. 12, N 1. – P. 37–56.
58. Куликовский, М. С. Новые данные к флоре *Bacillariophyta* Беларуси. 2. Сем. *Fragilariaceae* (Kütz.) De Tony, *Diatomaceae* Dumort, *Tabellariaceae* F. Schütt / М. С. Куликовский, С. И. Генкал, Т. М. Михеева // Альгология. – 2011. – Т. 21, № 3. – С. 357–373.

59. Куликовский, М. С. Новые для Беларуси виды диатомовых водорослей. 2. *Nitzschia* Hassall, *Hantzschia* Grunow и *Denticula* Kützting / М. С. Куликовский, С. И. Генкал, Т. М. Михеева // Природные ресурсы. – 2011. – № 2. – С. 68–77.
60. Kulikovskiy, M. S. New data on Bacillariophyta of Belarussia. 2. Fam. *Fragilariaceae* (Kütz.) De Tony, *Diatomaceae* Dumort, *Tabellariaceae* F. Schütt / М. С. Kulikovskiy, С. И. Genkal, Т. М. Mikheyeva // Int. J. Algae. Algologia. – 2011. – Vol. 21, N 3. – P. 357–373.
61. Михеева, Т. М. Новые для флоры Беларуси виды водорослей в озерах Национального парка «Нарочанский» / Т. М. Михеева // Озерные экосистемы: биологические процессы, антропогенная трансформация, качество воды; материалы IV Междунар. науч. конф., Минск–Нарочь, 12–17 сент. 2011 г. / Белорус. гос. ун-т; сост. и общ. ред. Т. М. Михеевой. – Минск: Изд. центр БГУ, 2011. – С. 73.
62. Куликовский, М. С. Новые для Беларуси виды диатомовых водорослей. 4. *Achnanthes* Silva 1962 / М. С. Куликовский, С. И. Генкал, Т. М. Михеева // Природные ресурсы. – 2013. – № 1. – С. 87–94.
63. Макаревич, Т. А. Таксономическая структура водорослевых сообществ болотных экосистем Национального парка «Нарочанский» / Т. А. Макаревич, Н. Г. Лесько // Растительность болот: современные проблемы классификации, картографирования и использования и охраны: материалы Междунар. науч.-практ. семинара. Минск, 30 сент – 1 окт. 2009 г. – Минск: Право и экономика, 2009. – С. 197–199.
64. Степурко, Д. О. Новые для Беларуси виды водорослей из верхового болота Белоголовье (Национальный парк «Нарочанский») / Д. О. Степурко, А. Ю. Юркевич, Т. А. Макаревич // Антропогенная трансформация ландшафтов: сб. науч. ст.; редкол.: В. Н. Киселев, А. Т. Федорук, Т. А. Бонина [и др.]. – Минск: БГПУ, 2012. – С. 117–119.
65. Бачура, Ю. М. Почвенные водоросли и цианобактерии антропогенно-преобразованных почв (на примере Гомельского региона) / Ю. М. Бачура. – Гомель, 2016. – 156 с.
66. Хурсевич, Г. К. Описание новых и редких для территории Советского Союза видов диатомей / Г. К. Хурсевич // Новые виды ископаемых животных и растений Белоруссии. – Минск, 1976. – С. 195–197.
67. Хурсевич, Г. К. Ископаемая диатомовая флора Белоруссии (систематический обзор) / Г. К. Хурсевич, Л. П. Логинава. – Минск, 1980. – 122 с.
68. Хурсевич, Г. К. Новые таксоны рода *Stephanodiscus* Ehr. из александрийских (лихвинских) межледниковых отложений БССР / Г. К. Хурсевич // Докл. Акад. наук БССР. – 1988. – Т. 32, № 4. – С. 335–338.
69. Хурсевич, Г. К. Атлас видов *Stephanodiscus* и *Cyclostephanos* (Bacillariophyta) из верхнекайнозойских отложений СССР / Г. К. Хурсевич. – Минск, 1989. – 167 с.
70. Бюллетень экологического состояния озер Нарочь, Мястро, Баторино (1999–2018 гг.) / Т. В. Жукова [и др.]; под ред. А. П. Остапени и Т. М. Михеевой. – Минск: БГУ, 1999–2018.
71. Петров, В. Н. Род *Tabellaria* Ehrenberg ex Kützting в водоемах ландшафтного заказника республиканского значения «Ельня» (Республика Беларусь) / В. Н. Петров // Диатомовые водоросли: современное состояние и перспективы исследования: материалы XV Междунар. конф. (пос. Борок, Россия, 24–27 авг. 2017 г.). – Ярославль, 2017. – С. 51–52.
72. Петров, В. Н. Новые виды водорослей для альгофлоры Беларуси / В. Н. Петров // Молодежь в науке – 2016: сб. материалов Междунар. конф. молодых ученых: Биологические, гуманитарные, медицинские, физико-математические, физико-технические, химические науки, Минск, 22–25 нояб. 2016 г.: в 2 ч. / Нац. акад. наук Беларуси. Совет молодых ученых; редкол.: В. Г. Гусаков [и др.]. – Минск: Беларус. навука, 2017. – Ч. 2. – С. 47–50.
73. Михеева, Т. М. Инвазия *Cyclotella comensis* Grun. (Bacillariophyta) в систему Нарочанских озер в период их деэвтрофирования / Т. М. Михеева, С. И. Генкал // Альгология. – 2006. – Т. 16, № 4. – С. 489–497.
74. Водные ресурсы Национального парка «Нарочанский». Справ.; под общ. ред. В. С. Люштыка, Т. В. Жуковой. – Минск, 2012. – 124 с.
75. Михеева, Т. М. Березинский биосферный заповедник – альгорезерват для сохранения редких видов водорослей / Т. М. Михеева // Междунар. конф. вед. специалистов, молодых ученых и студентов «Сахаровские чтения 2003 года: экологические проблемы XXI века», Минск, 19–20 мая 2003 г. – Минск, 2003. – С. 261–262.
76. Михеева, Т. М. Инвазия чужеродных видов водорослей и новые для флоры Беларуси виды, обнаруженные в водоемах Национального парка «Припятский» / Т. М. Михеева, Е. В. Лукьянова // Современное состояние, тенденции развития, рациональное использование и сохранение биологического разнообразия растительного мира: материалы Междунар. науч. конф., Минск–Нарочь, 23–26 сент. 2014 г. / ред. кол.: А. В. Пугачевский (гл. ред.) [и др.]. – Минск: Эксперспектива, 2014. – С. 108–111.
77. Михеева, Т. М. Выявление интенсивного развития впервые в Беларуси двух чужеродных, потенциально токсичных видов цианопрокариот из рода *Anabaenopsis* V. V. Miller, 1923 / Т. М. Михеева // Вода: Химия и Экология. – 2016. – № 9. – С. 65–69.
78. Михеева, Т. М. О нахождении *Anabaenopsis raciborskii* (Wolosz.) V. Miller в Белорусской ССР и некоторые заметки о роде *Anabaenopsis* (Wolosz.) V. Miller / Т. М. Михеева // Acta Universitatis Carolinae – Biologica. Prague. – 1967. – С. 257–265.
79. Корнева, Л. Г. Распространение чужеродных видов планктонных водорослей во внутренних водоемах мира: масштабы, причины и последствия / Л. Г. Корнева // Озерные экосистемы: биологические процессы, антропогенная трансформация, качество воды: материалы IV Междунар. науч. конф., Минск–Нарочь, 12–17 сент. 2011 г. / Белорус. гос. ун-т; сост. и общ. ред. Т. М. Михеевой. – Минск: Изд. центр БГУ, 2011. – С. 220.
80. Komárek, J. An update to modern taxonomy (2011) of freshwater planktic heterocytous cyanobacteria / J. Komárek, J. Mares // Hydrobiologia. – 2012. – 698. – P. 327–351.
81. On the chemistry, toxicology and genetics of the cyanobacterial toxins, microcystin, nodularin, saxitoxin and cylindrospermopsin / L. Pearson [et al.] // Marine Drugs. – 2010. – N 8. – P. 1650–1680.
82. Чырвоная кніга Рэспублікі Беларусь: Рэдкія і тыя, што знаходзяцца пад пагрозай знікнення віды жывёл і раслін. – Мінск: Беларусь; гал. рэдкал. А. М. Дарафееў (старш.) [і інш.]. – Мінск, БелЭН, 1993. – 560 с.
83. Учебно-научный центр «Нарочанская биологическая станция им. Г. Г. Винберга» / А. П. Остапени [и др.]. – Минск: БГУ. 2008. – 47 с.
84. Михеева, Т. М. Водоросли / Т. М. Михеева // Красная книга Республики Беларусь. Растения: редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды дикорастущих растений / гл. редкол.: Л. И. Хоружик (предс.), Л. М. Суценя, В. И. Парфенов [и др.]. – Минск: БелЭН, 2005. – С. 326–353.

85. Михеева, Т. М. Водоросли / Т. М. Михеева // Красная книга Республики Беларусь. Растения: редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды дикорастущих растений» / гл. редкол.: И. М. Качановский (предс.), М. Е. Никифоров, В. И. Парфенов [и др.]. 4-е изд. – Минск: Беларус. Энцыкл. імя П. Броўкі. – 2015. – С. 297–324.
86. Михеева, Т. М. Виды водорослей – кандидаты для включения в Красную Книгу Беларуси / Т. М. Михеева // Сахаровские чтения 2002 года: Экологические проблемы XXI века: материалы междунар. конф. ведущих специалистов, молодых ученых и студентов, Минск, 17–21 мая 2002 г. – Минск: Триолета, 2002. – С. 287–288.
87. Михеева, Т. М. Актуальность мониторинга и охраны редких видов водорослей в Нарочанских озерах / Т. М. Михеева, Т. А. Макаревич, Е. В. Лукьянова // Мониторинг и оценка состояния растительного мира: материалы Междунар. науч. конф., Минск, 22–26 сент. 2008 г. / Ин-т экспериментальной ботаники им. В. Ф. Купревича НАН Беларуси. – Минск: Право и экономика, 2008. – С. 416–418.
88. Макаревич, Т. А. Видовое разнообразие фитопланктона озер Полесья / Т. А. Макаревич // Современные проблемы изучения, использования и охраны природных комплексов Полесья: тез. докл. Междунар. науч. конф., Минск, 22–25 сент. 1998 г. – Минск: Белсэнс, 1998. – С. 214.
89. Массовое развитие цианобактерии *Aphanothece stagnina* в озере, загрязненном радионуклидами / А. П. Остапеня [и др.]. // Озерные экосистемы: биол. процессы, антропогенная трансформация, качество воды: материалы Междунар. науч. конф. / Сост. и общ. ред. Т. М. Михеевой. – Минск, БГУ. – 2000. – С. 313–318.
90. Phenomen of mass development of blue-green algae *Aphanothece stagnina* in a radiation contaminated lake / A. P. Ostapenia [et al.] // Proc. Annual Meeting of the American Society of Limnology and Oceanography. – ASLO. – Copenhagen, 2000.
91. New Localities of Rare Species of *Charales* in Northwestern Belarus / V. S. Vishnyakov [et al.]. // International Journal on Alga. – 2017. – № 19(4). – P. 335–346.
92. Новые местонахождения редких видов *Charales* в северо-западной Беларуси / В. С. Вишняков [и др.]. // Algologia. – 2017. – № 27(4). – С. 458–472.
93. Kondratyeva, N. V. Urgent tasks of algosozological investigations / N. V. Kondratyeva // Intern. J. Algae. – 1999. – № 4. – P. 1–16.
94. Михеева, Т. М. Охрана редких видов водорослей / Т. М. Михеева // Актуальные проблемы изучения и сохранения фито-и микробиоты: сб. статей II междунар. науч.-практ. конф., Минск, 12–14 нояб. 2013 г. – Минск: БГУ, 2013. – С. 205–208.
95. Михеева, Т. М. *Oscillatoria rubescens* (D. C.) Gom. – возбудитель «красного цветения» воды в олиготрофном озере Рудаково (Беларусь) и динамика ее количественного развития в процессе изменения трофического статуса озера / Т. М. Михеева, Е. В. Лукьянова // Проблемы экологии: чтения памяти профессора М. М. Кожова: тез. докл. междунар. науч. конф. и междунар. школы для мол. ученых, Иркутск, 20–25 сент. 2010 г. – Иркутск: Изд-во Иркут. гос. ун-та, 2010. – С. 88.
96. Михеева, Т. М. Перспективы использования культивируемых и планктонных микроскопических водорослей / Т. М. Михеева // Наука и инновации. – 2018. – № 2 (180). – С. 15–19.
97. Обследование р. Неман. Формирование и дрейф метафитона: причины, механизмы, последствия: отчет о НИР (заключ.) / Межведом. центр проблем нац. парков и заповедников БГУ: Руководитель А. П. Остапеня – № госрегистрации 20043813 – Минск, 2004. – 71 с.

Поступила 16.12.2020

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

SHORT MESSAGES

КАРОТКІЯ ПАВЕДАМЛЕННІ

УДК 595.741 (476)

А. М. Островский

Гомельский государственный медицинский университет, Гомель, Беларусь, e-mail: Arti301989@mail.ru

**CHRYSOPA GIBEAUXI (LERAUT, 1989): ПЕРВЫЕ ДЛЯ БЕЛАРУСИ РЕГИСТРАЦИИ
МАЛОИЗВЕСТНОГО ВИДА ЗЛАТОГЛАЗОК**

Аннотация. Златоглазка *Chrysopa gibeauxi* (Leraut, 1989) относительно недавно восстановлена в качестве самостоятельного вида из комплекса *Ch. pallens* (Rambur, 1838) *sensu lato* и для фауны Беларуси в настоящем сообщении указывается впервые. Материал собран в окрестностях д. Уза Гомельского района (июнь 2017 г.) и центре г. Гомеля (июль 2019 г.). Приведены краткие данные по видовой диагностике, распространению и экологии данного вида.

Ключевые слова: Neuroptera, *Chrysopa gibeauxi*, *Chrysopa pallens*, находки, фауна, Беларусь

A. M. Ostrovsky

Gomel State Medical University, Gomel, Republic of Belarus, e-mail: Arti301989@mail.ru

**CHRYSOPA GIBEAUXI (LERAUT, 1989): THE FIRST REGISTRATIONS FOR BELARUS
OF A LITTLE-KNOWN SPECIES OF LACEWINGS**

Abstract. Green lacewing species, *Ch. gibeauxi*, was relatively recently restored as an independent species from the complex *Ch. pallens* (Rambur, 1838) *sensu lato* and is first indicated for the fauna of Belarus in this notes. The material was collected near Uza village of the Gomel district (June 2017) and the center of the city of Gomel (July 2019). Brief information on the species identification, distribution and ecology of this species is given.

Keywords: Neuroptera, *Chrysopa gibeauxi*, *Chrysopa pallens*, findings, fauna, Belarus

А. М. Астроўскі

Гомельскі дзяржаўны медыцынскі ўніверсітэт, Гомель, Беларусь, e-mail: Arti301989@mail.ru

**CHRYSOPA GIBEAUXI (LERAUT, 1989):
ПЕРШЫЯ ДЛЯ БЕЛАРУСІ РЕГІСТРАЦЫІ МАЛАСВЯДОМАГА ВІДУ ЗАЛАТАВОЧАК**

Анатацыя. Залатавочка *Ch. gibeauxi* адносна нядаўна адноўлена ў якасці самастойнага віду з комплексу *Ch. pallens* (Rambur, 1838) *sensu lato* і для фаўны Беларусі ў гэтым паведамленні ўказваецца ўпершыню. Матэрыял сабраны ў ваколіцах в. Уза Гомельскага раёна (чэрвень 2017 г.) і ў цэнтры г. Гомеля (ліпень 2019 г.). Прыведзены кароткія звесткі па відавой дыягностыцы, распаўсюджванню і экалогіі гэтага віду.

Ключавыя словы: Neuroptera, *Chrysopa gibeauxi*, *Chrysopa pallens*, знаходкі, фаўна, Беларусь

Введение. Златоглазки (Chrysopidae) – одно из крупнейших семейств отряда Neuroptera. В современной мировой фауне насчитывается ~ 2000 видов, около 70 из которых обнаружены на территории Европы и 15 в Беларуси [1–10]. Представители этого семейства населяют самые различные биоценозы, встречаясь как в лесных, так и открытых степных и луговых биотопах. Многие виды златоглазок являются обычными обитателями культурных и агроландшафтов – парков, садов, сельскохозяйственных угодий и т. д. Личинки, а также имаго большинства видов активные афидофаги и могут быть использованы в биологической защите растений от вредителей.

Постановка проблемы. Комплекс *Chrysopa pallens* (Rambur, 1838) *sensu lato* включает в себя около 12 родственных видов, из которых в фауне Беларуси ранее была отмечена только златоглазка семиточечная *Ch. septempunctata* Wesm., 1841 [2–6]. Однако в настоящее время признается существование двух близких европейских видов этого комплекса: *Ch. pallens* (Rambur, 1838) (= *Ch. septempunctata*) и *Ch. gibeauxi* (Leraut, 1989) (= *Ch. septemmaculata* Tsukaguchi, 1995) [11].

Кроме различий в строении гениталий *Ch. gibeauxi* отличается от *Ch. pallens* тем, что волоски у этого вида на переднеспинке черные (в то время как у *Ch. pallens* они светлые), возвратная жилка (самая базальная ветвь субкосты) также черная (тогда как у *Ch. pallens* она светлая), а все 7 черных пятен на голове у *Ch. gibeauxi* крупные и всегда присутствуют (у *Ch. pallens* эти пятна мельче, некоторые из них могут отсутствовать). Причем, как показали наши исследования, оба вышеуказанных вида встречаются на юго-востоке Беларуси и теперь сложно понять, о каком из них говорится в литературе более ранних лет [2–4].

Считается, что *Ch. pallens* – редкий, локально распространенный на юго-востоке вид, до сих пор известный по единственной находке из окрестностей г. п. Уваровичи Буда-Кошелевского района Гомельской области [5, 6]. В то же время все последующие изученные автором экземпляры из г. Гомеля и его ближайших окрестностей оказались новым для фауны Беларуси видом – *Ch. gibeauxi*.

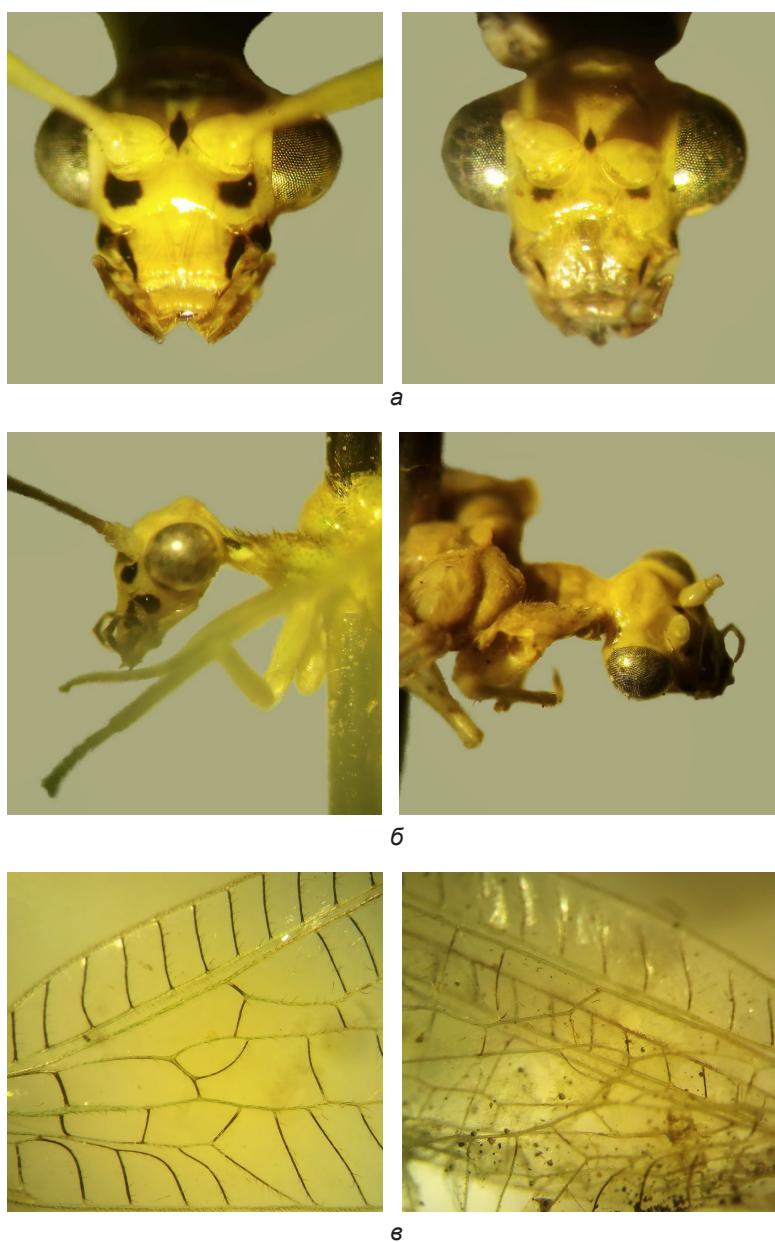


Рис. 1. Комплекс диагностических признаков *Chrysopa gibeauxi* (слева) и *Ch. pallens* (справа): а – голова (вид сверху); б – голова и переднегрудь (вид сбоку); в – переднее крыло

Исследуемый материал и методика. Республика Беларусь, Гомельская обл., Гомельский р-н, окр. д. Уза, 52°23'5.7" N, 30°51'7.3" E, смешанный лес, просека, среди подлеска, 16.06.2017 (1♂); г. Гомель, 52°25'47.2" N, 30°59'28.1" E, пешеходный мост у ж/д вокзала «Гомель», ночью на свет фонаря, 03.07.2019 (1♂). А. М. Островский leg. et det., 2020. Идентификацию отловленных особей проводили по определительным таблицам [11–14]. Комплекс диагностических признаков изученных экземпляров *Ch. gibeauxi* и *Ch. pallens* представлен на рис. 1. Фотографии получены с помощью цифровой фотокамеры Canon PowerShot SX130 IS, установленной на базе микроскопа МБС-10. Собранный материал хранится в коллекции автора.

Распространение и особенности экологии. Вероятно, *Ch. gibeauxi* имеет транспалеарктический ареал, но точные данные о его распространении пока отсутствуют. Достоверно известен из ряда европейских стран и Японии; в России – из Бурятии, Мордовии, Забайкальского края, Амурской области и Хабаровского края [11–15]. Считается [15], что вид *Ch. gibeauxi* более северный, нежели *Ch. pallens*. Встречается преимущественно на окраинных участках широколиственных и смешанных лесов, на отдельно стоящих лиственных деревьях на открытых пространствах, иногда среди кустарниковых зарослей и в плодовых садах. Места находок в условиях юго-востока Беларуси приурочены к лиственным деревьям (рис. 2).



Рис. 2. Место находки златоглазки *Chrysopa gibeauxi* в окрестностях д. Уза Гомельского района

Благодарности. Автор благодарит доктора биологических наук В. Н. Макаркина (Федеральный научный центр биоразнообразия наземной биоты Восточной Азии Дальневосточного отделения РАН, Россия) за предоставленную литературу [13–15] и оказанную консультативную помощь.

Список использованных источников

1. Fauna Europaea: Neuroptera [Electronic resource] / A. Letardi, U. Aspöck, H. Aspöck. – Fauna Europaea, version 2.6, 2016. – Mode of access: <http://www.fauna-eu.org>. – Date of access: 28.05.2020.
2. Czechowska, W. Neuropteroidea and Coccinellidae (Coleoptera) of pine canopies of the pine forests in the Berezinsky Biosphere Reserve in Byelorussia / W. Czechowska // Fragmenta Faunistica. – 1995. – Vol. 38, N 6. – P. 159–163.
3. Буга, С. В. Отряд Сетчатокрылые – Neuroptera / С. В. Буга // Флора и фауна заповедников СССР. Насекомые Березинского заповедника: опер.-инф. мат. / Т. П. Смирнова [и др.]; под ред. О. Л. Крыжановского, Е. М. Антоновой. – М., 1989. – Вып. 27. – С. 18–19.
4. Бородин, О. И. Отряд Neuroptera Linnaeus, 1758 – Сетчатокрылые / О. И. Бородин, В. А. Цинкевич // Биологическое разнообразие Березинского биосферного заповедника: ногохвостки (Collembola) и насекомые (Insecta) / О. И. Бородин [и др.]; под общ. ред. А. О. Лукашука, В. А. Цинкевича. – Минск: Белорус. Дом печати, 2016. – С. 186.
5. Островский, А. М. К изучению узкокрылых и нейроптероидных насекомых юго-востока Беларуси / А. М. Островский // Экобиологические проблемы Азово-Черноморского региона и комплексное управление биологическими ресурсами: материалы III науч.-практ. молодеж. конф., Севастополь, 28–30 сент. 2016 г. / Институт природно-технических систем; под ред. С. И. Рубцовой, Н. В. Ляминой. – Севастополь: ИПТС, 2016. – С. 209–213.
6. Островский, А. М. Материалы к фауне сетчатокрылых насекомых (Insecta, Neuroptera) юго-востока Беларуси / А. М. Островский // Экологическая культура и охрана окружающей среды: II Дорофеевские чтения: материалы междунар. науч.-практ. конф., Витебск, 29–30 нояб. 2016 г. / Витеб. гос. ун-т; редкол.: И. М. Прищепа (отв. ред.) [и др.]. – Витебск: ВГУ им. П. М. Машерова, 2016. – С. 116–119.
7. Островский, А. М. Новые данные по фауне сетчатокрылых (Neuroptera) и верблюдок (Raphidioptera) юго-востока Беларуси / А. М. Островский // Актуальные проблемы зоологической науки в Беларуси: Сб. ст. XI Зоологической междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 10-летию основания НПЦ НАН Беларуси по биоресурсам, Минск, 1–3 нояб. 2017 г. в 2 т. / НПЦ НАН Беларуси по биоресурсам; редкол.: О. И. Бородин [и др.]. – Минск: Изд. А. Н. Бараксин, 2017. – Т. 2. – С. 322–328.
8. Цинкевич, В. А. Отряд Neuroptera Linnaeus, 1758 – Сетчатокрылые / В. А. Цинкевич // Каталог насекомых (Insecta) Национального парка «Беловежская пуща» / В. А. Цинкевич [и др.]; под общ. ред. В. А. Цинкевича. – Минск: Белорус. Дом печати, 2017. – С. 194.
9. Трепашко, Л. И. Энтомофаги вредителей зерновых культур / Л. И. Трепашко, С. В. Бойко, О. Ф. Слабожанкина // Защита и карантин растений. – 2014. – № 6. – С. 21–23.
10. Canard, M. World distribution of the genus *Nineta* Navas 1912 (Neuroptera: Chrysopidae), with some taxonomic notes / M. Canard // Denisia. – 2004. – Bd.13. – S. 153–161.
11. Tillier, P. *Chrysopa gibeauxi* (Leraut, 1989): reinstatement as valid species and remarks on its distribution (Neuropterida, Chrysopidae) / P. Tillier, D. Thierry, R. Dobosz, M. Canard // Bulletin de la Société entomologique de France. – 2014. – Vol. 119, N 4. – P. 521–528.
12. Devetak, D. Two sibling green lacewing species, *Chrysopa pallens* and *Chrysopa gibeauxi* (Insecta: Neuroptera: Chrysopidae) in Slovenia and western Balkan countries / D. Devetak, P. Jakšić, T. Koren, D. Ivajnsic // Annales, Series Historia Naturalis. – 2015. – Vol. 25, N 1. – P. 47–54.
13. Canard, M. The complex of the pale green lacewing *Chrysopa pallens* (Rambur, 1838) *sensu lato* (Neuropterida, Chrysopidae) / M. Canard, D. Thierry // Bulletin de la Société entomologique de France. – 2017. – Vol. 122, N 1. – P. 75–82.
14. Tsukaguchi, S. Chrysopidae of Japan (Neuroptera, Chrysopidae) / S. Tsukaguchi. – Osaka: private print, 1995. – 223 p.
15. Макаркин, В. Н. Новые данные о сетчатокрылых (Neuroptera) и верблюдках (Raphidioptera) Мордовии (Россия) / В. Н. Макаркин, А. Б. Ручин // Кавказ. энтомологич. бюллетень. – 2019. – Т. 15, вып. 1. – С. 147–157. DOI: 10.23885/181433262019151-147157

Поступила 18.11.2020