

ISSN: 2411-7927
е-ISSN: на рассмотрении

ВЕСТНИК

ТЮМЕНСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА

ЭКОЛОГИЯ И ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ

2015. Том 1. № 2(2)

Журнал основан в 1998 г.

Свидетельство о регистрации ПИ № ФС77-60413
выдано 29 декабря 2014 г. Федеральной службой по надзору в сфере связи,
информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор)

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР:

С. Н. Гашев, д. биол. н., проф.

Заместители главного редактора:

А. В. Соромотин, д. биол. н., доц.

Д. В. Московченко, д. геогр. н.

Л. П. Паничева, д. хим. н., проф.

А. Д. Шалабодов, д. биол. н., проф.

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

С. П. Арефьев, д. биол. н.

Арвид Баршевскис, д. биол. н. (Латвия)

С. Н. Гашев, д. биол. н., проф.

П. Б. Климов, доктор, научный сотрудник
Мичиганского университета (США)

Т. А. Кремлева, к. хим. н., доцент

Ю. П. Курхинен, д. биол. н. (Финляндия)

Т. И. Моисеенко, д. биол. н., проф.,
чл.-корр. РАН

Д. В. Московченко, д. геогр. н.

И. В. Пак, д. биол. н., доцент

Л. П. Паничева, д. хим. н., проф.

В. С. Соловьев, д. мед. н., проф.

А. В. Соромотин, д. биол. н., доцент

Хёльцель Норберт, доктор, профессор
Вестфальского университета (Германия)

В. Ю. Хорошавин, к. геогр. н.

А. Д. Шалабодов, д. биол. н., проф.

А. Б. Загайнова — ответственный секретарь

Контактная информация:

✉ 625000, г. Тюмень,
ул. Пирогова, 3, каб. 407

vestnik-NATURE-R@utmn.ru

☎ (3452) 64-07-24 (105)
(3452) 59-74-32

Подписка на печатную версию журнала:

Каталог Почта России — индекс 31918

Журнал выходит 4 раза в год

Прием статей и информация для авторов:

<http://vestnik.utmn.ru>

<http://js.utmn.ru>

Электронный вариант журнала представлен на платформе:

<http://www.e-library.ru>

© Вестник Тюменского государственного университета. Экология и природопользование, 2015
(Вестник Тюменского государственного университета, 1998-2014)
<http://vak.ed.gov.ru/87>



© ТЮМЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ
1930

В НОМЕРЕ:

НАУКИ О ЗЕМЛЕ
И ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ**Инишева Л. И., Маслов С. Г.,
Дементьева Т. В., Шайдак Л.**Параметры биохимической
устойчивости торфов6**Старков В. Д., Пестова Ю. С.**Полярный Урал — уникальный
регион России17**Морозова Т. В., Томюк Б. П.**Микробиологические процессы азотного
цикла чернозема оподзоленного
при использовании почвозащитной
системы земледелия 23**Губернаторова Т. Н., Дину М. И.**Деградация стойкого органического
вещества в водных экосистемах
под действием микроорганизмов
(обзор)31**Мухачев И. С., Медведев М. М.**Формирование технологии
интенсивного рыбоводства
на озерах заморного типа 39**Солодовников А. Ю.**Состояние сырьевой базы нефти
и газа в Тюменской области..... 50**Петров Ю. В.**Применение экономико-географических
принципов сбалансированного
территориального общественного
развития в формировании местного
налогообложения 62**Шаяхметова З. М.**Поддержание численности и создание
искусственных популяций охраняемых
видов лишайников с использованием
метода трансплантации 68**Ларина Н. С., Гусельников В. Л.,
Устименко А. А.**Комплексный геохимический
мониторинг озера Цимлянское
(г. Тюмень)74**Каюгин А. А.**Закономерности адсорбции
низкомолекулярных аналогов
гуминовых кислот природным
каолином 84**Шигабаева Н. Ш.**Тяжелые металлы в почвах
некоторых районов г. Тюмени 92БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ
И ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ХИМИЯ**Гусев А. П.**Антропогенная трансформация
ландшафтов и сукцессии
растительности Западной Сибири
и их причины 103**Казанцева М. Н., Хайдукова А. Ю.**Естественное возобновление древесных
растений в рекреационных сосняках
зеленой зоны г. Тюмени 111**Свириденко Т. В., Свириденко Б. Ф.,
Токарь О. Е., Евженко К. С.**Распространение, экология
и ценоотическое значение *Chara*
fragilis Desvaux (Charophyta)
на Западно-Сибирской равнине119**Шарафутдинова М. С.,
Харитонцев Б. С.**Особенности флуктуирующей
асимметрии билатеральных признаков
листа популяций *Tilia cordata L.*
в условиях юга Тюменской области 129

**Банарь С. А., Горская В. А.,
Кобелева Н. В.**

Содержание химических элементов
в высших водных растениях озер
Большого Соловецкого острова 136

Зубань И. А., Вилков В. С.

Мониторинг гуся-пискульки
на водоемах Северо-Казахстанской
области в 2014 г. 143

Митропольский М. Г.

Сизоворонка *Coracias garrulus*:
экологические особенности вида
по анализу сборов плечевых костей 152

Руднева И. И., Шайда В. Г.

Влияние воды, подвергнутой действию
постоянного магнитного поля,
на диапаузирующие цисты артемии ... 158

МЕДИЦИНСКИЕ НАУКИ И ЭКОЛОГИЯ ЧЕЛОВЕКА

**Айзман Р. И., Гайдарова А. П.,
Корощенко Г. А., Сахаров А. В.**

Влияние порошка корневища
Circuta longa
на морфофункциональные показатели
почек крыс с экспериментальной
моделью сахарного диабета 166

**Логинова Н. В., Соловьева С. В.,
Туровинина Е. Ф., Бабинова Н. В.**

Функциональные особенности
церебральной гемодинамики
у спортсменов с НЦД признаками
психо-физического перенапряжения.....173

Каташинская Л. И.

Функциональные показатели
кардиореспираторной системы
и физическая работоспособность
студентов специальной
медицинской группы 180

CONTENTS

EARTH SCIENCES
AND NATURE RESEARCH

**Lidia I. Inisheva, Stanislav G. Maslov,
Tatjana V. Dementjeva,
Lech. W. Szajdak**

Parameters of Biochemical Stability
of Peats6

**Victor D. Starkov,
Julija S. Pestova**

The Polar Urals — a Unique Region
of Russia 17

**Tatiana V. Morozova,
Bogdan P. Tomyuk**

Microbiological Processes of the
Nitrogen-Cycle in Black Podzolic soil
in Various Agricultural Systems 23

**Tatiana N. Gubernatorova,
Marina I. Dinu**

The Degradation of Resistant Organic
Substances in Aquatic Ecosystems as
Affected by Microorganisms (a review).....31

**Igor' S. Mukhachev,
Michail M. Medvedev**

Development of an Intensive Fish
Breeding Technology in Lakes with
Oxygen Deficit 39

Alexander Y. Solodovnikov

The State of Hydrocarbon Resources
Base in Tyumen Region 50

Yuri V. Petrov

Application of Economic and Geographical
Principles of Balanced Territorial Social
Distribution in the Development
of Local Taxation..... 62

Zoya M. Shayakhmetova

Creation and Maintainance of the Number
of Artificial Populations of Protected
Species of Lichens with the Use of the
Method of Transplantation 68

**Natalia S. Larina,
Vassily L. Guselnikov,
Alexandre A. Ustimenko**

Comprehensive Geochemical Monitoring
of Lake Tsimlyanskoe (Tyumen) 74

Arkadiy A. Kayugin

Regularities of Adsorbition of
Low-Molecular Analogues of Humic
Acids onto Natural Kaolinite 84

Gulnara N. Shigabaeva

Heavy Metals in Soils of Several
Districts of Tyumen 92

BIOLOGICAL SCIENCES
AND ECOLOGICAL CHEMISTRY

Andrei P. Gusev

Anthropogenic Transformation
of Landscapes and Plant Succession 103

**Maria N. Kazantseva,
Anastasia Yu. Khaidukova**

Natural Regeneration of Woody Plants
in the Recreational Pine Forests
of the Green Zone of Tyumen 111

**Tatyana V. Sviridenko,
Boris F. Sviridenko,
Olga E. Tokar,
Konstantin S. Yevzhenko**

Distribution, Ecology and Coenotic Value
of Chara Fragilis Desvaux (*Charophyta*)
in the West Siberian Plain 119

**Mauliha S. Sharafutdinova,
Boris S. Kharitontsev**

Features of Fluctuating Asymmetry
in Bilateral Shapes of the Leaf of *Tilia
Cordata* L. in Conditions of the South
of Tyumen Region 129

**Svetlana A. Banar,
Valentina A. Gorskaya,
Nelli V. Kobeleva**

The Level of Chemical Elements
in Higher Aquatic Plants of Lakes
of the Big Solovki Island 136

Ivan A. Zuban, Vladimir S. Vilkov

Monitoring the Lesser White-Fronted
Goose in Water Lands of North
Kazakhstan in 2014..... 143

Maxim G. Mitropolskiy

The Roller Coracias Garrulus: Ecological
Characteristics of the Species by
the Analysis of Humerus..... 152

Irina I. Rudneva, Valentin G. Shaida

Impact of Water, Exposed to a Static
Magnetic Field, on the Diapausing
Artemia Cysts 158

HEALTH SCIENCE AND HUMAN ECOLOGY

**Roman I. Aizman, Anna P. Gaydarova,
Galina A. Koroschenko,
Andrei V. Sakharov**

Influence of Rhizome Powder of *Curcuma
Longa* on Morphofunctional Parameters
of Kidneys of Rats with Experimental
Model of Diabetes Mellitus 166

**Natalia V. Loginova,
Svetlana V. Solovieva,
Elena F. Turovinia,
Nadezhda V. Babinova**

Features of Cerebral Hemodynamics in
Athletes with Neurocirculatory Dystonia
and Signs of Psycho-Physical Stress173

Lyudmila I. Katashinskaya

Functional Data of Cardio-Respiratory
System and Physical Working Capacity
of Students Adhering to a
Special Medical Health Group..... 180

НАУКИ О ЗЕМЛЕ И ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ

© Л. И. ИНИШЕВА,¹ С. Г. МАСЛОВ,² Т. В. ДЕМЕНТЬЕВА, Л. ШАЙДАК³

¹Томский государственный педагогический университет

²Институт природных ресурсов Томского политехнического университета

³Институт сельского хозяйства и лесных исследований Польской академии наук
¹inisheva@mail.ru, ²maslovSG@tpu.ru, ³szajlech@man.poznan.pl

УДК 631.452

ПАРАМЕТРЫ БИОХИМИЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТИ ТОРФОВ*

PARAMETERS OF BIOCHEMICAL STABILITY OF PEATS

На территории таежной зоны Западной Сибири были отобраны 140 представительных для Западной Сибири образцов торфов с целью разработки критериев биохимической устойчивости торфов. В торфах были изучены общетехнические свойства, состав органического вещества. Для выявления показателей биохимической устойчивости торфов использовали системный метод.

Исследование фракционного состава азота подтвердило ведущую роль ботанического состава торфов в распределении соединений азота по фракциям. Верховые виды торфа значительно меньше обогащены азотом, чем низинные, особенно моховой группы, которая характеризуется самым низким содержанием общего азота, низкой долей легкогидролизующихся фракций и повышенной — трудногидролизующихся и негидролизующихся фракций.

Выявленные различия фракционного состава азота в торфах разного ботанического состава в общих чертах согласуются с различиями фракционно-группового состава органического вещества.

Корреляционный анализ показал, что наиболее значимыми параметрами (из взятых 38 параметров) являются: сумма гуминовых кислот, содержание углеводов (легко- и трудногидролизующихся), негидролизующего остатка, отношение C/N, сумма легкогидролизующегося и минерального азота и содержание липидов. Это дает основание считать их наиболее важными и рассматривать как возможные параметры биохимической устойчивости торфов.

The 140 representative samples of peat were selected on the territory of the taiga zone of Western Siberia to work out the criteria of biochemical stability of peats. The

* Работа выполнена при поддержке Минобрнауки (госзадание ТГПУ № 174) и Polish National Science Centre (DEC 2013/09/B/NZ9/03169).

basic technical characteristics and the composition of organic matters of peats were studied. The systematic approach was used to reveal the factors of biochemical stability of peats.

The study of the fractional makeup of nitrogen confirmed the leading role of the botanical composition of peats in the distribution of nitrogen compounds according to fractions. Raised bog peats have proved to be less nitrogen-enriched than low-mire peats, particularly the peats of the moss group.

The peats of the moss group are characterized by the lowest content of total nitrogen and the low content of easy hydrolysable fractions as well as by the increased content of poorly-hydrolysable and non-hydrolysable fractions.

The revealed differences of the fractional makeup of nitrogen in peats with a different botanical composition are correlated with the differences of the factious-group composition of organic matters.

The correlation analysis has shown that the most significant parameters (out of the 38 parameters taken) are (i) the sum of humic acids, (ii) the content of carbohydrates (hydrolysable and poorly-hydrolysable), (iii) the non-hydrolysable remainder, (iv) the C/N ratio (carbon-to-nitrogen ratio), (v) the sum of hydrolysable and mineral nitrogen and (vi) the content of lipides. These parameters may serve as possible parameters of the biochemical stability of peats.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА. Торф, свойства, органическое вещество, фракционный состав азота, корреляционный анализ, биохимическая устойчивость торфов, параметры.

KEY WORDS. Peat, characteristics, organic matter, factious composition of the nitrogen, correlation analysis, biochemical stability of peats, parameters.

Общая площадь торфяных месторождений в России в границах промышленной залежи торфа (более 0,7 м) составляет 47,6 млн га с запасами торфа 166,9 млрд т на 46 805 торфяных месторождениях. Балансовые запасы разведанных запасов торфа в РФ составляют 18,9 млрд т, предварительно разведанных — 11,9 млрд т, которые размещены на 21 046 торфяных месторождениях. Общая площадь в границах промышленной залежи — 10,3 млн га. Таким образом, наибольшее количество разведанных запасов торфа — 6,9 млрд т (36,2% от запасов России) выявлено в Северо-Западном федеральном округе, затем следуют Сибирский (25,8%) и Уральский (19,5%) округа.

Прогнозные ресурсы торфа России в количестве 128,7 млрд т оценены на 30 563 торфяном месторождении, площадью 40,4 млн га. Почти половина прогнозных ресурсов торфа (48,3%) и более половины их площади (51,6%) относится к Уральскому федеральному округу, в связи с отнесением к нему Тюменской области (25,13 млрд т), Ханты-Мансийского автономного округа (38,99 млрд т) и Ямало-Ненецкого автономного округа (7,85 млрд т).

На втором месте находится Сибирский федеральный округ (34,4 млрд т, или 21,8%), субъектом которого является Томская область, где на площади 6,4 млн га (64,2 тыс. км²) оценены прогнозные ресурсы торфа в количестве 24,6 млрд т.

Образование торфа — это одно из проявлений глобального для Земли процесса трансформации растительных остатков, а сам торф является одним из начальных звеньев в цепи превращения органического вещества (ОВ) в биосфере, каждое последующее звено которой отличается от предыдущего большей химической стойкостью. Так, если рассмотреть изменение изотопного состава углерода, отражающее основные этапы перехода атомов углерода из

биополимеров (живого вещества) в нефть, газ и кероген, то можно заметить, что на каждом последующем этапе химическая устойчивость атомов углерода резко возрастает.

На современном этапе значительное внимание уделяется торфу и торфяным экосистемам в целом как существенному резерву ОВ и углерода в наземных биогеосистемах. Снижение потерь ОВ из торфяной залежи — такая задача стоит и при оценке биосферной роли болот. Соответственно, и в этом случае возникает проблема оценки устойчивости торфов разного ботанического состава к биохимической деструкции.

Особенно это важно для западносибирских болотных экосистем, где сосредоточено 39% торфяных ресурсов мира, а заторфованность, например, в центральной части Западно-Сибирской равнины достигает 25% [1]. Исследования параметров устойчивости торфов разного ботанического состава к биохимической деструкции проводились и ранее [2; 3].

Целью настоящих исследований было установить критерии биохимической устойчивости торфов Западной Сибири.

Объекты и методы

На территории таежной зоны Западной Сибири были проведены экспедиционные работы и отобраны образцы торфов в количестве четырех тысяч, относящихся по ботаническому составу к 55 видам. В дальнейшем для исследований были выбраны 140 образцов, принадлежащих к 12 видам, включая все виды представительных для Западной Сибири торфов низинного типа (древесный, древесно-осоковый и древесно-травяной, осоковый, травяной, осоково-гипновый, гипновый), а также репрезентативные виды торфов верхового типа (фускум, комплексный, сфагновый мочажинный, пушицево-сфагновый, шейхцериевый). Каждый вид торфа по ботаническому составу представлен выборкой из 6–19 образцов с целью учета многообразия условий их образования.

В образцах определяли ботанический состав и степень разложения [ГОСТ 28245.2-89], зольность [ГОСТ 11306-83], фракционный состав азота по методу Шконде-Королевой [4], фракционно-групповой состав углерода по Пономаревой и Николаевой [5]. Все лабораторные исследования проводились в Испытательной лаборатории Томского государственного педагогического университета (№ РОСС RU.0001.516054).

Для выявления показателей биохимической устойчивости торфов использовали системный метод, основанный на анализе целостных интегративных свойств объекта, выявлении различных его связей и их структуры [6]. Проверка правильности выбора параметров осуществлялась с помощью факторного анализа, который позволяет провести «сжатие» исходной информации и дает возможность оценить адекватность выбранных классификационных параметров.

Результаты исследований

Следует заметить, что вопрос влияния химического состава ОВ на интенсивность его трансформации является непростым в связи со значительным природным варьированием химических показателей торфов. В статье [7] нами был уже рассмотрен состав ОВ исследуемых торфов и были выделены фракции легкогидролизуемых и трудногидролизуемых (ЛГ и ТГ) веществ как возможных показателей их биохимической устойчивости. В продолжение этой работы в исследуемых торфах провели определение фракционного состава азота и рас-

считали показатели сохранности торфов по Т. Т. Ефремовой [8] как отношение углерода гумусовых веществ к углероду ЛГ и ТГ веществ. Так, согласно автору, сохранность низинных торфов составляет 2-4, переходных — 1,2-2 и верховых — 0,8-1,4. Нашими исследованиями было установлено, что показатели сохранности изучаемых торфов изменяются в пределах 0,1-8,3, т. е. диапазон их изменения значительно шире (табл. 1). Причем показатели сохранности низинных торфов выше, чем верховых, что предполагает его большую устойчивость к микробиологической деструкции. Среди групп низинных торфов самое низкое среднее значение показателя сохранности отмечается для торфов моховой группы, что характеризует его ОВ как нестойкое; немного выше сохранность торфов низинной травяно-моховой группы. Остальные группы низинных торфов имеют близкие средние значения (2,6-2,8). Выделяются травяные и древесно-травяные торфа с наиболее высоким средним показателем сохранности торфа (2,8), здесь же встречаются максимальные значения (4,3-8,3), поэтому можно прогнозировать их высокую устойчивость к микробному разложению. Для торфов верхового типа прослеживается незначительное снижение показателя сохранности от травяной группы к моховой. Верховые торфа моховой группы (и особенно фускум-торф) имеют минимальные значения сохранности торфа. Достаточно низкими значениями данного показателя характеризуются торфа верховой травяно-моховой группы. Полученные результаты свидетельствуют о том, что поскольку сохранность торфа характеризует соотношение в торфе биохимически устойчивых и биохимически неустойчивых компонентов, то этот параметр может быть принят за параметр биохимической устойчивости торфов.

Таблица 1

Показатели сохранности торфов разного ботанического состава

Группа, вид торфов	Выборка	Среднее	Минимум	Максимум	Дисперсия
Низинный тип					
Группа древесная	18	2,7	1,5	5,0	0,8
Группа древесно-травяная	19	2,8	0,9	4,3	1,2
Вид древесно-травяной	14	2,8	1,6	4,3	0,8
Группа травяная	35	2,6	0,3	8,3	1,5
Вид осоковый	19	2,2	0,3	8,3	1,7
Вид травяной	16	2,9	1,3	5,9	1,2
Группа травяно-моховая	14	1,1	0,2	2,1	0,6
Группа моховая (гипновый)	14	1,0	0,4	2,1	0,4
Верховой тип					
Вид шейхцериевый	4	2,6	0,7	4,7	2,0
Вид пушицево-сфагновый	12	1,0	0,3	2,4	0,7
Группа травяно-моховая	14	1,0	0,3	2,4	0,6
Группа моховая	19	0,6	0,1	1,4	0,3
Вид фускум	6	0,6	0,1	0,9	0,2
Вид комплексный	8	0,7	0,2	1,4	0,3

Вместе с тем, необходимо учитывать, что интенсивность микробиологической деструкции ОВ торфов зависит также от содержания валового азота и доступности микрофлоре азотных соединений. Азот входит, главным образом, в состав негидролизуемой части торфа (около 60-80% от общего содержания азота при ступенчатом кислотном гидролизе) и поэтому считается труднодоступным для растений и микрофлоры. Кроме того, известно, что азот в торфах аккумулируется преимущественно гуминовыми кислотами — биохимически устойчивыми веществами. Таким образом, высокое содержание негидролизуемого азота в торфе соответствует повышенному содержанию гуминовых кислот и определяет высокую биохимическую устойчивость и низкие темпы минерализации торфов.

Рассмотрим характеристику фракционного состава азота (табл. 2). Абсолютные величины в мг/кг на абсолютно сухое вещество (а. с. в) торфа приведены для общего азота, а остальные фракции — в процентах от общего азота (% от $N_{\text{общ}}$), что позволяет оценить степень устойчивости азотных соединений к биохимической деструкции. В исследуемых торфах общее содержание азота изменяется в пределах 0,5-3,2%. Торфа низинного типа содержат 0,7-3,2%, верхового — 0,5-2,1%. Наиболее обогащена азотом низинная травяная группа торфов (в среднем 2,2%), затем следует древесная (1,9%) и моховая (1,4%). Низинные древесно-травяная и травяно-моховая группы торфов занимают промежуточное положение. В верховых торфах содержание общего азота намного меньше.

Содержание легкогидролизуемого азота ($N_{\text{лг}}$) изменяется в средних значениях 8,6-13,4% — для низинного типа торфов и 6,1-11,0% — для верхового типа. Различия интервалов варьирования (соответственно 0,5-28,8% и 0,7-18,0%) и средних значений по типам торфов незначительны, в то время как группы торфов разного ботанического состава имеют более выраженные различия. По содержанию $N_{\text{лг}}$ торфа низинной моховой группы существенно превосходят древесную, что характеризует его азот как более доступный для трансформации.

Таблица 2

Фракционный состав азота в торфах разного ботанического состава

Группа, вид торфов	Выборка	Общий азот		Легко-гидролизуемый азот, % от общего		Трудно-гидролизуемый азот, % от общего		Негидролизуемый % от общего		C/N*
		экстремумы среднее	дисперсия	экстремумы среднее	дисперсия	экстремумы среднее	дисперсия	экстремумы среднее	дисперсия	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Тип низинный										
Группа древесная	18	1,5-2,8 1,9	0,3	5,5-14,0 9,0	1,9	1,5-18,2 8,2	3,9	66,9-89,4 80,8	5,2	23,8
Группа древесно-травяная	19	0,9-2,8 2,0	0,5	2,5-15,5 8,8	2,9	0,4-17,9 6,1	4,7	65,1-90,7 83,5	5,9	20,3
Вид древесно-травяной	14	1,1-2,8 2,0	0,5	5,1-15,5 9,1	2,6	0,4-17,9 6,0	5,4	65,1-90,7 83,2	6,9	20,9
Группа травяная	35	0,9-3,2 2,2	0,4	3,0-18,0 9,2	2,8	0,6-12,1 5,7	2,7	74,7-90,1 83,5	3,6	19,3

Окончание табл. 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Вид осоковый	16	0,8-2,8 2,1	0,5	4,6-14,0 8,6	2,5	1,0-12,1 6,3	2,7	78,1-88,9 83,7	4,0	19,9
Вид травяной	19	1,5-3,2 2,2	0,4	3,0-18,0 9,6	3,1	0,6-10,8 5,2	2,8	74,7-90,1 83,4	4,0	18,7
Группа травяно-моховая	14	0,7-2,9 1,7	0,75	0,5-28,4 10,3	6,3	2,6-13,7 6,5	3,7	55,9-90,3 81,2	8,3	22,1
Группа моховая (гипновый)	14	0,7-2,3 1,4	0,5	7,1-2,8 13,4	6,1	0,6-14,8 9,4	4,3	50,6-90,6 75,1	10,8	26,6
Тип верховой										
Вид шейхцериевый	4	1,9-2,1 1,9	0,1	5,9-9,0 7,4	1,2	4,7-6,9 5,8	0,9	84,0-87,8 85,0	1,8	26,8
Вид пушицево-сфагновый	12	0,5-2,0 1,2	0,4	3,5-1,0 11,0	3,7	1,9-14,4 6,6	3,8	53,5-91,0 75,1	9,5	48,1
Группа травяно-моховая	14	0,5-2,0 1,2	0,4	3,5-1,0 10,3	3,9	1,9-14,4 6,6	3,6	53,7-91,0 76,4	9,4	46,0
Группа моховая	19	0,5-1,9 1,0	0,4	0,7-17,7 7,5	3,5	3,6-11,7 6,7	2,4	72,4-85,8 80,4	4,0	56,3
Вид фускум	6	0,5-0,8 0,6	0,1	0,7-11,0 6,1	3,4	4,8-11,7 8,7	2,6	76,2-85,8 79,5	3,6	77,6
Вид комплексный	8	0,6-1,9 1,1	0,4	3,4-17,7 9,2	4,6	3,6-10,3 6,4	2,1	72,4-84,0 79,5	4,9	51,7

Примечание: * — приведены только средние значения, а. с. в. — абсолютно сухое вещество, числитель — экстремальные значения параметров, знаменатель — среднее содержание.

Трудногидролизуемый азот в средних значениях изменяется в пределах 5,2-9,4% от $N_{\text{общ}}$, уступая по содержанию $N_{\text{лг}}$. Существенных различий в содержании $N_{\text{тг}}$ по типам торфов не выявлено, однако для торфов низинного типа характерен больший разброс данных, о чем свидетельствует и величина коэффициента вариации. Верховые группы торфов характеризуются близкими средними значениями $N_{\text{тг}}$, в торфах низинного типа прослеживается увеличение доли $N_{\text{тг}}$ от травяной группы к древесной и моховой. Низинная древесная группа торфов характеризуется самым высоким содержанием $N_{\text{тг}}$ (18,2%). Преобладающим соединением азота в исследуемых торфах является очень стойкая фракция негидролизуемого азота, достигающая 50,6-91,0% от общего азота в разных торфах. Высокий процент негидролизуемой фракции определяется преобладанием среди азотсодержащих веществ торфов малоподвижных, труднодоступных растениям и микроорганизмам соединений, прежде всего, гумусовой природы.

Пониженным содержанием негидролизуемого азота отличаются моховая и травяно-моховая группы торфов обоих типов. Самое низкое содержание негидролизуемого азота характерно для торфов верховой моховой и травяно-моховой групп. К этому же уровню приближается низинный торф моховой группы.

Травяные группы обоих типов имеют наибольшее абсолютное содержание негидролизующего азота.

Таким образом, выявляется общая закономерность: моховые торфа содержат меньше негидролизующего азота, чем травяные, а верховые — меньше, чем низинные. Таким образом, результаты анализа фракционного состава азота подтверждают ведущую роль ботанического состава торфов в распределении азотистых соединений по фракциям, что отмечается в более ранних работах [9; 10]. Выявленные различия фракционного состава азота в исследуемых торфах характеризуют разную подвижность и гидролизующесть азотсодержащих соединений торфов разного ботанического состава и согласуются с различиями их фракционно-группового состава ОВ.

Особого внимания заслуживает степень обогащенности ОВ азотом, оцениваемая по величине C/N , поскольку известно, что этот параметр также указывает на степень биохимической устойчивости ОВ. По данным Т. Т. Ефремовой [8], при C/N более 14 торфяные почвы характеризуются очень низкой биохимической устойчивостью. Тогда самая низкая обогащенность исследуемых торфов азотом отмечается для верховой моховой группы торфов (в среднем, 56,3), самая высокая — для низинной травяной группы ($C/N = 19,3$; табл. 2). Еще более резко выражены межвидовые различия: фускум-торф в среднем имеет отношение C/N 11,6; низинный осоковый торф — 18,7. В целом, верховые торфа имеют более широкое отношение C/N , чем низинные торфа, а из групп — моховая группа больше, чем травяная. Таким образом, результаты анализа фракционного состава азота подтверждают ведущую роль ботанического состава торфов в распределении соединений азота по фракциям.

Как известно, различия в величине C/N тесно связаны со степенью разложения торфов, поскольку при трансформации растительных остатков и образовании торфа содержание углерода снижается быстрее, чем азота [11]. Нами был проведен анализ средних значений отношения C/N торфов, сгруппированных по типам торфа и степени разложения (табл. 3). Результаты показали, что низинные торфа во всех интервалах варьирования степени разложения характеризуются одинаковыми значениями отношения C/N (21,0-23,3), в то время как C/N верховых торфов при увеличении степени разложения от 0 до 35% снижается с 69,4 до 31,9. Соотношение C/N в верховых торфах и его зависимость от степени разложения констатирует их повышенную способность к микробиологическому разложению и, соответственно, низкую биохимическую устойчивость.

Как было показано выше, ОВ торфов, в том числе и азотные органические соединения, характеризуются большой амплитудой варьирования свойств, обусловленной многообразием состава растений-торфообразователей и условий их трансформации. Состав ОВ описывает большое число показателей, среди которых встречаются как существенные, определяющие изменение других свойств торфов, так и второстепенные, создающие помехи для четкого разделения торфов по биохимической устойчивости. Исследование корреляционных связей между показателями фракционно-группового состава ОВ по Пономаревой-Николаевой и другими его свойствами проводится впервые. Ранее подобная работа была выполнена для показателей группового состава ОВ по методу Инсторфа [12], который позволяет оценивать качество торфов для их использования в промышленных целях.

Таблица 3

Влияние степени разложения на отношение С/Н в торфах

Интервал степени разложения, %	Выборка	Среднее	Минимум	Максимум	Дисперсия
Низинные торфа					
Менее 20	17	21,3	14,1	29,6	4,3
20-25	21	23,2	14,4	38,7	5,6
25-30	26	22,4	15,4	30,3	4,7
30-45	32	20,5	11,7	32,7	5,5
45-60	4	21,0	15,5	31,4	7,4
Верховые торфа					
Менее 10	8	69,4	28,3	99,8	28,1
10-15	13	51,2	21,5	72,8	15,5
15-25	10	40,1	26,4	57,8	13,0
25-35	8	31,9	26,5	48,6	7,4

Схема анализа Пономаревой-Николаевой более объективно и подробно отражает особенности ОВ торфов и более приемлема для выявления показателей их биохимической устойчивости, что, например, важно при использовании торфов в сельском хозяйстве. Основная цель исследований корреляционных зависимостей — сокращение размерности признакового пространства для задачи выбора параметров биохимической устойчивости торфов. В расчет были включены параметры анализов всех 140 образцов торфов по 38 признакам, характеризующим фракционный состав углерода, азота, а также общетехнические и агрохимические свойства торфов. Степень сопряженности между признаками оценивали по коэффициентам детерминации. Достоверность коэффициента корреляции оценивали по критерию Стьюдента. При анализе 140 образцов коэффициент корреляции имеет критическое значение 0,23, ниже которого связь считается недостоверной.

Рассмотрим полученные результаты. Прежде всего, отметим, что наибольшее число значимых сильных и средней силы связей среди параметров для всей исследуемой выборки имеют сумма ГК, рН и азот негидролизуемого остатка. В результате дифференцированного анализа корреляционных связей между признаками верховых и низинных видов торфов было установлено, что торфа верхового типа имеют наибольшее число достоверных значимых связей. Это объясняется особенностями условий формирования верховых торфов и менее существенным влиянием на химический состав его ОВ минеральных компонентов и других факторов.

Особый интерес представляет существование прямой корреляции между составом ОВ и общетехническими свойствами торфов, поскольку они являют-

ся основными и легко измеряемыми. Так, например, согласно существующим стандартам, общетехнические свойства лежат в основе выбора направления использования торфов в промышленности. Выявленная закономерность существования прямой корреляции между составом ОВ и общетехническими свойствами исследуемых торфов косвенно отражает основные «химические» причины накопления органического вещества в торфах: в низинных торфах это гидрохимический состав, отражаемый кислотностью среды, а в верховых — содержание углеводов в растениях-торфообразователях, обычно защищенных оболочкой антисептиков.

Принимая во внимание, что мерой информативности параметра могут служить показатели, которые являются относительно независимыми друг от друга и влияют на значения многих других свойств торфов, было выполнено сравнение коэффициентов вариации, а для отбора независимых параметров исследовалась матрица коэффициентов корреляции. В результате из всех параметров, описывающих биохимическую устойчивость торфов, достоверно значимыми оказались 5 параметров: сумма гуминовых кислот, содержание углеводов (легко- и трудногидролизующихся), негидролизующийся остаток, отношение С/Н, сумма легкогидролизующегося и минерального азота и содержание липидов.

Выводы. Исследование фракционного состава азота подтвердило ведущую роль ботанического состава торфов в распределении соединений азота по фракциям. Верховые виды торфа значительно меньше обогащены азотом, чем низинные, особенно моховой группы, которая характеризуется самым низким содержанием общего азота, низкой долей легкогидролизующихся фракций и повышенной трудногидролизующихся и негидролизующихся фракций.

Выявленные различия фракционного состава азота в торфах разного ботанического состава в общих чертах согласуются с различиями фракционного-группового состава ОВ.

Проведенный корреляционный анализ показал, что наиболее значимыми параметрами (из взятых 38 параметров) являются: сумма гуминовых кислот, содержание углеводов (легко- и трудногидролизующихся), негидролизующийся остаток, отношение С/Н, сумма легкогидролизующегося и минерального азота и содержание липидов. Это дает основание считать их наиболее важными и рассматривать как возможные параметры биохимической устойчивости торфов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Болота Западной Сибири — их роль в биосфере / под ред. А. А. Земцова. Томск: ТГУ, СибНИИТ, 1998. 72 с.
2. Бамбалов Н. Н., Беленькая Т. Я. Содержание и состав углеводов в целинных и мелиорированных торфяных почвах // Почвоведение. 1993. № 12. С. 87-91.
3. Поздняков А. И., Позднякова Л. А. Деградация и эволюция торфяников при сельскохозяйственном использовании (теория и практика рационального использования) // Тезисы докладов Всероссийской конференции. Москва, 16-18 июня 1998 г. Т. 1. М., 1998. С. 129-131.
4. Замятина Б. Б. Методы определения азота в почве // Агрохимические методы исследования почв. М.: Наука, 1975. С. 94-95.

5. Пономарева В. В., Николаева Т. А. Методы изучения органического вещества в торфо-болотных почвах // Почвоведение. 1961. № 5. С. 88-95.
6. Исследования по общей теории систем. М.: Прогресс, 1969. 520 с.
7. Инишева Л. И., Шайдак Л. Характеристика фракционного состава органического вещества торфов // Вестник Тюменского государственного университета. 2013. № 4. С. 75-83.
8. Ефремова Т. Т. Структурообразование в торфяных почвах. Новосибирск: Наука, 1992. 191 с.
9. Переверзев В. Н. Биохимия гумуса и азота почв Кольского полуострова. Л., 1987. 303 с.
10. Бамбалов Н. Н., Янковская Н. С. Фракционный состав азотного фонда органических удобрений и растений-торфообразователей // Агрохимия. 1994. № 7-8. С. 55-62.
11. Пигулевская Л. В., Раковский В. Е. Химический состав торфообразователей и влияние его на состав торфов // Труды Института торфа. Т. 6. Минск: АН БССР, 1957. С. 3-11.
12. Лиштван И. И., Базин Е. Т., Гамаюнов Н. И., Терентьев А. А. Физика и химия торфа: учеб. пособие для вузов. М.: Недра, 1989. 304 с.

REFERENCES

1. Bolota Zapadnoj Sibiri — ih rol' v biosfere [Wetlands of Western Siberia - Their Role in Biosphere] / ed. A. A. Zemcov. Tomsk: TGU, SibNIIT, 1998. 72 p.
2. Bambalov, N. N., Belen'kaja, T. Ja. Level and content of carbohydrates in virgin and meliorated peats // Pochvovedenie [Study of Soils], 1993. № 12. Pp. 87-91.
3. Pozdnjakov, A. I., Pozdnjakova, L. A. Degradation and evolution of peats during agricultural use (theory and practice of rational cultivation) // Abstracts of Reports of the International Conference. Moscow, 16-18 June 1998. Vol. 1. Pp. 129-131.
4. Zamjatina, B. B. Methods to detect Nitrogen in soils // Agrohimiicheskie metody issledovaniya pochv [Agrochemical Methods of Soil Study]. Moscow: Nauka. 1975. Pp. 94-95.
5. Ponomareva, V. V., Nikolaeva, T. A. Methods of studying organic matter in peat and marshy soil // Pochvovedenie [Study of Soils], 1961. № 5. Pp. 88-95.
6. Issledovaniya po obshhej teorii sistem [Research in the General Theory of Systems]. Moscow: Progress, 1969. 520 p.
7. Inisheva, L. I., Shajdak, L. Features of Fractional Composition of Peats Organic Matter // Vestnik Tjumenskogo gosudarstvennogo universiteta [Herald of Tyumen State University], 2013. № 4. Pp. 75-83.
8. Efremova, T. T. Strukturoobrazovanie v torfjanyh pochvah [Formation of Structures in Peat Soils]. Novosibirsk: Nauka, 1992. 191 p.
9. Pereverzev, V. N. Biohimija gumusa i azota pochv Kol'skogo poluostrova [Biochemistry of Humus and Nitrogen in Soils of the Kola Peninsular]. Leningrad, 1987. 303 p.
10. Bambalov, N. N., Jankovskaja, N. S. Fractional composition of Nitrogen reserve in organic fertilizers and peat-forming vegetation // Agrohimiija [Agrochemistry], 1994. № 7-8. Pp. 55-62.
11. Pigulevskaja, L. V., Rakovskij, V. E. Chemical composition of peat-forming vegetation and its impact on the composition of peat // Trudy Instituta torfa [Works of the Institute of Peat]. Vol. 6.. Minsk: AN BSSR, 1957. Pp. 3-11.
12. Lishtvan, I. I., Bazin, E. T., Gamajunov, N. I., Terent'ev A. A. Fizika i himija torfa: uchebnoe posobie dlja vuzov [Physics and Chemistry of Peats: a studyguide for students of higher educational institutions]. Moscow: Nedra, 1989. 304 p.

Авторы публикации

Лидия Ивановна Инишева — заведующая лабораторией агроэкологии Томского государственного педагогического университета, профессор, доктор сельскохозяйственных наук, чл.-корр. РАН

Станислав Григорьевич Маслов — доцент кафедры химической технологии топлива и химической кибернетики Института природных ресурсов Томского политехнического университета, доцент, кандидат технических наук

Татьяна Васильевна Дементьева — пенсионер, кандидат биологических наук

Лех Шайдак — профессор Института сельского хозяйства и лесных исследований Польской академии наук, г. Познань (Польша), доктор биологических наук

Authors of the publication

Lidia I. Inisheva — Director of Agroecology Laboratory, Prof., Dr. Sci. (agricultural), Tomsk State Pedagogical University

Stanislav G. Maslov — Assistant Professor of the Department of Chemical Technology of Fuel and Chemical Cybernetics, Institute of Natural Resources, Tomsk Polytechnical University

Tatjana V. Dementjeva — Cand. Sci. (biol.), no affiliation

Lech. W. Szajdak — Prof., Dr Hab., Institute for Agricultural and Forest Environment Polish Academy of Sciences. Poznań (Poland)

© В. Д. СТАРКОВ, Ю. С. ПЕСТОВА

*Тюменский государственный университет
Starkov-victor@rambler.ru, yul.pestova@yandex.ru*

УДК 502.56/568

ПОЛЯРНЫЙ УРАЛ — УНИКАЛЬНЫЙ РЕГИОН РОССИИ

THE POLAR URALS – A UNIQUE REGION OF RUSSIA

Полярный Урал — горная система, большая часть которой размещается на территории Тюменской области. Здесь расположены важные геологические объекты, представляющие собой ценность для мировой науки. К ним относятся, в первую очередь, уникальные разрезы офиолитов — метаморфизованных реликтов древней (палеозойской) океанической коры. Они могут служить эталоном для изучения меланократового основания складчатых областей фанерозоя. Кроме того, с офиолитовыми комплексами сопряжены в пространстве запасы рудного и нерудного минерального сырья: хромитов, железных руд, платиноидов и самоцветов. Другим ценным для науки геологическим объектом Полярного Урала является структура хребта Марун-Кей. Она сложена комплексом горных пород, относящихся к самой глубокой фации метаморфизма и включает редкие горные породы — эклогиты. Названные геологические объекты Полярного Урала могут быть отнесены к памятникам природы, а Полярный Урал в целом по всем природным параметрам заслуживает присвоения ему статуса национального парка.

The Polar Urals is a mountain system, much of which is located in Tyumen region. Here important geological objects are located, that are of world value. These include, primarily, unique sections of ophiolites — metamorphosed relics (paleozoic) of oceanic crust. They can serve as a model for studying folded regions of the phanerozoic. In addition, near the ophiolite complex reserves of ore and nonmetallic minerals are found: chromite, iron ore, platinum and precious stones. Another valuable for science geological object is the structure of the Polar Urals ridge Maroun-Keu. It is composed of a complex of rocks belonging to the deepest facies and includes rare rocks like eclogite. The mentioned geological features of the Polar Urals can be attributed to natural monuments, and the Polar Urals in general, judging by all natural parameters, deserves to be assigned the status of a national park.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА. Полярный Урал, Рай-Из, Марун-Кей, офиолиты, островные дуги, эклогиты, памятники природы.

KEY WORDS. Polar Urals, Raj-Is, Maroun-Keu, ophiolite, island arcs, eclogite, natural monuments.

Полярный Урал, большая часть которого является территорией Тюменской области, состоит из горных ландшафтов, отличающихся исключительной живописностью. Здесь древние ледники оставили следы своей деятельности в виде альпийского рельефа: остроконечные вершины гор, ледниковые цирки, троговые

долины, ригели, моренные гряды, озы и камы, а в межгорных долинах — песчаные зандры, покрытые озерными чашами с чистой, прозрачной водой. Горы изрезаны густой сетью рек и ручьев, несущих свои потоки в бассейны Печоры, Оби и в Байдарацкую губу. Реки отличаются бурным и стремительным течением, русла их изобилуют порогами, перекатами, переходящими в красивые каньоны и водопады. Среди горных кряжей расположены сотни больших и малых озер различного генезиса. Особенно глубоки и впечатляющи озера тектонического происхождения. Наиболее крупные из них: Большое Щучье, Малое Щучье, Хадата-Юган-Лор и самое северное из них — священное оз. Емын-Лор. Горные вершины вмещают современные ледники, самый крупный из которых, Хадатинский, расположен в верховьях одноименной реки. В озерах и реках Полярного Урала водятся ценные виды рыб: полярный хариус и лосось. Среди флоры этого региона особо следует отметить родиолу розовую (золотой корень), занесенную в красную книгу. По отмеченным выше ландшафтным особенностям Полярный Урал заслуживает особого внимания со стороны органов, занимающихся охраной природы [1].

Ценность этого горного края усиливается тем, что он вмещает уникальные геологические объекты, весьма значимые для науки.

В новейших геотектонических концепциях, объясняющих взаимосвязь явлений в коре и мантии Земли, уделяется особое внимание офиолитовой ассоциации, представляющей собой триаду из горных пород габбро-гипербазитового состава, толеитовых базальтов и глубоководных осадков. Офиолиты — это нормальный разрез океанской коры, состоящий из трех перечисленных слоев. Его можно наблюдать в рифтовых долинах срединноокеанских хребтов, вдоль крупных трансформных разломов океанских плит и в стенках глубоководных желобов. Такая же ассоциация горных пород фиксируется в зонах складчатых систем фанерозоя. Офиолиты здесь являются метаморфизованными реликтами океанской коры и служат в качестве важнейших свидетелей наличия в прошлом океанического бассейна, на периферии которого когда-то сформировалась внутренняя (приокеанская) зона складчатой системы [2].

В этом отношении не представляют собой исключение и внутренние зоны Уральской складчатой области, сформировавшиеся на меланократовом основании (офиолитах) досилурийского возраста [3].

На рубеже ордовика и силура на всем протяжении западной периферии Уральского палеоокеана произошло зарождение островных дуг типа Тонга на океанической коре с падением зоны субдукции на восток. Во фронтальной части надвигающейся с востока океанской плиты в условиях сжатия начался процесс метаморфизма океанической коры, состоящей из гипербазитов, габбро- и толеитовых базальтов. Прогрессивный метаморфизм этого меланократового основания складчатой системы происходил в два этапа. В первый этап ультрабазиты и базиты подверглись габброизации и амфиболизации, во второй этап — плагиогранитизации [4].

В послеордовикское время к востоку от полосы амфиболитов и плагиомигматитов — продуктов регионального метаморфизма и ультраметаморфизма офиолитового субстрата — произошло становление силуро-девонских островных дуг на гранитизированной к этому времени океанической коре [5]. В конце палеозоя островодужный режим сменился континентальным, который подчер-

квивается соответствующими геологическими формациями. Указанные этапы становления Уральской складчатой области к настоящему времени хорошо изучены и описаны в научных статьях и монографиях, а также отображены на геологических картах [6-8].

К сожалению, в большинстве внутренних зон Уральской складчатой области первичные взаимоотношения офиолитовых, островодужных и континентальных комплексов нарушены позднепалеозойскими надвигами и шарьяжами. Поэтому сейчас исследователи вынуждены изучать лишь отдельные изолированные фрагменты первичных разрезов, зачастую удаленных друг от друга на десятки километров. Исключением является Собско-Войкарская зона Полярного Урала, сложенная горными хребтами Рай-Из, Пай-Ер и Войкаро-Сыньинским, переходящими к востоку в увалы Малого Урала. Здесь названные выше формации, хотя и находятся в общем аллохтонном залегании, но они представляют собой единый массив бывшей островной дуги, покоящейся на метаморфизованном офиолитовом фундаменте [9]. В отличие от офиолитовых комплексов более южных районов Урала, в естественных обнажениях Собско-Войкарской зоны можно наблюдать постепенный переход от центрального дунит-гарцбургитового ядра офиолитовой ассоциации к габбро-амфиболитовой зоне, а затем к зоне плагиомигматитов и плагиогранитоидов. Восточная часть этой мощной метаморфизованной офиолитовой пластины прорвана магматическими комплексами силуро-девонской островной дуги. В этом состоит уникальность офиолитовых комплексов Полярного Урала, которые могут служить эталоном для изучения как самого меланократового (океанического) основания складчатых областей фанерозоя, так и последующего его преобразования.

Геологические разрезы офиолитовой ассоциации Тюменского Урала уже вызвали интерес специалистов в области геотектоники и петрологии ведущих научных стран. В 1978 г. Академия наук СССР по инициативе ЮНЕСКО провела международную экскурсию по проблеме офиолитов в районе горных массивов Рай-Из и Пай-Ер. В экскурсии участвовали крупные ученые-геологи из США, Франции, Англии, Японии и других государств.

Таким образом, массивы Рай-Из и Войкаро-Сыньинский необходимо рассматривать как подлежащие охране геологические объекты эталонного ранга.

Представляется, что при соответствующей организации этот уникальный район Полярного Урала может стать международным полигоном для изучения офиолитовых комплексов и сопряженных с ними островодужных и континентальных формаций.

Но уникальность офиолитовых разрезов Рай-Иза не является единственной ценностью этого массива. Структура Рай-Иза — знаменитая кладовая минерального сырья. В ее недрах открыты месторождения железных и хромовых руд, камнесамоцветного сырья (нефрита, жадеита, рубина, сапфира), в ультрабазитах отмечено повышенное содержание платиноидов.

Из минеральных самоцветов наибольшего внимания заслуживает рубин — прозрачный корунд красного и малинового цветов. В недрах массива Рай-Из отмечено несколько проявлений коллекционного корунда. Наиболее изучено месторождение Рубиновое, вскрытое в коренном залегании. Корунды месторождения обладают густым темно-красным, реже малиновым и розовым

цветом. Размеры кристаллов достигают 10-15 мм в диаметре. Встречаются и прекрасные ювелирные рубины высокого ограночного качества. Своеобразие и уникальность проявлений коллекционного корунда из ультрабазитов Рай-Иза известны специалистам-минералогам и коллекционерам не только в России, но и за ее пределами. Замечательные штуфы и отдельные кристаллы красного корунда из месторождения Рубиновое являются гордостью многих музеев и частных коллекций во всем мире.

Несмотря на то, что разработка месторождения Рубиновое прекращена еще в 1975 г., коллекционный материал отсюда, благодаря любителям камня, постоянно поступает на внутренний и внешний рынки. Ежегодно сюда приезжают сотни туристов, которые добывают и вывозят самоцветы. Уже около 40 лет происходит их бесконтрольное расхищение, что приводит к потере ценной научной информации.

В 1995 г. начато промышленное освоение хромитового месторождения Центральное, в контур отработки которого попадает и месторождение красных корундов. Поэтому разработка месторождений полезных ископаемых Рай-Иза должна вестись осторожно при постоянном контроле со стороны высококвалифицированных специалистов. В противном случае большие выемки горной массы могут привести к нарушению целостности уникальных геологических разрезов.

К другому знаменитому геологическому объекту Полярного Урала относится Марун-Кеуская структура, простирающаяся в субмеридиональном направлении в междуречье Лонгот-Югана и Щучьей. Географически она совпадает с хребтом Марун-Кеу, вершины которого достигают отметки 1190 м.

Геологический разрез Марун-Кеу представлен сложным комплексом пород, в котором участвуют гнейсы, амфиболиты, амфиболовые и слюдяные сланцы, тесно перемежающиеся между собой и образующие своего рода «слоеный пирог» метаморфических образований. В южной, наиболее высокогорной части структуры, широко развиты эклогиты, которые и представляют особый интерес. Это весьма редкие горные породы, образующиеся на больших глубинах в условиях огромного литостатического давления (около 20 кбар).

Эклогиты Марун-Кеу обладают яркой окраской. Всевозможные сочетания голубого кианита, белого цоизита, лилово-розового и красного граната, светло-зеленого омфациита, изумрудно-зеленого фуксита придают породе необычайно экзотический вид [10]. Ценность хребта Марун-Кеу объясняется наличием именно этих горных пород, относящихся к самой высокобарической и самой высокотемпературной фации метаморфизма. В пределах России эклогиты встречаются также в фациях глубокого метаморфизма на щитах Русского и Сибирского кратонов, но такие яркие, изящно окрашенные их представители имеются лишь на Полярном Урале. Уникальность геологических разрезов горного хребта Марун-Кеу является гордостью не только Тюменской области, но и всей России.

Благодаря декоративным качествам эклогитов их используют как ценный поделочный материал для изготовления различного рода сувениров. Изделия из этого декоративного камня успешно демонстрируются на выставках самоцветов. В настоящее время эклогиты Полярного Урала интенсивно и бесконтрольно

добываются для этих целей, что может привести к утрате для науки ценного природного объекта.

Из краткого рассмотрения фактического материала по массиву Рай-Из и геологической структуре Марун-Кеу можно заключить, что названные геологические объекты заслуживают присвоения им статуса геологических памятников природы, подлежащих государственной охране.

Делая общую оценку этой северной территории, отметим, что Полярный Урал по всем природным параметрам — уникальный район России, вполне заслуживающий присвоения ему статуса национального парка. В России много горных регионов, расположенных в Заполярье и почти не затронутых цивилизацией, которые вправе претендовать на этот статус. Но они пока не могут выполнять важную рекреационную роль, поскольку не имеют наземного сообщения с густонаселенными частями страны.

Другое дело — Полярный Урал. Его пересекает железная дорога. В частности, от Москвы туда можно доехать прямым поездом всего за сутки. Инфраструктура будущего национального парка предоставит возможность широкой публике насладиться удивительной природой этого чудесного полярного горного края, а ученым — проводить научные исследования на антропогенно ненарушенных уникальных природных объектах.

Не так давно в самом центре Полярного Урала построен первый отель для туристов — любителей экстремального отдыха. Бизнес уже проник в регион и это хорошо. Но не опоздают ли государственные органы взять под защиту одну из «жемчужин» России?

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кеммерих А. О. Полярный Урал. М., Физкультура и спорт, 1966. 104 с.
2. Ефимов А. А. Габбро-гипербазитовые комплексы Урала и проблема офиолитов. М.: Наука, 1984. 232 с.
3. Старков В. Д., Холоднов В. В. Особенности эвгеосинклинального гранитоидного магматизма Полярного Урала // Петрология и рудообразование. Свердловск: УНЦ АН СССР, 1986. С. 37-43.
4. Морковкина В. Ф. Габбро-перидотитовая формация Полярного Урала. М.: Наука, 1967. 308 с.
5. Старков В. Д. Тектонический режим и гранитообразование в эвгеосинклинальных зонах Урала. Свердловск: УНЦ АН СССР, 1983. 64 с.
6. Пейве А. В., Иванов С. Н., Нечеухин В. П. и др. Тектоника Урала. М.: Наука, 1977. 120 с.
7. Перфильев А. С. Формирование земной коры Уральской складчатой системы. М.: Наука, 1979. 188 с.
8. Старков В. Д. Уралиды. Тюмень: Тюменский дом печати, 2007. 400 с.
9. Старков В. Д. Интрузивный магматизм эвгеосинклинальных зон Полярного Урала. Свердловск: УНЦ АН СССР, 1985. 148 с.
10. Удовкина Н. Г. Эклогиты Полярного Урала. М.: Наука. 1971. 292 с.

REFERENCES

1. Kemmerich, A. O. Polar Urals. Moscow, Physical Education and Sport, 1966. 104 p. (in Russian).

2. Efimov, A. A. Gabbro-Ultrabasite Complexes of the Urals and the Problem of Ophiolites. Moscow: Nauka, 1984. 232 p. (in Russian).
3. Starkov, V. D., Kholodnov, V. V. Specifics of eugeosynclinal granitoid magmatism of the Polar Urals. In: Petrology and Mineralization. Sverdlovsk, USSR Academy of Sciences, Ufa, 1986. Pp. 37-43 (in Russian).
4. Morkovkina, V. F. Gabbro-Peridotite Formation of the Polar Urals. Moscow: Nauka, 1967. 308 p. (in Russian).
5. Starkov, V. D. Tectonic Regime and Granite in Eugeosynclinal Areas of the Urals. Sverdlovsk: Ural Scientific Center of the USSR Academy of Sciences, 1983. 64 p. (in Russian).
6. Peive, A. V., Ivanov, S. N., Necheukhin, V. P. et al., Tectonics of the Urals. Moscow: Nauka, 1977. 120 p. (in Russian).
7. Perfil'ev, A. S., Formation of the earth's crust in the Ural fold system. Moscow: Nauka, 1979. 188 p. (in Russian).
8. Starkov, V. D. Uralides. Tyumen, Tyumen Printing House, 2007. 400 p. (in Russian).
9. Starkov, V. D. Intrusive Magmatism of the Eugeosynclinal Zones of the Polar Urals. Sverdlovsk: Ural Scientific Center of the USSR Academy of Sciences, 1985. 148 p. (in Russian).
10. Udovkina, N. G. Eclogites of the Polar Urals. Moscow: Nauka. 1971. 292 p. (in Russian).

Авторы публикации

Виктор Дмитриевич Старков — профессор кафедры физической географии и экологии Института наук о Земле Тюменского государственного университета, кандидат геолого-минералогических наук

Юлия Сергеевна Пестова — студент магистратуры 1 курса Института наук о Земле Тюменского государственного университета

Authors of the publication

Victor D. Starkov — Cand. Sci. (Geological and Mineralogical), Professor, Department of Physical Geography and Ecology, Institute of Earth Sciences, Tyumen State University

Julija S. Pestova — 1st-year Master's Degree Student, Institute of Earth Sciences, Tyumen State University

© Т. В. МОРОЗОВА, Б. П. ТОМЮК

*Черновицкий национальный университет им. Юрия Федьковича
temoroz@rambler.ru*

УДК 631:46

**МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ
АЗОТНОГО ЦИКЛА ЧЕРНОЗЕМА ОПОДЗОЛЕННОГО
ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ПОЧВОЗАЩИТНОЙ
СИСТЕМЫ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ**

**MICROBIOLOGICAL PROCESSES OF THE NITROGEN-CYCLE
IN BLACK PODZOLIC SOIL IN VARIOUS
AGRICULTURAL SYSTEMS**

Представлены результаты изучения общего количества микроорганизмов, микробиологических процессов цикла азота и содержания его доступных форм в черноземе оподзоленном эродированном Прут-Днестровского междуречья при почвозащитной и традиционной системах земледелия. Изучено влияние противоэрозионных валов-террас на общую биологическую активность, микробиологические процессы цикла азота и содержание доступных форм азота в черноземе оподзоленном разной степени смывости в условиях Припрудского террасного района, Прут-Днестровской лесостепной возвышенной равнинной области.

The paper presents the results of the study of the total number of microorganisms and of the microbiological processes of the nitrogen-cycle. The paper also deals with the content of its possible forms in the eroded black podzolic soils of the Prut and Dniester interstream area in both soil-protected and traditional agricultural systems. The authors revealed the effects of anti-roll-terraces on the general biological activity and the microbiological processes of the nitrogen cycle as well as on the content of available forms of nitrogen in the black podzolic soils of varying degrees of erosion in the Prut terraced area and in the high plain forest-steppe Prut-Dniester area.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА. Микробиологические процессы, цикл азота, чернозем оподзоленный.

KEY WORDS. Microbiological processes, the nitrogen-cycle, black podzolic soil.

Повышение экономической эффективности использования земельных угодий в условиях Прут-Днестровского междуречья взаимосвязано с внедрением комплекса противоэрозионных мероприятий, поскольку значительная часть почв сформирована в условиях эрозионно-опасного холмисто-грядового рельефа. Потери гумуса в почве в результате протекания эрозионных процессов

приводят к уменьшению численности микроорганизмов, мезофауны, снижению ферментативной активности, воспроизводящей напряженности, изменениям направленности процессов синтеза органического вещества, биогеохимических циклов углерода, азота, фосфора и других биофильных элементов [1; 9]. Известно, что вследствие эрозии уменьшается мощность гумусового горизонта из-за частичной либо полной его утери, происходит уплотнение почвы, ухудшается ее структура, химические и биологические свойства [4], потеря азота, фосфора, калия и других питательных веществ [2; 5], кроме того отмечается уменьшение урожая на 30-80% по сравнению с несмытыми аналогами [3].

Предотвратить эрозию почв с помощью отдельных мероприятий невозможно. Решение этой сложной и актуальной проблемы требует введения научно обоснованной системы «склонного земледелия», состоящей из организационно-хозяйственных, агротехнических, лесомелиоративных и гидротехнических мероприятий [10].

Разрезы закладывались на склоне, расположенном на территории Заставновского района Черновицкой области. Разрез 1 — на участке с почвозащитной системой земледелия (22 м ниже водозадерживающего вала), разрез 2 — на среднесмытой почве (211 м вниз по склону от разреза 1) и разрез на сильносмытой почве — через 61 м от разреза 2 вниз по склону. На участках, где вододерживающий вал отсутствует, и на аналогичных по степени эродированности почвах заложены разрезы 4, 5 и 6. Усредненные образцы отбирали из генетических горизонтов почв разной степени эродированности в двукратной повторности в течение вегетационного периода. В свежесобранных образцах определяли: общую биологическую активность методом льняной ткани; общее количество микромицетов, актиномицетов, бактерий; содержание NO_3^- и NH_4^+ — ионоселективным методом, содержание гумуса и pH по общепринятым методикам. Общебиологическую активность определяли аппликационным методом.

На слабосмытой почве отмечены наиболее высокие значения этого показателя, где степень разложения льняной ткани составляла 40-43%. Ослабление общебиологической активности чернозема оподзоленного происходит пропорционально увеличению степени эродированности почвы (35,1-39,1% в среднесмытой и 29,4-31,2% — в сильносмытой). Применение почвозащитной системы земледелия существенно не изменило данных показателей микробиологического режима почвы. Наивысшая биогенность присуща пахотному слою исследуемой почвы, что обусловлено высоким содержанием гумуса, комковато-зернистой структурой, благоприятными значениями температуры и влажности почвы в течение вегетационного периода. Вглубь почвы содержание гумуса снижается, ухудшаются аэрация и показатели температурного режима, т. е. условия жизнедеятельности микроорганизмов приобретают пессимальные значения и становятся менее благоприятными и, как следствие, количество микроорганизмов уменьшается в 2,5 раза (табл. 1).

Аналогичные закономерности установлены на типичном черноземе средне- и малогумусном, где количество микроорганизмов в подпахотном горизонте в 4 раза меньше, чем в пахотном [8]. Это свидетельствует о том, что между содержанием гумуса и количеством микроорганизмов существует тесная корреляционная зависимость.

Таблица 1

Численность микроорганизмов в эродированном черноземе оподзоленном, млн/г почвы

Горизонт	Глубина, см	Почвозащитная система			Традиционная система		
		бактерии	актиномицеты	грибы	бактерии	актиномицеты	грибы
Слабосмытая почва							
A ₁	0-10	5,23	1,98	0,225	4,86	2,05	0,205
	10-20	4,33	1,57	0,165	3,67	1,67	0,165
B ₁	30-45	2,81	1,31	0,155	2,65	1,35	0,150
B ₂	45-70	2,03	1,22	0,142	2,10	1,29	0,135
Среднесмытая почва							
A ₁	0-10	4,05	2,11	0,213	3,52	1,93	0,205
AB	10-20	4,00	2,03	0,155	2,90	1,63	0,163
AB	25-40	2,75	1,95	0,152	2,05	1,35	0,145
B	40-60	2,09	1,67	0,145	1,27	1,07	0,134
Сильносмытая почва							
AB	0-10	3,57	2,05	0,180	2,81	1,71	0,190
	10-20	3,15	1,87	0,165	2,55	1,53	0,192
B	30-50	2,55	1,43	0,150	1,57	1,15	0,179
BC	50-70	1,50	1,37	0,139	1,45	0,93	0,138

Независимо от генетического горизонта и степени эродированности почв среди микроорганизмов преобладают бактерии. Четко это проявляется в среднесмытой почве, где их численность составляет 2,1-4,1 млн/г почвы, а при традиционной — 1,3-3,5 млн/г почвы. Практически такое же соотношение численности микроорганизмов при этих системах земледелия установлено и для слабо- и сильносмытой почвы. Отличие в количестве актиномицет, в различных системах земледелия незначительно, особенно на среднесмытой почве. Грибов в черноземе оподзоленном содержится меньше, чем других микроорганизмов (не более 225 тыс./г почвы). Различия между слабо- и среднесмытой почвой практически не наблюдается, а в сильносмытой почве их содержание несколько ниже.

Итак, из вышеизложенного следует, что почвозащитная система земледелия способствует повышению биогенности чернозема оподзоленного различной степени эродированности (особенно среднесмытых почв).

Корреляционный анализ между содержанием гумуса, реакцией среды и общей численностью бактерий в черноземе оподзоленном эродированных почв показал, что между этими показателями существует тесная корреляционная зависимость, не взирая на степень эродированности почвы (табл. 2).

Статистически значимые коэффициенты корреляции составляют соответственно 0,961, 0,994 и 0,999 для слабо-, средне- и сильносмытой почвы. Анализ частных коэффициентов корреляции показал тесную зависимость между содержанием бактерий и величиной pH, причем наблюдается ее усиление с увеличением степени эродированности почвы, тогда как влияние гумуса при этом ослабевает. Численность почвенных микроорганизмов больше зависит от содержания питательных веществ, реакции среды, температуры и влажности почвы. Последние два фактора наиболее динамичны в течение вегетационного

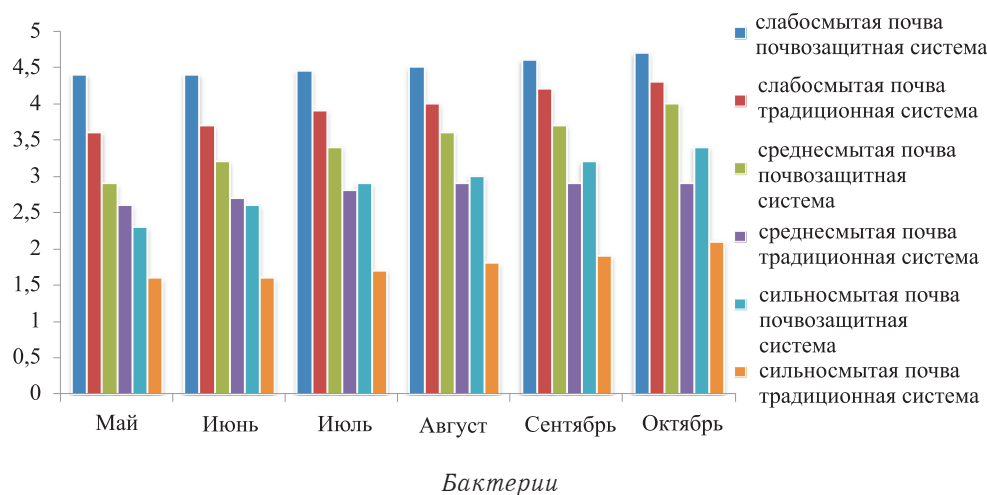
периода. Именно этим обусловлена установленная сезонная динамика численности микроорганизмов в пахотном слое чернозема оподзоленного (см. рис.). Отмечено возрастание их содержания до конца вегетационного периода как при использовании почвозащитной, так и традиционной систем земледелия. Эта закономерность прослеживается независимо от степени эродированности почвы. В период исследований содержание бактерий и актиномицетов всегда было выше при почвозащитной системе земледелия, что касается грибов, то такой закономерности не обнаружено.

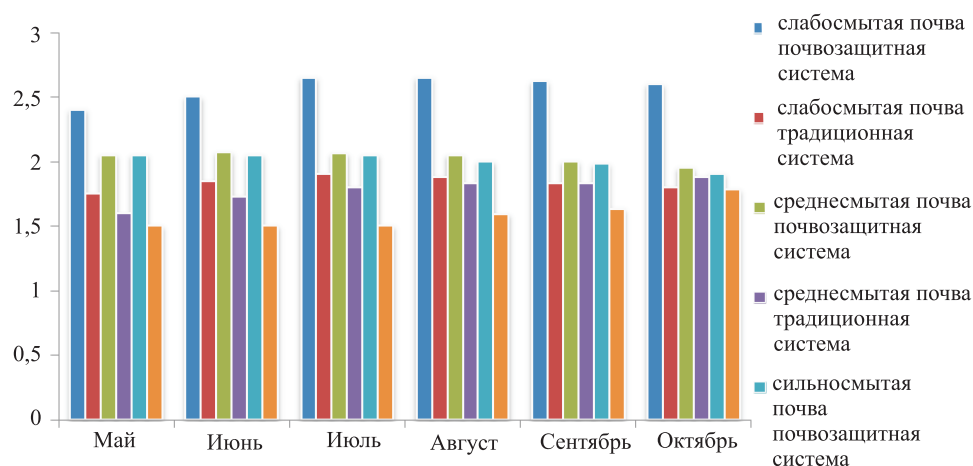
Таблица 2

Корреляционная матрица между содержанием гумуса (х), реакцией среды (z) и количеством бактерий (v) в эродированном черноземе оподзоленном

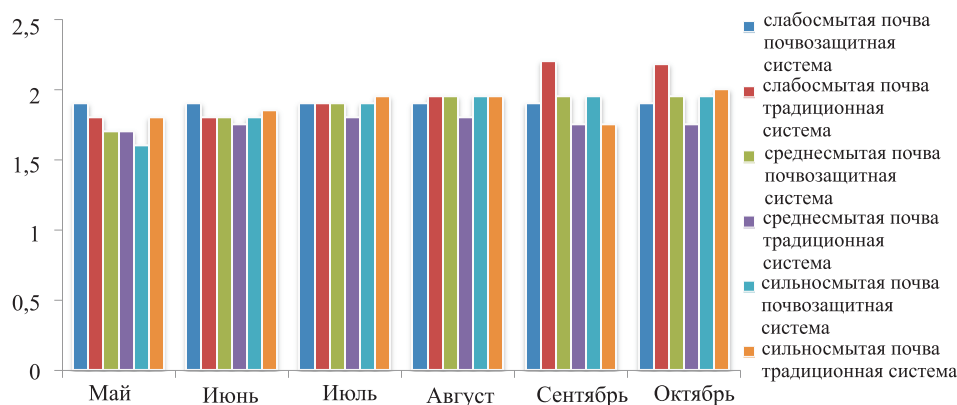
Коэффициенты корреляции								
парные			частичные			множественные		
R_{xv}	R_{xz}	R_{yz}	R_{xvz}	R_{xzv}	R_{yzx}	R_{xvz}	R_{yzx}	R_{xvz}
Слабосмытая почва								
уравнение регрессии: $y = 24,3 - 0,18x - 2,9z$								
0,861	-0,961*	-0,904	-0,471	-0,838	-0,546	0,961*	0,905	0,972*
Среднесмытая почва								
уравнение регрессии: $y = 18,0 + 0,3x - 2,2z$								
0,958*	-0,934	-0,990	0,671	0,372	-0,931	0,964*	0,994*	0,991*
Сильносмытая почва								
уравнение регрессии: $y = 12,7 + 1,17x - 1,66z$								
0,995*	-0,897	-0,934	0,995	0,890	-0,929	0,999*	0,999*	0,987*

* — Коэффициенты корреляции статистически значимы на 5%-м уровне





Актиномицеты



Грибы

Рис. Количество микроорганизмов в черноземе оподзоленном, млн/г почвы

Почва является средой, в которой проходит полный цикл превращения азота: азотфиксация, минерализация (аммонификация, нитрификация) и денитрификация. Известно, что от интенсивности отдельного звена круговорота азота зависит его содержание в почве [4]. О неодинаковой активности микроорганизмов азотного цикла в исследуемой почве свидетельствуют различия в содержании доступных форм азота. Независимо от степени смытости максимум нитратов отмечен в первой декаде июня, т. е. это наиболее благоприятное время для процессов нитрификации. Так, на участке, где применяется почвозащитная система земледелия, содержание нитрат-иона составляло: в слабосмытой почве 1,25-1,56 мг/100 г почвы, среднесмытой — 3,23-4,33 мг/100 г почвы и в сильносмытой — 0,97-1,22 мг/100 г почвы. Таким образом, в этот период не наблюдалось снижение содержания нитратного азота с увеличением степени эродированности почвы (табл. 3). Отмечено достаточно близкое к вышеописан-

ному профильное распределение нитратного азота и в середине июля. Однако его содержание снизилось по сравнению с первой декадой июня: в слабосмытой почве — не более 1,55 мг/100 г почвы, среднесмытой — 2,64 мг/100 г почвы и сильносмытой — 1,22 мг/100 г почвы. Это может обуславливаться с активным усвоением азота растениями в период максимального прироста вегетативной массы. В конце второй декады августа наблюдалось минимальное содержание нитратного азота и, соответственно, значительно меньшим стало отличие между почвами разной степени эродированности, а именно: в слабосмытой почве — 0,31-0,64 мг/100 г, в среднесмытой — 0,39-1,08 мг/100 г и в сильносмытой — 0,54-0,87 мг/100 г почвы. Между верхними и нижними горизонтами различие незначительно, возможно, из-за большого количества осадков. Как следствие, высока влажность почвы в этот период.

Таблица 3

Динамика водорастворимого азота чернозема оподзоленного различной степени смытости, мг/100 г почвы

Мониторинговая точка	Генетический горизонт	NO ₃ ⁻			NH ₄ ⁺		
		июнь	июль	август	июнь	июль	август
Почвозащитная система землепользования							
Слабосмытая почва	A ₁	1,46	1,55	0,34	0,35	1,12	1,80
	A ₂	1,25	0,87	0,64	0,22	2,84	1,44
	B ₁	1,37	1,22	0,34	0,22	1,80	1,80
	B ₂	1,55	0,87	0,31	0,35	0,22	1,12
Среднесмытая почва	A ₁	3,48	1,86	0,39	0,54	1,80	1,80
	A ₂	4,33	0,87	0,77	0,18	0,90	1,25
	B ₁	3,87	2,64	1,08	0,18	0,22	1,44
	B ₂	3,23	2,64	0,31	0,18	0,54	0,80
Сильносмытая почва	AB	1,22	1,22	0,54	1,39	0,54	0,90
	B	0,97	0,87	0,68	0,18	0,18	0,54
	BC	1,22	1,22	0,87	0,18	0,45	0,72
Традиционная система земледелия							
Слабосмытая почва	A ₁	1,38	1,38	0,87	0,90	2,25	0,28
	A ₂	1,12	1,55	0,54	0,22	2,25	1,12
	B ₁	1,18	1,01	0,87	0,17	0,35	1,12
	B ₂	1,19	1,01	1,32	0,22	0,45	0,72
Среднесмытая почва	A ₂	1,22	0,97	1,08	0,45	2,55	0,54
	B ₁	1,13	0,77	1,55	0,08	0,11	0,45
	B ₂	1,38	0,64	1,22	0,54	1,12	0,35
	BC	1,38	0,97	0,87	0,17	0,12	0,36

На участке, где применяется традиционная система земледелия, в начале периода наблюдений отмечено более высокое содержание нитратного азота в средней и нижней частях профиля среднесмытых почв. В середине июля содержание нитратов в слабосмытой почве осталось практически без изменений, а в среднесмытых — уменьшалось в 1,3-1,4 раза. До конца августа в среднесмытой почве отмечено увеличение нитратной формы азота по сравнению со слабосмытой.

Итак, проведенные нами исследования показали, что динамика нитрат-иона имеет сходный характер как при традиционной, так и при почвозащитных системах земледелия. Однако отмечается преимущество последней по содержанию нитратов в почве, особенно это отмечено для среднесмытых почв — трехкратное превышение по сравнению с традиционной системой земледелия.

В то же время отмечают полную противоположность в динамике аммиачного азота по сравнению с динамикой нитратов. Минимальное его содержание обнаружено в первой декаде июня во всех почвенных профилях при обеих системах земледелия. К концу периода наблюдения происходило постепенное повышение его содержания. Кроме того, более четко прослеживалось различие между почвами разной степени эродированности, т. е. меньше аммиачного азота содержалось в средне- и сильносмытой почве при почвозащитной системе и в среднесмытой по сравнению со слабосмытой при традиционной системе земледелия. Другой характерной чертой является то, что аммиачный азот накапливается преимущественно в верхней части профиля. К концу августа большее количество аммиачного азота отмечено в почве, где применяется почвозащитная система земледелия: 0,90-1,80 — в слабосмытой и 0,80-1,80 мг/100 г почвы в среднесмытых, что на 0,52-0,68 и 0,45-1,25 мг/100 г почвы больше, чем в аналогичной по степени эродированности почве при традиционной системе земледелия.

Необходимо отметить, что в первой декаде июня в почве, с использованием почвозащитной системы земледелия преобладала нитратная форма над аммиачной, в середине июля их содержание практически выравнивалось, а к концу второй декады августа аммиачная форма азота преобладала над нитратной.

Таким образом, использование почвозащитной системы земледелия на эродированном черноземе оподзоленном в условиях Карпатско-Приднестровского региона способствует повышению биогенности почвы и улучшению обеспеченности его доступными формами азота, в результате создания благоприятных условий для жизнедеятельности микроорганизмов цикла азота и уменьшения непроизводительных потерь этого элемента.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Андреюк Е. Н., Шутинская Г. А. Почвенные микроорганизмы и интенсивное землепользование. Киев: Наукова думка, 1988. 210 с.
2. Голубятников Л. Л., Мохов И. И., Елисеев А. В. Цикл азота в земной климатической системе и его моделирование [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://ifaran.ru/person/eliseev/pdfs/GolubyatnikovEtAl_FAO_N2_ms.pdf
3. Кауричев И. С. Почвоведение / И. С. Кауричев, Н. П. Панов, Н. Н. Розов и др.; под ред. И. С. Кауричева. М.: Агропромиздат, 1989. 719 с.
4. Ковда В. А. Почвенный покров, его улучшение, использование и охрана. М.: Наука, 1981. 176 с.

5. Кудеяров В. Н. Цикл азота в почве и эффективность удобрений. М.: Наука, 1989. 216 с.
6. Кудеяров В. Н. Азотный цикл и продуцирование закиси азота // Почвоведение. 1999. № 8. С. 988-998.
7. Минеев В. Г. Экологические проблемы агрохимии. М.: Изд-во МГУ, 1988. 283 с.
8. Платонова Т. Ю. Современные почвенные процессы в черноземах обыкновенных мицелярно-карбонатных Заднестровья Украины: автореф. дис. ... канд. геогр. наук. Одесса, 1974. 38 с.
9. Хазиев Ф. Х. Ферментативная активность почв. М.: Наука, 1976. 95 с.
10. Шикюла М. К., Тараріко О. Г. Ерозія і захист землеробства. Киев: Урожай, 1976. 82 с.

REFERENCES

1. Andreyuk, K. I., Iutinskaya, G. A., Dulgerov A. N., 1988. Soil Microorganisms and Intensive Land Use. Naukova dumka, Kiev. [Rus].
2. Golubyatnikov, L. L., Mokhov, I. I., Eliseev A. V. (2013) Nitrogen Cycle in the Earth's Climatic System and Its Modeling. Bulletin of the Russian Academy of Sciences. Physics of Atmosphere and Ocean. Vol. 49: pp. 229-243. http://ifaran.ru/person/eliseev/pdfs/GolubyatnikovEtAl_FAO_N2_ms.pdf
3. Kaurichev, I. S., Panov, N. P., Rozov, N. N., Stratonovich, M. V. and Fokin, A. D. 1989. Study of Soils: A handbook for students, ed. I. S. Kaurichev, 719 p. (in Russian).
4. Kovda, V. A. The Soil Cover, Its Improvement, Use and Protection. Moscow: Nauka, 1981. 179 p. [Rus].
5. Kudeyarov, V. N. Nitrogen Cycle in Soil and Fertilizer Efficiency (Nauka, Moscow, 1989), 216 p. (in Russian).
6. Kudeyarov, V. N. "Nitrogen Cycle and Nitrous Oxide Production", Pochvovedenie [Study of Soil], No. 8, 988-998 (1999) [European Journal of Soil Science 32 (8), 892-901 (1999)].
7. Mineev, V. G. (1988). Ecological Problems of Agricultural Chemistry. Moscow: Moscow State University Publ. (in Russian)
8. Platonova, T. Y. Modern Soil Processes in Ordinary Micellar-Carbonate Chernozems of Transnistria, Ukraine. Odessa, 1974. 38 p.
9. Khaziev, F. H. Enzyme Activity of Soils. Moscow: Nauka, 1976. 180 p.
10. Shikula, N. K., Tarariko, A. G. 1976. Soil Erosion and Protection of Agriculture. Kiev: Urozhai, 86 p. [Rus]

Авторы публикации

Татьяна Васильевна Морозова — доцент кафедры экологии и биомониторинга Института биологии, химии и биоресурсов Черновицкого национального университета им. Юрия Федьковича, г. Черновцы (Украина), кандидат биологических наук

Богдан Павлович Томюк — доцент кафедры экологии и биомониторинга Института биологии, химии и биоресурсов Черновицкого национального университета им. Юрия Федьковича, г. Черновцы (Украина), кандидат биологических наук

Authors of the publication

Tatiana V. Morozova — cand. Biol. Sci., Associate Professor, Department of Ecology and Biomonitoring, Institute of Biology, Chemistry and Biological Resources, Yuriy Fedkovych Chernivtsi National University

Bogdan P. Tomyuk — cand. Biol. Sci., Associate Professor, Department of Ecology and Biomonitoring, Institute of Biology, Chemistry and Biological Resources, Yuriy Fedkovych Chernivtsi National University

© Т. Н. ГУБЕРНАТОРОВА¹, М. И. ДИНУ²

¹Институт водных проблем РАН,

²Институт геохимии и аналитической химии им. В. И. Вернадского РАН

¹tatiana.i.vp.ran@gmail.com, ²fulva@rambler.ru

УДК 574.64

**ДЕГРАДАЦИЯ СТОЙКОГО ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА
В ВОДНЫХ ЭКОСИСТЕМАХ ПОД ДЕЙСТВИЕМ МИКРООРГАНИЗМОВ
(ОБЗОР)**

**THE DEGRADATION OF RESISTANT ORGANIC SUBSTANCES IN
AQUATIC ECOSYSTEMS AS AFFECTED BY MICROORGANISMS
(A REVIEW)**

Деструкция органического вещества в водной среде — важная составляющая процессов самоочищения водных экосистем. Особую роль в процессах биоразложения играет стойкая фракция — водный и почвенный гумус, органическое вещество сточных вод, растительных остатков. Скорость окисления такого рода соединений и механизмы их деградации малоизучены. В современном мире особый интерес вызывают исследования, посвященные процессам биоразложения гумусовых веществ под действием микроорганизмов водной среды. Подобного рода исследования актуальны в целях выявления кинетических закономерностей и биохимических механизмов распада стойких природных биополимеров, определяющие потенциал темпов самоочищения природных водных объектов, антропогенную нагрузку на водные объекты по органическому веществу, круговорот углерода на глобальном уровне. Несмотря на интенсивные исследования в данной области до сих пор остаются нерешенные вопросы, открытые для дальнейшего изучения. Это обусловлено тем, что природные гумусовые вещества являются полиморфной смесью органических соединений неоднородного состава и сложного строения, что влечет целый ряд трудностей в процессе экспериментального изучения их биодеструкции, а применение упрощенных методов с использованием меченных синтетических «аналогов» ограничено и имеет ряд существенных недостатков.

One of the important components of the self-purification of aquatic ecosystems is the degradation of organic matter in the aquatic environment. The resistant fraction (water and soil humus, organic matter of waste waters, and plant residues) plays a particularly significant role in the processes of biodegradation. However, the oxidation rate of such compounds and the mechanisms of their degradation have been poorly investigated so far. The research of the biodegradation of humic substances as affected by microorganisms in the aquatic environment seems to be of particular interest in the present-day world. Studies of that kind are conducted in order to identify the relevant kinetic laws and biochemical mechanisms of the decay of resistant natural biopolymers. The latter determine the rate of the self-purification capacity of natural

water bodies as well as the human-induced pressure on water bodies for organic matter and the global carbon cycle. Despite the intensive research in this area, these issues are still unresolved and open for further research due to the fact that natural humic substances are the polymorph inhomogeneous mixture of organic compounds of a complex composition and structure, which entails a number of difficulties in the pilot study of their biodegradability. Moreover, the current simplified methods implying the use of labeled synthetic "analogs" have some significant drawbacks and are limited in application.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА. Органическое вещество, гумусовые кислоты, биодеструкция, грибы, водные экосистемы.

KEY WORDS. Organic matter, humic acid, biodegradation, fungi, aquatic ecosystems.

Органическое вещество (ОВ) водных экосистем, как известно, разделяют на две основные фракции — лабильное ОВ и стойкое ОВ. Несмотря на биохимические различия, обе фракции активно участвуют в биотическом круговороте, процессах жизнедеятельности водных микроорганизмов, биологического самоочищения, формировании качества вод и биологической продуктивности водоемов, являясь важным структурным и функциональным звеном водных экосистем.

Пути деградации ОВ лабильной фракции хорошо изучены и общеизвестны, низкомолекулярные соединения легко и быстро перерабатываются водными микроорганизмами и служат основным и легкодоступным источником питания. В состав стойкой фракции ОВ входит целый спектр различных соединений — это ОВ сточных вод, водный гумус планктонного происхождения, почвенный гумус, поступающий с поверхностным стоком, ОВ растительных остатков и древесины (лигнин). Стойкая фракция ОВ окисляется со значительно меньшей скоростью, а кинетические закономерности их окисления и механизмы деструкции еще не достаточно изучены.

Огромное количество современных исследований посвящены актуальной проблеме изучения кинетических особенностей и механизмов биотрансформации гумусовых веществ (ГВ), которые являются основным компонентом водного и почвенного гумуса, входят в состав донных отложений, торфа, бурых углей, компоста, канализационных стоков и ряда других источников. Кроме того, ГВ являются важным резервуаром органического углерода в биосфере [1].

Краткая характеристика и особенности природного биополимера — ГВ. ГВ разделяют на три основных фракции: гуминовые кислоты (ГК), фульвокислоты (ФК) и гумины. Точные свойства и структура каждого конкретного экстракта ГВ и фракций зависят от типа почв, специфики используемого субстрата, условий экстракции [2]. Тем не менее, осредненные свойства ГК, ФК и гуминов практически единообразны. Элементный анализ образцов ГК, ФК и гуминов различных типов почв в основном постоянен и приблизительно одинаков. Более детально этот вопрос рассмотрен в [2]. Молекулярный вес макромолекул ГК колеблется в пределах 5000 — 100 000 Да (дальтон), а для ФК — 10 000 Да.

По строению ГК представляют собой ароматические конденсированные системы с боковыми цепями и гетероциклами. Макромолекулы содержат широкий спектр О- и N-содержащих функциональных групп, имеют включения моно-, ди-, полисахаридных цепей, пептидов и минеральных компонентов. Структура почвенных ГК приводится в [2], которая базируется на обобщении большого количества публикаций.

3D-структура ГК зависит от их базовой структуры, а также от физико-химических свойств окружающей среды, таких как кислотность, ионная сила раствора и влажность. 3D-структура сильно влияет на биодоступность ГК и, следовательно, на их способность к биодеструкции.

Процессы деструкции и трансформации ГВ в водной среде. Почвенные и водные микроорганизмы являются движущей силой процессов формирования, трансформации и минерализации ГВ. Основным и наиболее эффективным деструктором ГВ являются грибы, а на этапах разрушения низкомолекулярных соединений — метаболитов ГК и ФК включаются в процесс и бактерии [3].

В ряде обзоров установлено, что основные виды дереворазрушающих грибов способны перерабатывать различные классы стойких ОВ [4-5]. Они относятся к двум основным группам — это базидиомицеты (*Basidiomycetes*) и сумчатые (*Ascomycetes*). Наиболее важные группы грибов, принимающие активное участие в процессах биодеструкции, рассмотрены в [6].

Механизм биоразложения высокомолекулярных субстратов — многоступенчатый полиферментный процесс, осуществляемый под действием грибов. Индукторами ферментов могут быть соответствующие субстраты или мономерные продукты производимых ими реакций. Ферментные системы грибов весьма подвижны, способны подстраиваться к условиям среды и составу ОВ, обеспечивая, с одной стороны, высокую адаптивность грибов к изменяющимся внешним условиям, а с другой, — непрерывающуюся переработку стойкого ОВ в самых разных условиях [6]. Во внешней среде ферменты проявляют каталитическую активность в течение длительного времени. Есть свидетельства, что они могут долго сохраняться в морской воде и донных осадках. В водной среде ферменты способны диффундировать в мезопоры взвеси, где они защищены от бактериальной атаки. Другой механизм защиты связан с инкапсуляцией биомолекул путем создания оболочки из ассоциированных органических молекул. Еще несколько механизмов защиты описаны в [7].

С учетом того, что размеры макромолекул стойкого ОВ во много раз превышают поры клеток микроорганизмов и не могут проникать внутрь, то процесс их биоразложения протекает на поверхности макромолекул под действием внеклеточных ферментов, которые выделяют грибы. Установлено, что в процессы дегградации стойкого ОВ вовлекаются и являются наиболее эффективными группы лигнинразрушающих ферментов — лакказы, группа пероксидаз (лигнинпероксидаза (LiP), марганецпероксидаза (MnP), гибридная пероксидаза (VP), метаноксидаза и др.), тирозиназы, целлобиозодегидрогеназы, а также подсистема гидролаз, обеспечивающая разложение полисахаридов. Биохимическая характеристика наиболее важных ферментов лигнолитического комплекса (LiP, MnP, VP, лакказа), их каталитические циклы, предполагаемые механизмы и основные принципы действия на различные субстраты подробно проанализировано в [6].

Следует отметить, что лигнинразрушающие ферменты продуцируются грибами вне зависимости от наличия конкретного субстрата — лигнина или ГВ (в отличие от ферментов целлюлазного комплекса). Среди других особенностей лигнолитической системы следует отметить ее неспецифичность по субстрату (в отличие от целлюлаз), а также то, что дегградация осуществляется через окислительные процессы, тогда как для других биополимеров (белки, целлюлоза) дегградация идет посредством гидролиза [8].

Таким образом, можно констатировать, что грибы изначально нацелены на переработку стойких субстратов и вырабатывают для этого соответствующую неспецифическую ферментную систему широкого спектра действия.

Актуальные проблемы современных исследований биодеструкции ГВ. В последние десятилетия в нашей стране, но особенно за рубежом, интенсивно развиваются исследования, посвященные изучению способности различных штаммов грибов разрушать широкий спектр ОВ как природного, так и антропогенного происхождения. Примерами таких соединений являются: ГВ, природный лигнин, лигносульфонаты и отходы деревоперерабатывающих предприятий, промышленные отходы, отходы сельского хозяйства, пестициды, ксенобиотики, лекарственные препараты, красители [4-5; 9].

Анализ зарубежной литературы свидетельствует о том, что в исследованиях, посвященных изучению биодеструкции различных классов природных ОВ, промышленных отходов и прочих опасных токсикантов, наиболее часто используются несколько основных грибных культур, относящиеся к трем семействам из отдела базидиальных грибов. Самыми эффективными грибами-деструкторами являются следующие: семейство фанерохетовых *Phanerochaetaceae*; семейство трутовых грибов *Polyporaceae*; семейство устричных *Pleurotaceae* [10].

Наиболее ценное качество, которым обладают данные виды, — это способность вырабатывать основные наиболее важные ферменты лигнолитического комплекса — LiP, MnP, VP, лакказу, но их соотношение между собой для каждого вида и даже штамма индивидуально. Преобладание того или иного фермента влечет за собой подбор оптимальных условий «работы» фермента, т. к. их активность зависит от узких пределов температуры и pH среды. Кроме того, перечисленные виды грибов отличаются различными условиями получения мицелиальной культуры, темпами роста и массонакопления, оптимальными условиями культивирования (pH, температурный и кислородный режимы), устойчивостью к воздействию болезнетворных микроорганизмов и бактерий. Поэтому, зачастую для исследования биодеструкции каждого конкретного субстрата ОВ и в том числе ГК, требуется адаптация современных методик глубинного культивирования, более детальный подбор питательных сред в зависимости от используемой культуры грибов, подбор климатических условий оптимальных для роста культуры и продуцирования ферментов.

Под действием ферментов протекают определенные физические и химические изменения, но на данный момент нет четкого представления о том, каким образом протекает биодеструкция ГК, не известен биохимический механизм этого процесса, образующиеся интермедиаты и т. д. Структурная сложность природной ГК делает аналитическое определение происходящих изменений весьма сложным. Также очень сложно установить и интерпретировать реальную исходную структуру природной ГК и структуру тех макромолекул, которые образуются в процессе распада на промежуточных этапах. Это весьма трудоемкий процесс, требующий как высокой квалификации, так и наличия современного физико-аналитического оборудования.

В наши дни используются совершенно разные методы и подходы при исследовании биодеструкции ГВ. В силу того, что природные ГВ являются полиморфной смесью взаимосвязанного ОВ, то первый подход в исследованиях заключается в сосредоточении на каждой из фракций в отдельности (ГК, ФК);

второй подход — использование меченного синтетического материала, например ^{14}C -макромолекулы (^{14}C -ГК), синтезированные из пирокатехина. Использование простых синтетических «аналогов» имеет ряд существенных преимуществ — в первую очередь известна исходная структура вещества, его строение и свойства, что дает возможность заведомо смоделировать биохимический механизм процесса деструкции; их молекулярный вес мал по сравнению с природными ГК, а 3D-структура проста, что облегчает доступ ферментов к молекулам вещества, и процесс деструкции протекает в течение периода времени от нескольких часов до нескольких суток, тогда как деструкция природных ГК может длиться от нескольких месяцев до нескольких лет в зависимости от размера, состава и строения макромолекул ГК. Также введенный меченый углерод (^{14}C) облегчает процесс выявления кинетических закономерностей процесса биодеструкции, т. к. в данном случае общепринято оценивать скорость дегradации ^{14}C -ГК по темпам образования $^{14}\text{CO}_2$, при этом промежуточные продукты, как правило, не фиксируются [11].

Следует отметить наиболее важный недостаток использования в экспериментах ^{14}C -ГК — эти образцы по своим свойствам и структуре совершенно отличны от природных ГК, и полученная информация при исследовании синтетических «аналогов» заведомо отличается от полученных результатов исследований, в которых используются природные ГК.

Существуют лишь немногочисленные исследования, где используется природная ГК. Это связано со структурной сложностью и специфичностью макромолекул ГК, целым комплексом трудностей, обусловленных детектированием и определением промежуточных продуктов, невозможностью заведомо предположить или установить механизм процесса и механизм действия того или иного фермента или их комплекса, влиянием условий эксперимента, наличием или отсутствием ко-субстратов и т. д. Кроме того, процесс биодеструкции природных ГК протекает длительное время, и экспериментальные исследования могут длиться от нескольких месяцев до нескольких лет. Как правило, скорость процесса биодеструкции в экспериментах с природными ГК оценивается наиболее простым способом — по темпам накопления низкомолекулярных продуктов, скорости обесцвечивания растворов ГК, косвенно по изменению активности ферментов или по темпам сорбции вещества на грибном мицелии [12]. Структурные изменения исходных ГК, их массово-молекулярное распределение, структура и состав макроосколков, как правило, не исследуются.

Таким образом, наиболее важные вопросы, возникающие при изучении дегradации ГВ и которые до сих пор малоизучены и открыты для дальнейших исследований, следующие: каков биохимический механизм распада макромолекул ГК, как он пространственно организован; как влияют особенности структуры макромолекул и ее поверхности на взаимодействие с ферментом; какие фрагменты образуются в элементарных актах распада и какова их дальнейшая судьба. Понимание механизмов процесса ферментативной деструкции ГК и влияния на процесс распада молекулярной организации макромолекул ГК позволит выявить и оценить кинетические закономерности процессов биодегradации стойкого ОВ в водной среде и в дальнейшем развить полученные ранее в [6] представления о кинетике распада природных стойких биополимеров.

Заключение. На лабораторной базе ФГБУН ГЕОХИ РАН, авторский коллектив проводит экспериментальные исследования по изучению процессов трансформации стойкого ОВ в водной среде — на примере природных ГВ под действием ферментных систем грибной культуры (*Pleurotus ostreatus* (штамм НК-35)) в условиях погруженного культивирования. На текущий момент проведена серия рекогносцировочных экспериментов, посвященных выявлению непосредственного влияния ферментов лигнолитического комплекса на ГК при прямом внесении с целью оценить происходящие изменения в структуре ГК. Результаты изложены в [13]. Кроме того, методически спланирован эксперимент; создана экспериментальная установка, отработана методика культивирования и поддержания инокулята грибной культуры (*Pleurotus ostreatus*). На базе современных методик, с внесением оригинальных авторских доработок, разработана схема выделения ГВ и фракций, по которой осуществлялось их выделение для дальнейших исследований.

Следует отметить, что для экспериментального изучения биодеструкции ГВ под действием микроорганизмов в водной среде, авторский коллектив использует именно природные ГВ, что является непростой задачей в плане выявления структурных и функциональных изменений в ходе биотрансформации ГВ. Но, с другой стороны, это позволит смоделировать в лабораторных условиях процессы деструкции ГВ под воздействием ферментных систем грибов, максимально приблизив модельный эксперимент к естественным условиям природной водной среды, и на основе полученных данных впоследствии проверить и уточнить выдвинутые ранее в [6] теоретические положения по деструкции ОВ в водной среде.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Grinhut T., Nadar Y., Chen Y. Degradation and transformation of humic substances by saprotrophic fungi: processes and mechanisms (Review) // Fungal Biology Reviews. 2007. Vol. 21. Pp. 179-189.
2. Дину М. И. Влияние функциональных особенностей гумусовых веществ на формы нахождения металлов в природных водах. Тюмень: Изд-во ТюмГУ, 2012. 168 с.
3. Filip Z., Tesarova M. Microbial degradation and transformation of humic acids from permanent meadow and forest soils // International Biodeterioration & Biodegradation. 2004. Vol. 54. Pp. 225-231.
4. Рабинович М. Л. и др. Разложение природных ароматических структур и ксенобиотиков грибами (обзор) // Прикладная биохимия и микробиология. 2004. Т. 40. № 1. С. 5-23.
5. Куликова Н. А. и др. Использование базидиальных грибов в технологиях переработки и утилизации техногенных отходов: фундаментальные и прикладные аспекты (обзор) // Прикладная биохимия и микробиология. 2011. Т. 47. № 6. С. 619-634.
6. Долгонос Б. М., Губернаторова Т. Н. Механизмы и кинетика деструкции органического вещества в водной среде. М.: КРАСАНД/URSS, 2011. 208 с.
7. Ogawa H., Tanoue E. Dissolved Organic Matter in Oceanic Waters // J. Oceanography. 2003. Vol. 59. Pp. 129-147.
8. Kirk T. K., Farrell R. L. Enzymatic "combustion": the microbial degradation of lignin. // Ann. Rev. Microbiol. 1987. Vol. 41. Pp. 465-505.

9. Sebnem K. et al. Yield performances and changes in enzyme activities of *Pleurotus* spp. (*P. ostreatus* and *P. sajor-caju*) cultivated on different agricultural wastes // *Biore-source Technology*. 2010. Vol. 101. Pp. 3164-3169.
10. Dinis M. J. et al. Modification of wheat straw lignin by solid state fermentation with white-rot fungi. // *J. Bioresource Technology*. 2009. 100. Pp. 4829-4835.
11. Šnajdr J., Steffen K. T. et al. Transformation of ¹⁴C-labelled lignin and humic substances in forest soil by the saprobic basidiomycetes *Gymnopus erythropus* and *Hypholoma fasciculare* // *Soil Biology & Biochemistry*. 2010. Vol. 42. Pp. 1541-1548.
12. Badis A., Ferradji F. Z. et al. Removal of natural humic acids by decolorizing actinomycetes isolated from different soils (Algeria) for application in water purification // *Desalination*. 2010. Vol. 259. Pp. 216-222.
13. Губернаторова Т. Н., Дину М. И. Экспериментальные исследования биодеструкции гумусовых соединений под действием ферментативного окислительного комплекса грибов // *Вестник Тюменского государственного университета*. 2014. № 12. С. 72-78.

REFERENCES

1. Grinhut, T., Hadar, Y., Chen, Y. Degradation and transformation of humic substances by saprotrophic fungi: processes and mechanisms (Review) // *Fungal Biology Reviews*. 2007. Vol. 21. Pp. 179-189.
2. Dinu, M. I. The influence of functional characteristics of humic substances on the deportment of metals in natural waters. Tyumen. Tyumen State University Publ. 2012. 168 p.
3. Filip, Z., Tesarova, M. Microbial degradation and transformation of humic acids from permanent meadow and forest soils // *International Biodeterioration and Biodegradation*. 2004. Vol. 54. Pp. 225-231.
4. Rabinovich, M. L. et al. Degradation of natural aromatic structures and xenobiotics by mushrooms (A review) // *Applied Biochemistry and Microbiology*. 2004. Vol. 40. № 1. Pp. 5-23.
5. Kulikova, N. A. et al. Use of basidiomycetes in the technology of processing and utilization of man-made waste: fundamental and applied aspects (A review) // *Applied Biochemistry and Microbiology*. 2011. Vol. 47. № 6. Pp. 619-634.
6. Dolgonosov, B. M., Gubernatorova, T. N. Organic Matter Mechanisms and Degradation Kinetics in an Aquatic Environment. Moscow: KRASAND/URSS, 2011. 208 p.
7. Ogawa, H., Tanoue, E. Dissolved Organic Matter in Oceanic Waters // *Journal of Oceanography*. 2003. Vol. 59. Pp. 129-147.
8. Kirk, T. K., Farrell, R. L. Enzymatic "combustion": the microbial degradation of lignin. // *Annual Review of Microbiology*. 1987. Vol. 41. Pp. 465-505.
9. Sebnem, K. et al. Yield performances and changes in enzyme activities of *Pleurotus* spp. (*P. ostreatus* and *P. sajor-caju*) cultivated on different agricultural wastes // *Journal of Biore-source Technology*. 2010. Vol. 101. Pp. 3164-3169.
10. Dinis, M. J. et al. Modification of wheat straw lignin by solid state fermentation with white-rot fungi. // *Journal of Bioresource Technology*. 2009. 100. Pp. 4829-4835.
11. Šnajdr, J., Steffen, K. T. et al. Transformation of ¹⁴C-labelled lignin and humic substances in forest soil by the saprobic basidiomycetes *Gymnopus erythropus* and *Hypholoma fasciculare* // *Soil Biology & Biochemistry*. 2010. Vol. 42. Pp. 1541-1548.
12. Badis, A., Ferradji, F. Z. et al. Removal of natural humic acids by decolorizing actinomycetes isolated from different soils (Algeria) for application in water purification // *Desalination*. 2010. Vol. 259. Pp. 216-222.

13. Gubernatorova, T. N., Dinu, M. I. Experimental studies of humic compounds biodegradation under the action of fungal enzymatic oxidizing complex // Herald of Tyumen State University. 2014. № 12. Pp. 72-78.

Авторы публикации

Татьяна Николаевна Губернаторова — старший научный сотрудник ФГБУН Института водных проблем РАН, г. Москва, кандидат технических наук

Марина Ивановна Дину — научный сотрудник ФГБУН Института геохимии и аналитической химии им. В. И. Вернадского РАН, г. Москва, доцент, кандидат химических наук

Authors of the publication

Tatiana N. Gubernatorova — Cand. Techn. Sci., Senior Researcher, Water Problems Institute, Russian Academy of Sciences

Marina I. Dinu — Cand. Chem. Sci., Research Assistant, Vernadsky Institute of Geochemistry and Analytical Chemistry

© И. С. МУХАЧЕВ, М. М. МЕДВЕДЕВ

*Тюменский государственный университет,
Fishmis@mail.ru, aquacom72@gmail.com*

УДК 631.3

ФОРМИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ИНТЕНСИВНОГО РЫБОВОДСТВА НА ОЗЕРАХ ЗАМОРНОГО ТИПА

DEVELOPMENT OF AN INTENSIVE FISH BREEDING TECHNOLOGY IN LAKES WITH OXYGEN DEFICIT

В Тюменской, Челябинской, Курганской областях происходит модернизация озерного пастбищного рыбоводства. Экономическая суть модернизации состоит в последовательном увеличении улова выращиваемой рыбы. Товарная рыбопродуктивность озер заморного типа в случае внедрения инновационной технологии увеличивается с 20-30 до 160-200 кг/га в год, что при масштабном государственном подходе может существенно укрепить продовольственную безопасность региона. Например, специалисты Сладковского товарного рыбоводческого хозяйства Тюменской области в 2008 г. приступили к внедрению новых технологий. Здесь прежде, на 11 тыс. га озер заморного типа, эксплуатировавшихся по традиционной промысловой схеме, улов составлял всего 70-80 т, или в среднем менее 10 кг/га. Спустя 7 лет — в 2014 г. — общий улов выращиваемой рыбы (сиговые, карп, судак, щука, растительоядные) превысил 1,1 тыс. т, или в среднем 100 кг/га, а включая туводную рыбу — карася — 110 кг/га.

Системность в освоении интенсивных технологий рыбоводства демонстрирует ООО «Рыбозавод Балык» Кунашакского района Челябинской области, за которым закреплено 8 тыс. га озер (40% от имеющихся в районе). На основе внедрения рекомендованных технологий специалисты хозяйства ежегодно выращивают в среднем 130-140 кг/га, при максимальных 180-230 кг/га. Основу улова, или 70-75%, теперь составляет крупная рыба двух-трехлетнего нагула, а прежде улов состоял из местного малоценного карася и небольшого количества товарных сеголеток сиговых рыб. Прогрессивные технологии сочетают: выращивание поликультуры с обеспечением аэрации воды зимой, проведением в летне-осеннее время 2-3-кратного рыхления донных отложений озер для ускорения биотического функционирования пищевой цепи кормовых для рыб организмов, направленному формированию кормовой базы путем масштабных вселений рачка-гаммаруса.

Благодаря данным междисциплинарных научных исследований по гидрохимии, биогеохимии, микробиологии, биохимии, гидробиологии, ихтиологии и других наук объективно установлено, что процессы «рециклинга» и «микробной петли» в водоемах создают устойчивое развитие биопродукционного процесса в соответствии свойств явления сестайнинга. Довольно четко это проявляется в озерах заморного типа.

Процессы кругооборота органического вещества в озерах с ростом продуктивности увеличиваются и ускоряются, что и позволяет включить в естественную систему дозированные мелиоративные механизмы, благодаря чему можно добиться самоподдержания продукционной системы на оптимальном уровне рыбоводного процесса.

Крупнейший естественный ресурс для производства товарной рыбы в промышленных масштабах представляют озера Урала и Западной Сибири. В пределах Западно-Сибирской равнины от Урала до Енисея общая акватория озер составляет 8,7 млн га, из них пригодно для внедрения интенсивных технологий выращивания рыбы порядка 1 млн га.

Currently, one can observe the modernization of lake pasturable fish breeding in the Tyumen, Chelyabinsk, and Kurgan regions. The economic gist of modernization consists in the consecutive increase in the catch of grown-up fish. The commodity efficiency of lakes with the deficit of oxygen in the case of the introduction of innovative technologies increases from 20-30 to 160-200 kg/hectare a year, which, with a large-scale governmental approach, can significantly strengthen the food security of the region. For instance, the year 2008 saw the introduction of new technologies by the Sladkovsky commodity fish enterprise (Tyumen region). Previously, the catch by this enterprise only made 70-80 t, or on average less than 10 kg/hectare, per 11 thousand hectares of the lakes of the type with diffitsity oxygen (as operated according to the traditional trade scheme). Seven years later, in 2014, the general catch of the grown-up fish (Coregonidae, the carp, the pike perch, the pike, herbivorous species) exceeded 1,1 thousand tons, on average 100 kg/hectare, or, including the nonmigratory crucian, 110 kg/hectare.

The systematic development of intensive technologies of fish breeding is shown by the JSC Rybozavod Balyk of the Kunashaksky region of Chelyabinsk region, to which the 8 thousand hectares of lakes are assigned (40% of the lakes available in the area). Based on the introduction of the recommended technologies, the enterprise annually bred 130-140 kg/hectare on average, the maximum being 180-230 kg/hectare. The basis of the catch, or 70-75%, are made now by large fish of a two/three-year pasture, while previously the catch used to consist of the local low-value crucian and a small amount of commodity fingerlings of the Coregonidae. The breakthrough technologies involve the cultivation of the polyculture with ensuring aeration of water in the winter as well as the 2-3-fold loosening of ground deposits of lakes during the aestivo-autumnal time in order to accelerate the biotic functioning of the food chain of fish fodder, to the directed formation of food supply by large-scale settlement of the Gammarus.

Thanks to the data of the interdisciplinary research on hydrochemistry, biogeochemistry, microbiology, biochemistry, hydrobiology, ichthyology, it is revealed that the processes of "recycling" and "microbic loop" in reservoirs create a sustainable development of bioproductional processes as consistent with the properties of the phenomenon of "sustaining". The illustration is the case of lakes of the type with diffitsity oxygen.

With the growth of productivity, the processes of circulation of organic substance in lakes are increasingly accelerated, which allows to include the dosed meliorative mechanisms into the natural system. Thanks to that, the self-maintenance of the production system may be attained at an optimum level of the fish-breeding process.

The largest natural resource for commercial production of commodity fish is represented by the lakes of the Urals and Western Siberia. Within the West Siberian plain from the Urals to the Yenisei, the general water area of lakes makes 8,7 million hectares, of which about 1 million hectares are suitable for the introduction of intensive technologies of fish cultivation.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА. Управление рыбопродуктивностью озер заморного типа, разработка методов увеличения улова.

KEY WORDS. Management of fish efficiency of lakes of the type with diffitsity oxygen, development of methods of increase in a catch.

Актуальность проблемы. Для отечественной аквакультуры важной задачей современного периода является ускорение развития всех направлений товарного рыбоводства, что аргументировано государственными документами: «Стратегия развития аквакультуры в Российской Федерации на период до 2020 года» и Федеральный закон № 148 «Об аквакультуре (рыбоводстве) и о внесении изменений в отдельные законодательные акты РФ». Главная цель руководящих документов — мобилизация участников рыбоводного производства по надежному обеспечению населения страны с различным уровнем доходов широким и качественным ассортиментом рыбопродукции.

Этой задаче в полной мере соответствует товарное рыбоводство на местных водоемах областей и районов нашей страны, обладающих значительным водным фондом. Благодаря его масштабному развитию в сравнительно короткие сроки можно создать реальные предпосылки для продовольственной безопасности территорий с наличием озер и других водоемов. Понятие «продовольственная безопасность» — **F.S.-food security** [1] появилось недавно и обусловлено возникновением острого дефицита продуктов питания в ряде стран и регионов современного мира.

Крупнейший естественный ресурс для производства товарной рыбы в промышленных масштабах представляют озера Урала и Западной Сибири. В пределах Западно-Сибирской равнины от Урала до Енисея общая акватория озер составляет 8,7 млн га [2]. В ландшафте Западно-Сибирской равнины 5,4-5,5 млн га озер, или 60-65%, относится к заморному типу водоемов, т. е. с ежегодно либо периодически возникающим дефицитом кислорода в воде. По составу рыбного населения и ихтиологической классификации озера с ежегодными заморами являются карасевыми. Озера с возникновением острого дефицита кислорода в воде зимой раз в 9-15 лет представлены плотвично-окуневым ядром ихтиоценоза. На этих озерах среднестатистические многолетние уловы местной рыбы (караси, плотва, окунь, щука) составляют от 8-10 до 20-30 кг/га.

Тенденции развития товарного озерного рыбоводства

Практика проведения технико-мелиоративных и рыбоводных работ в 1960-1970-х гг. на озерах заморного типа в пределах Челябинской, Курганской, Тюменской областей, включаемых в рыбоводные управляемые хозяйства, позволила создать ряд технологий, обеспечивающих ежегодные уловы выращиваемой рыбы (сиговые, карп и др.) на основе однолетнего нагула по 30-100 кг/га [3].

На основе нашего сотрудничества с рыбхозами Тюменской, Челябинской, Курганской областей по внедрению современных инновационных разработок [4-8] пользователи озер Зауралья стали довольно стабильно выращивать поликультуру со значительно большими ежегодными показателями рыбопродуктивности — по 180-200-250 кг/га [9], причем тенденция к повышению рыбопродуктивности местных водоемов на основе технико-мелиоративных и рыбоводных технологий становится устойчивой [10].

В частности, специалисты СТРХ — Сладковского товарного рыбоводческого хозяйства — буквально с «нуля» достигли ощутимых результатов. По нашей рекомендации к восстановлению рыбхоза приступили в 2008 г. Весь годовой улов местной рыбы — серебряного и золотого караса на 11 тыс. га озер заморного типа составил всего 70 т. Спустя 7 лет — в 2014 г. общий улов выращиваемой

рыбы (сиговые, карп, судак, щука, растительноядные) превысил 1,1 тыс. т, или в среднем 100 кг/га, а включая карася — 110 кг/га. Показатели улова выращиваемой рыбы на мелиорируемых озерах достигают 160-180 кг/га в год.

Системность в освоении и внедрении интенсивных технологий рыбоводства показывает ООО «Рыбозавод Балык», что убедительно иллюстрирует итоговый результат — вылов выращенной рыбы.

В 1970-1990-е гг. весь Кунашакский район Челябинской области, располагающий 19 тыс. га эвтрофных лесостепных озер, вылавливал 600-700 т рыбы, включая выращиваемых 200-250 т товарных сеголеток пеляди, то в настоящее время (2010-2014 гг.), лишь одно предприятие — ООО «Рыбозавод Балык», за которым закреплено 8 тыс. га озер (40% от имеющихся в районе), на основе наших научных разработок ежегодно выращивает 700-900 т крупной рыбы двух-трехлетнего нагула дополнительно к вылову местной рыбы по 15-25 кг/га. Средняя рыбопродуктивность достигла 120-140 кг/га, при максимальных 180-230 кг/га. Стабильный рост рыбопродуктивности озер ООО «Рыбозавод Балык» происходит потому, что работники предприятия освоили и внедряют рекомендованные нами прогрессивные технологии выращивания поликультуры в сочетании с двух-трехкратным рыхлением донных отложений озер в августе-сентябре для ускорения функционирования пищевой цепи кормовых для рыб организмов в процессе рециклинга органики [11-13], аэрации воды зимой, направленному формированию кормовой базы путем масштабных вселений рачка-гаммаруса и внесения органических удобрений.

Динамика роста рыбопродуктивности объективно представлена на примере эксплуатации оз. Тишки (табл. 1).

Таблица 1

**Динамика уловов рыбы в оз. Тишки (2550 га) Кунашакского района
Челябинской области, кг/га**

Рыба	Годы							
	1958-1965*	1966-1970*	1971-1998*	1999-2000*	2001-2005*	2006-2012*	2013	2014
Карась	19,0	21,0	12,0	9,0	21,0	10,0	8,0	11,0
Пелядь	-	24,0	36,0	66,0	85,0	115,0	118,0	121,0
Карп	-	-	-	-	10,0	99,0	85,0	90,0
Р/ядн	-	-	-	-	-	2,0	4,0	5,0
Всего	19,0	45,0	48,0	78,0	116,0	226,0	215,0	227,0

* — среднегодовые уловы за указанный период

Озеро Тишки по генезису — водно-эрозионное, возникшее в древнеозерной впадине. Котловина озера выполнена мощными песчаными отложениями овальной формы. Площадь озера составляет 2550 га, максимальная глубина — 4,2 м, средняя — 2,4 м, водоем бессточный замкнутый. Берега пологие, поросшие густой высшей растительностью (тростник, осока), в срединной части озера много мягкой растительности — рдесты, роголистник. Ил черный сапропелевый толщиной 0,3-0,6 м. Вода характеризуется как высокоминерализованная сложного

хлоридно-сульфатно-магниевого состава с динамикой суммы ионов в диапазоне 2,9-6,1 г/дм³, что обусловлено степенью водности территории ландшафта [14]. В связи с проявляющимся дефицитом кислорода в воде зимой естественный ихтиоценоз представлен золотым и серебряным карасем. До середины 60-х гг. Кунашакский рыбхоз на оз. Тишки вел промысел карася со среднегодовым статистическим уловом 19 кг (табл. 1). С 1966 г. в озеро периодически стали вселять личинок озерной пеляди в количестве 1,8-2,0 тыс. шт./га, а среднегодовой улов товарных сеголеток массой 120-130 г составлял от 20 до 40 кг/га, что объективно соответствовало водоему третьей зоны озерного рыбоводства со стабильным развитием зоопланктона в вегетационный период в пределах 3-4 г/м³.

Наш эколого-рыбохозяйственный анализ показателей водоема и экстенсивной системы ведения хозяйства в 1998-1999 гг. позволил выявить резервы для существенного повышения рыбопродуктивности озера. Согласно научным рекомендациям, специалисты ООО «Рыбозавод Балык» стали вселять в озеро жизнестойкую молодь карпа в соответствии с зональной научно обоснованной нормой, небольшое количество годовиков белого амура и белого толстолобика, а количество вселяемых личинок сиговых рыб (пелядь, пелчир) увеличили до 3,5-4,0 тыс. шт./га. Увеличение плотности посадки сиговых обусловлено внедрением в практику текущей мелиорации 2-3-кратного рыхления донных отложений в августе-сентябре. Для рыхления ила на глубину 30-40 см ООО «Рыбозавод Балык» сконструировал агрегат, используя наши рекомендации [5]. Зимой в годы пониженной водности в январе-марте при падении концентрации кислорода до 2,5-3 мг/дм³ на водоеме устанавливают 2-3 аэрационных устройства.

Таким образом, квалифицированное систематическое проведение технической мелиорации и существенное увеличение плотности посадки молоди поликультуры позволило стабильно увеличить уловы товарной рыбы до 250 кг/га в год и более (табл. 1). Точную величину общего улова назвать трудно, потому что на этом озере в период открытой воды ежедневно находилось от 100 (в нерабочие дни) до 2-3 тысяч в выходные дни рыболовов-удильщиков, зачастую бесконтрольно вылавливающих разновозрастного карпа.

По нашим расчетам, опираясь на биопродукционные показатели растительных и животных организмов озера, общие уловы могут быть реально увеличены до 350-400 кг/га в год. Это возможно при оказании помощи административных органов усилить охрану рыбы (прежде всего, карпа) от хищников, а также системно проводить нормативные посадки молоди белого амура и белого толстолобика (которого пока очень мало в регионе УрФО).

Озеро Суерское расположено вблизи от районного центра Лебяжье Курганской области и представляет типичный водоем Западно-Сибирской равнины в пределах ландшафта Тоболо-Ишимского междуречья. По ихтиологической классификации относится к карасевому типу, но в маловодные годы при концентрации солей до 10 г/дм³ воспроизводство карася прекращается. Водосборная площадь в большей мере представлена пастбищами и лугами. Питание озера происходит за счет внешнего паводка, атмосферных осадков и подземного стока. Преобладающие глубины — 2 м, а максимальная — 3,5 м. Отложения ила в центральной части водоема достигают 50 см. По уровню развития зоопланктона и зообентоса относится к высококормным.

Пример рыбохозяйственной эксплуатации оз. Суерского карасевого ихтиологического типа интересен тем, что с 70-х гг. прошлого столетия по 2012 г. водоем

эксплуатировался по обычной экстенсивной технологии однолетнего сиговодства: весной вселяли нормативное для карпо-сиговой зоны количество личинок пеляди (в среднем 2 тыс. шт./га), а осенью отлавливали товарных сеголеток массой 80-100 г с приловом туводного карася. В среднем за последние 15 лет в оз. Суерское промысловый улов товарных сеголеток пеляди составил 21 кг/га. С 2013 г. пользователем оз. Суерское оформлено ООО «Сибирская тема». Этот рыбхоз на протяжении многих лет больше всех выращивает сиговых и карпа в составе рыбохозяйственных предприятий Курганской области.

На основе наших исследований было рекомендовано внедрить на данном водоеме элементы интенсивного товарного рыбоводства, состоящих в следующем:

- проведении рыхления донных отложений — 3 раза с начала августа по начало октября на 70-75% акватории, благодаря чему кормность по зоопланктону возрастет в 2-2,5 раза; по бентосу — на 25-40%;
- ежегодном вселении весной в озеро нормативного количества личинок пеляди и годовиков карпа;
- использовании на западной части озера вблизи поселка и линии ЛЭП, начиная с декабря, двух экономичных турбоаэраторов мощностью 2-3 кВт, обеспечивающих вначале концентрацию выращенной рыбы, а затем — интенсивный отлов товарной продукции;
- периодическом осуществлении из близрасположенных малых безрыбных озер концентрированных посадок рачка-гаммаруса (бокоплава) по 2-3 т, являющегося кормовым биоресурсом водоемов лесостепной зоны Зауралья.

На основе вселения личинок пеляди и пелчира по 4 тыс. шт./га весной 2014 г. на оз. Суерское и трехкратного рыхления ила в августе-сентябре, стимулирующего развитие зоопланктона, вырастили по 110 кг/га ценной сиговой рыбы дополнительно к улову карася по 20 кг/га. Товарные сеголетки пеляди и пелчира к началу октября достигли средней массы 150 г, а ежесуточные уловы сиговых в три ставных невода составляли 15-25 т. Одновременно произошел ощутимый ущерб сиговодству, поскольку весьма большое количество сиговой рыбы было съедено стаями бакланов и пеликанов, ежедневно залетающих с соседних водоемов Казахстана, где нет промышленного сиговодства. Карп, вселение годовиков которого осуществлено вместе с сиговыми, не достиг товарных размеров и будет отлавливаться впоследствии по достижении массы 1,3-1,5 кг/шт. Сигово-карповая поликультура может быть дополнена белым амуром и белым толстолобиком, что объективно гарантирует на оз. Суерское ежегодное производство товарной рыбы высокого гастрономического качества и составит не менее 250-300 кг/га.

Научный базис рыбохозяйственных мелиораций и интенсивной формы рыбоводства

Научное биоэкологическое обоснование возможности повышения выхода товарной рыбы из озер в расчете на акваторию 1 га обусловлено наличием фундаментальных исследований по биопродуктивности континентальных и морских водоемов. В настоящее время благодаря данным междисциплинарных исследований по гидрохимии, биогеохимии, микробиологии, биохимии, гидробиологии, ихтиологии и других наук объективно установлено, что процессы

«рециклинга» и «микробной петли» [11-13] в системе «вода — донные осадки» [15; 16] озер создают устойчивое развитие биопродукционного процесса [17] в соответствии свойств явления сестайнинга [18; 19].

Процессы кругооборота органического вещества в озерах с ростом продуктивности увеличиваются и ускоряются [17], что и позволяет включить в естественную систему дозированные мелиоративные механизмы, благодаря чему можно добиться самоподдержания продукционной системы на оптимальном уровне рыбоводного процесса.

Впервые идея о необходимости рыхления и аэрации донных отложений озер заморного типа была предложена заведующей лабораторией гидробиологии СибНИИРХ В. С. Юхневой [20; 21]. В соответствии с научным биологическим обоснованием институтом СибрыбНИИпроект была создана серия мелиоративных агрегатов по рыхлению ила и аэрации воды, работающих в период открытой воды и в подледном режиме. Все исследования и производственные эксперименты систематически обсуждались с ведущими академическими НИИ того времени. Именно эти материалы послужили основой для модернизации техники по рыхлению ила и внедрению прогрессивной технологии в практику товарного рыбоводства [5; 22].

Аналитическое обобщение данных практики становления и развития пастбищного рыбоводства в Зауралье [3-6; 8; 9; 23; 24] позволило обосновать интегральный показатель рыбопродуктивности озера — **актуальный бонитет**. Его объективное определение дает возможности для комплексной мелиорации озера в соответствии с расчетом **потенциального бонитета** [24] на основе биопродукционного процесса [11; 12; 17] в водоемах. Для определения актуального бонитета озера составлена бонитировочная 100-балльная шкала [24, с. 132-135], благодаря которой фактические эколого-рыбохозяйственные показатели исследуемого озера оцениваются, и на этой основе рассчитывается балльный класс современного бонитета водоема и разрабатываются пути мелиоративно-рыбоводного преобразования озера. Базисом для прогрессивной практики являются итоги определения бонитета озера. На его основе осуществляют необходимые мелиорации экосистемы озера, комплекс рыбоводных работ, завершающихся быстрым и экономичным отловом выращенной рыбы [25]. Именно в такой последовательности поступают крупные рыбхозы по внедрению научных разработок. У мелких предприятий по выращиванию озерной рыбы комплексный системный подход отсутствует, следовательно и итоговые показатели существенно меньше, чем в крупных районных рыбхозах региона Зауралья.

Перспективы развития товарного рыбоводства в регионе

Сотрудничество с рыбхозами, внедряющими инновационные разработки по интенсификации товарного озерного рыбоводства [4-7; 25] объективно иллюстрирует возможность ускоренными темпами преобразовать многие сотни тысяч гектаров озер Западно-Сибирской равнины в продуктивную «голубую ниву». Данная перспектива развития товарного рыбоводства рыбохозяйственной наукой давно обозначена [3].

В качестве плацдарма первоочередной производственной базы для развития товарного интенсивного рыбоводства в пределах УрФО рыбохозяйственная наука региона считает пригодными порядка 1 млн га озер (табл. 2).

Таблица 2

**Озерный фонд УрФО, пригодный для использования в качестве
производственной базы интенсивного товарного рыбоводства**

<i>Административная территория</i>	<i>Озерная акватория, пригодная для интенсивной формы товарного рыбоводства, тыс. га</i>
Тюменская область	240,0
Свердловская область	40,0
Челябинская область	180,0
Курганская область	230,0
ХМАО-Югра	400,0
Всего	1090,0

Внедрение рыбхозами современных технологий по мелиоративной подготовке озер для выращивания товарной рыбы методом поликультуры, в сочетании с применением технических средств по стимулированию развития естественной кормовой базы, позволяет ежегодно получать 150-180-230 кг/га. При обеспечении местных рыбхозов региона молодью сигово-карповой поликультуры быстрорастущих объектов из зональных рыбопитомников, включая белого амура и белого толстолобика, средними (обычными) могут быть уловы в 300-350 кг/га в год.

Анализ научных материалов и результатов их внедрения в практику озерного товарного рыбоводства позволяет сделать следующие выводы:

1. Прогрессивным развитием товарного озерного рыбоводства способны заниматься крупные хозяйства, располагающие нагульными акваториями порядка 5-10 тыс. га. У них есть все возможности для внедрения интенсивных форм рыбоводства и мелиоративного обустройства озер. Небольшие рыбхозы, имеющие менее 1 тыс. га, целесообразно интегрировать в районные кооперативы, что повысит их заинтересованность во внедрении прогрессивных технологий.

2. Энерговооруженность озерного рыбоводства должна соответствовать цели повышения производительности труда и интенсификации производства на каждом водоеме и товарном хозяйстве, что позволит использовать на практике процесс ускорения биотического круговорота в озерах заморного типа и увеличения производства товарной «экологически чистой» рыбы на основе самовозобновляемой естественной кормовой базы.

3. Современные интенсивные технологии выращивания рыбы в озерах заморного типа — объективная основа для прогресса озерного рыбоводства рыбхозов УрФО и СибФО.

Для создания системы и нормативов пастбищного рыбоводства с применением рыхления донных отложений необходимо провести комплексные исследования по динамике трансформации компонентов осадков в первичную и вторичную продукцию для рыб — фитофагов и зоофагов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Braun L. Facing Food Insecurity // State of World. 1994. A Worldwatch institute Report on Progress. Toward a Sustainable Society. New York, London: W. W. Norton & Company. 1994. Pp. 177-197.
2. Доманицкий А. П., Дубровина Р. Г., Исаева А. И. Реки и озера СССР. Справочные данные. Л., 1971. 104 с.
3. Мухачев И. С., Бурдиян Б. Г., Кугаевская Л. В. Опыт товарного рыбоводства в озерах Тюменской и соседних областей. М.: ЦНИИТЭИРХ, 1977. 100 с.
4. Muhachev I. S., Gunin A. P. A review of the production of cultivated whitefishes (*Coregonus* spp.) in the Ural and West Siberia / Arch. Hydrobiology. Spes. Issues. Advance. Limnology. 2002. № 57. Pp. 171-181.
5. Мухачев И. С., Слинкин Н. П. Устройство для рыхления донных отложений. Патент на изобретение РФ № 2221104. 10.01.2004.
6. Мухачев И. С., Слинкин Н. П., Чудинов Н. Б. Новые подходы к развитию товарного рыбоводства в Зауралье // Рыбное хозяйство. 2006. № 3. С. 59-63.
7. Слинкин Н. П., Мухачев И. С., Туруханских Н. А. Способ аэрации воды, концентрации и лова рыбы. Патент на изобретение РФ № 2286672. 10.11.2006.
8. Мухачев И. С. Отчет о НИР «Комплексное эколого-рыбохозяйственное изучение озер Курганской области». Тюмень: Изд-во ТюмГУ, 2004. 207 с.
9. Шапошников В. В., Елецкая Л. И. Мониторинг общих уловов аборигенной и выращиваемой рыбы по Челябинской области за 2008-2012 годы // Проблемы и перспективы развития рыбоводства на Урале: материалы научно-практ. конф., посвященной 100-летию создания Аракульского рыбоводного завода и развитию товарного сиговодства в Челябинской области 26-27 сентября 2013. Челябинск: Центр научного сотрудничества, 2013. С. 58-67.
10. Мухачев И. С. Повышение рыбопродуктивности — тенденция развития озерного рыбоводства Зауралья // Рыбное хозяйство. 2014. № 6. С. 49-54.
11. Бульон В. В. Структура и функция микробиальной «петли» в планктоне озерных экосистем // Биология внутренних вод. 2002. № 2. С. 5-14.
12. Бульон В. В. Влияние первичной продукции планктона на рыбопродуктивность естественных водоемов // Современное состояние рыбоводства на Урале и перспективы его развития. Екатеринбург: УГГА, 2003. С. 67-70.
13. Копылов А. И., Косолапов Д. Б. Микробная «петля» в планктонных сообществах морских и пресноводных экосистем. Ижевск: КнигоГрад, 2011. 332 с.
14. Андреева М. А. Озера Среднего и Южного Урала. Челябинск: Южно-Уральское кн. изд., 1973. 270 с.
15. Мартынова М. В. Азот и фосфор в донных отложениях озер и водохранилищ. М.: Наука, 1984. 160 с.
16. Мизандронцев И. Б. Химические процессы в донных отложениях водоемов. Новосибирск: Наука, 1990. 175 с.
17. Алимов А. Ф. Элементы теории функционирования водных экосистем. СПб.: Наука, 2001. 147 с.
18. Миркин Б. М., Наумова Л. Г. Сценарий перехода к устойчивому развитию // Экология и жизнь. 2002. № 5. С. 31-38.
19. Миркин Б. М., Хазиев Ф. Х., Хазиахметов Р. М. Сестайнинг агросистем: история, концепция, конструктивный подход. Препринт. Уфа: Баш НЦ УрО РАН, 1992. 36 с.
20. Юхнева В. С. Заморные явления в озерах и меры их предупреждения // Отчетная сессия уч. Совета ГосНИОРХ по итогам работы 1968 г.: Тезисы докл. Л., 1969. С. 94-96.

21. Юхнева В. С., Уварова В. И. Донные отложения и кислородный режим озер // Тезисы докладов к научно-практ. конф. СибрыбНИИпроект по развитию Тюменского рыбохозяйственного комплекса. Тюмень, 1975. С. 106-107.
22. Слинкин Н. П., Мухачев И. С. Устройство для рыхления донных отложений. Патент на полезную модель РФ № 118322. 20.07.2012.
23. Глазатов В. К. Рыбоводство — эффективное направление // Опыт промышленного рыбоводства в Челябинской области. Челябинск: Южно-Уральское кн. изд-во, 1975. С. 3-13.
24. Мухачев И. С. Озерное товарное рыбоводство. СПб.: Лань, 2012. 400 с.
25. Слинкин Н. П. Новые методы интенсификации озерного рыболовства и рыбоводства. Тюмень: ТГСХА, 2009. 151 с.

REFERENCES

1. Braun, L. Facing Food Insecurity // State of World. 1994. A Worldwatch institute Report on Progress Toward a Sustainable Society. New York, London: W. W. Norton & Company. 1994. Pp. 177-197.
2. Domanitsky, A. P., Dubrovina, R. G., Isaev, A. I. Rivers and Lakes of USSR. A reference book. Leningrad. 1971. 104 p.
3. Mukhachev, I. S., Burdiyan, B. G., Kugayevskaya, L. V. Experience of fish rearing for sale in Tyumen lakes and nearby areas. Moscow: TsNIITEIRH. 1977. 100 p.
4. Muhachev, I. S., Gunin, A. P. A review of the production of cultivated whitefishes (*Coregonus* spp.) in Ural and West Siberia // Archive for Hydrobiology. Special Issue: Advances in Limnology. 2002. № 57. Pp. 171-181.
5. Mukhachev, I. S., Slinkin, N. P. A Device for Loosening Bottom Sediments. — The invention patent registered in the Russian Federation № 2221104. 10 January 2004.
6. Mukhachev, I. S., Slinkin, N. P., Chudinov, N. B. New approaches to development of fish rearing for sale in Trans-Urals // Fish Farm. 2006. № 3. Pp. 59-63.
7. Slinkin, N. P., Mukhachev, I. S., Turukhanskikh, N. A. A Method for Aeration of Water, Concentration of Fish and Fishing. — The invention patent registered in the Russian Federation № 2286672. 10 November 2006.
8. Mukhachev, I. S. Report on the scientific research project (NIR) "A Complex Ecological and Fish Production Study of Lakes in Kurgan Region". Tyumen: Tyumen State University. 2004. 207 p.
9. Shaposhnikov, V. V., Yelets, L. I. Monitoring of the total take of the native and grown-up fish across Chelyabinsk region in 2008-2012 // Proceedings of the scientific conference "Problems and Prospects of Development of Fish Breeding in the Urals", devoted to the 100th anniversary of creation of Arakulsky fish-breeding plant and development of a commodity cultivation of *Coregonidae* in Chelyabinsk region, September 26-27, 2013. Chelyabinsk: Tsentr Nauchnogo Sotrudnichestva. 2013. Pp. 58-67.
10. Mukhachev, I. S. Increase of fish capacity — a tendency of development of lake fish breeding in Trans-Urals // Fish Production, 2014. № 6. Pp. 49-54.
11. Bulion, V. V. Structure and function of microbial "loop" in plankton of lake ecosystems // Biology of Inland Waters. 2002. № 2. Pp. 5-14.
12. Bulion, V. V. Influence of primary production of plankton on fish capacity of natural reservoirs // Current State of Fish Breeding in the Urals and Prospects of Its Development. Yekaterinburg: UGGA. 2003. Pp. 67-70.
13. Kopylov, A. I., Kosolapov, D. B. Microbic "Loop" in Planktonic Communities of Marine and Fresh-Water Ecosystems. Izhevsk: Knigograd. 2011. 332 p.
14. Andreyeva, M. A. Lakes of Central Ural and South Ural. Chelyabinsk: Iuzhno-Ural'skoe knizhnoe izdatel'stvo, 1973. 270 p.
15. Martynova, M. V. Nitrogen and Phosphorus in Ground Deposits of Lakes and Reservoirs. Moscow: Nauka, 1984. 160 p.

16. Mizandrontsev, I. B. Chemical Processes in Ground Deposits of Water Reservoirs. Novosibirsk: Nauka, 1990. 175 p.
17. Alimov, A. F. Elements of the Theory of Functioning of Water Ecosystems. Pbg.: Science. 2001. 147 p.
18. Mirkin, B. M., Naumov, L. G. A scenario of transition to sustainable development // Ecology and Life. 2002. № 5. Pp. 31-38;
19. Mirkin, B. M., Haziyeu, F. H., Haziakhmetov R. M. Sustaining Agrosystems: History, Concept, Constructive Approach. Pre-print. Ufa: Bash NTs UrO RAN, 1992. 36 p.
20. Yukhneva, V. S. Fish kill phenomena in lakes and measures of their prevention // Reporting session of the Council of State Scientific Research Institute of Lake and River Fish Farming (GosNIORKh) following the results of work of 1968: Abstracts. Leningrad. 1969. Pp. 94-96.
21. Yukhneva, V. S., Uvarov, V. I. Ground deposits and the oxygen mode of lakes // Abstracts of reports for a scientific conference "SibrybNIiproekt on Development of the Tyumen Fishery Complex". Tyumen, 1975. Pp. 106-107.
22. Slinkin, N. P., Mukhachev, I. S. A Device for Loosening Bottom Sediments. — The useful model patent registered in the Russian Federation № 118322. 20 June 2012.
23. Glazatov, V. K. Cultivation of fish — the effective direction // Experience of Fish Rearing for Sale in Chelyabinsk Region. Chelyabinsk: Iuzhno-Ural'skoe knizhnoe izdatel'stvo, 1975. Pp. 3-13.
24. Mukhachev, I. S. Lake Fish Rearing for Sale. Saint-Petersburg: "Lan". 400 p.
25. Slinkin, N. P. New Methods of Intensification of Lake Fishery and Fish Breeding. Tyumen: TGSKhA, 2009. 151 p.

Авторы публикации

Игорь Семенович Мухачев — профессор кафедры зоологии и эволюционной экологии животных Тюменского государственного университета, доктор биологических наук

Михаил Михайлович Медведев — аспирант Тюменского государственного университета

Authors of the publication

Igor' S. Mukhachev — professor of zoology and evolutionary animal ecology department of Tyumen State University, doctor of biological sci

Michail M. Medvedev — postgraduate student of Tyumen State University

© А. Ю. СОЛОДОВНИКОВ

Тюменское отделение «СургутНИПИнефть»
Solodovnikov_AU@surgutneftegas.ru

УДК 553.98

**СОСТОЯНИЕ СЫРЬЕВОЙ БАЗЫ НЕФТИ И ГАЗА
В ТЮМЕНСКОЙ ОБЛАСТИ**

**THE STATE OF HYDROCARBON RESOURCES BASE
IN TYUMEN REGION**

В статье рассматривается современное состояние сырьевой базы углеводородов в Тюменской области, включая ее автономные округа, их обеспеченность нефтью, природным газом, газоконденсатом. С момента открытия первого газа прошло уже более 60 лет, первой нефти — 50 лет, но их запасы все еще велики. Более того, месторождений, где была бы остановлена нефтегазодобыча по причине истощения ресурсов, единицы. Месторождений, находящихся в консервации, также крайне мало. Успехи в геологоразведке, применении новой техники и технологий и др. отдалают время истощения ресурсов.

В настоящее время на территории Тюменской области открыты около 800 месторождений, содержащих углеводороды. При этом свыше половины открытий приходится на Ханты-Мансийский, одна треть — Ямало-Ненецкий автономные округа и 5% — на юг Тюменской области. Географически месторождения, содержащие нефть, распространены в более южных районах Тюменской области, природный газ и конденсат — в более северных с продолжением в Карском море.

Поскольку углеводородные ресурсы вносят весомый вклад в экономическое развитие той территории, из недр которой они извлекаются, важно знать, какого качества и в каком количестве они имеются.

Although sixty years have passed since the exploration of the first gas and fifty years — since the first oil exploration, their supplies are still big. Moreover, only a few oilfields exist where oil and gas production was stopped because of the field exhaustion. Conserved fields are also quite few. The success of geological exploration as well as the use of new techniques and technologies help to put off the exhaustion time.

Currently, about 800 hydrocarbonic fields are discovered on the territory of Tyumen region. More than a half of them are located in the Khanty-Mansi Autonomous Okrug, 1/3 in the Yamalo-Nenets Autonomous Okrug, and 5% in the south of Tyumen region. Geographically, oil consisting fields are located more southwards, while gas and gas condensate consisting fields are located in the northern part of it including the Kara Sea.

Because of the economic importance of hydrocarbon resources extracted of the area in question, it is crucial to know the amount and quality of them.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА. Углеводородные ресурсы, нефть, природный газ, газоконденсат, месторождения, нефтегазоносность, нефтегазоносные области и районы.

KEY WORDS. Hydrocarbon resources, oil, natural gas, gas condensate, oilfield, gas-oil content, gas-oil content regions.

Тюменская область является крупнейшим нефтегазодобывающим регионом России. На ее территории открыто около 800 месторождений углеводородного сырья (нефть, газ, конденсат) с суммарными запасами ресурсов не менее 60 млрд т* условного топлива [1; 2]. Месторождения находятся в пределах Ямало-Ненецкого (267 месторождений, здесь и далее данные на 01.10.2014 г.), Ханты-Мансийского (более 480) автономных округов и Уватского района юга Тюменской области (40 месторождений). Насчитывается 561 нефтяных, 22 газонефтяных, 10 нефтегазовых, 91 нефтегазоконденсатных, 51 газовых и 56 газоконденсатных месторождений (табл. 1). Ряд месторождений находится на стыке с другими субъектами Российской Федерации — Томской и Свердловской областями.

Таблица 1

Распределение месторождений в Тюменской области между регионами

Тип по флюиду	ЯНАО	ХМАО	Юг Тюменской области	Всего
Нефтяные	96(6)	426(12)	39(2)	561(20)
Газонефтяные	13	9		22
Нефтегазовые	6	4		10
Нефтегазоконденсатные	69(2)	22(2)		91(4)
Газоконденсатные	52	3	1	56
Газовые	31	20		51
Итого	267(8)	484(14)	40(2)	791(24)

Примечание: в скобках приведено количество месторождений, находящихся в нескольких субъектах Российской Федерации.

Источник: составлено по: [3–12, материалам периодической печати].

В распределении месторождений есть определенная закономерность. Месторождения, содержащие нефть, расположены в основном в более южных районах Тюменской области, а именно: на территории юга Тюменской области, в ХМАО-Югре и в южной части ЯНАО. Газовые месторождения тяготеют к северным районам области — центральная и северная части ЯНАО и северо-запад ХМАО-Югры. В газовых месторождениях присутствует конденсат, а также встречается нефть в виде так называемых «оторочек»**.

* В научной и иной литературе, в материалах государственных органов приводимые данные по запасам существенно разнятся.

** Нефтяная оторочка (англ. oil fringe; нем. Erdolsaum; фп. lisiere de petrole, anneau d'huile; итал. margen de petroleo, parte petrolero en yacimientos de gas y condensado) — нефтяная часть газонефтяной или газоконденсатной нефтяной залежи, размеры и геологические запасы которой намного меньше газовой (газоконденсатной) части двухфазной залежи [13].

Нефтегазоносная территория Тюменской области является частью Западно-Сибирской нефтегазоносной провинции. В ее пределах выделены 16 нефтегазоносных областей (рис. 1) и свыше 50 нефтегазоносных районов (табл. 2).



Рис. 1. Нефтегазоносное районирование Тюменской области

Источник: по [14].

Нефтегазоносность связана с отложениями юрского и мелового возраста. Большая часть нефтяных залежей находится на глубине 2000–3000 м, газовых — 900–2000 м. Западносибирская нефть характеризуется низким содержанием серы (до 1,1%) и парафина (менее 0,5%), содержание бензиновых фракций высокое (40–60%), повышенное количество летучих веществ. Газовые залежи состоят в основном из метана. Содержание азота и оксида углерода не превышает 1%. Себестоимость добычи нефти относительно высокая, т. к. она добывается в основном насосными способами, газа наоборот — низкая.

Таблица 2

Нефтегазовые области и районы Тюменской области

Нефтегазовые области	Нефтегазовые районы	Нефтегазовые области	Нефтегазовые районы
Южно-Карская	Северо-Ямальский	Надым-Пурская	Надымский
	Восточно-Карский		Уренгойский
Ямальская	Малыгинский		Губкинский
	Тамбейский		Вынгапуровский
	Нурминский		Варьеганский
	Южно-Ямальский	Пур-Тазовская	Сузунский
	Щучинский		Большехетский
Гыданская	Северо-Гыданский		Тазовский
	Напалковский		Мангазейский
	Гыданский		Харампурский
	Мессояхский		Толькинский
Приуральская	Полуйский	Среднеобская	Сургутский
	Березовский		Ноябрьский
	Шаимский		Вартовский
	Иусский	Васюганская	Бахилловский
	Карабашский		Александровский
	Тобольский	Пайдугинская	Сабунский
Красноленинская	Сергинский		Пыль-Караминский
	Красноленинский	Предъенисейская	Каралькинский
Восточно-Уральская	—	Елогуй-Туруханская	—
Фроловская	Ярудейский	Енисей-Хатангская	—
	Казымский	Каймысовская	Юганский
	Юильский		Каймысовский
	Ляминский		Демьянский
	Приобский		Подогрудовский
	Салымский		Прииртышский
	Уватский		

Источник: [14, 7–8].

Когда и как образовались углеводороды? Ответ достаточно сложный и неоднозначный. До сих пор среди ученых нет единства взглядов на эти вопросы. В целом, следует отметить, что существуют две основные теории происхождения нефти: органическая, которую первым высказал еще М. В. Ломоносов и неорганическая, о которой говорил Д. И. Менделеев. Ответа на вопрос, какая же из них верна, до сих пор нет. Об этом спорят и у нас в стране, и за рубежом. Вероятно, правы и те и другие.

Предпринимаются попытки объединить органическую и неорганическую теории происхождения нефти: с одной стороны, при радиоактивном распаде в ядре Земли образуется водород, который и взаимодействует с углеродом с образованием нефтеподобных веществ, с другой стороны, в нефти имеются биомаркеры — соединения, безусловно, органического происхождения, с которыми встречается «неорганическая» нефть.

Нефть — горячая смесь, состоящая в основном из углеводородов метанового, нафтенового и ароматического рядов с примесью сернистых, азотистых и кислородных соединений. Одно из главных свойств сырой нефти — ее плотность, которая зависит от содержания тяжелых углеводородов (парафинов, смол и др.). По [15] нефти по плотности делятся на особо легкую (менее 830 г/см³), легкую (830,1–850), среднюю (850,1–870), тяжелую (870,1–895) и битуминозную (более 895 г/см³).

Часто нефть классифицируют по содержанию в ней серы и выделяют малосернистые (до 0,6%), сернистые (0,61–1,80), высокосернистые (1,81–3,5) и особо высокосернистые (более 3,5%) нефти. Нефть Тюменской области в основном малосернистая, содержание других соединений невелико. Всего в нефти обнаружено более 50 химических элементов.

По количеству залежей выделяют однозалежные и многозалежные месторождения. Многие месторождения многозалежные, поэтому мощность нефтеносных залежей может достигать десятков и сотен метров. Средняя глубина нефтеносных залежей колеблется в пределах 2300–2700 м.

Нефти очень часто сопутствует газ. Газ находится или в растворенном или в свободном состоянии. Этот газ называется попутным нефтяным газом (ПНГ). Попутный нефтяной газ — смесь легких газообразных углеводородов, находящихся в пластовых условиях в растворенном состоянии в нефти. Его содержание может колебаться от нескольких единиц до нескольких тысяч кубических метров на тонну нефти (содержание более 500 считается высоким). Растворенный газ содержит, кроме метана, более 10% этана, пропана, бутана и других углеводородов. Поэтому по фазовому соотношению нефти и газа выделяются следующие месторождения:

<i>Тип месторождения</i>	<i>Состав основных углеводородных соединений</i>
Нефтяное	только нефть, насыщенная в различной степени газом
Газонефтяное	нефть и газ: нефтяная часть залежи превышает по объему газовую часть залежи
Нефтегазовое	нефть и газ: газовая часть залежи превышает по объему нефтяную часть залежи
Газовое	только свободный газ
Газоконденсатное	газ с конденсатом
Нефтегазоконденсатное	нефть, газ и конденсат

Источник: [16].

Наибольший интерес представляет классификация по запасам. Это и понятно. Всякому любознательному человеку интересно знать, какими богатствами располагает местность, в которой он живет, и как эти богатства могут отразиться на его жизни. В соответствии с принятой в России классификацией запасов и прогнозных ресурсов нефти и горючих газов месторождения делятся следующим образом:

Запасы	Нефть, млн т	Газ, млрд м ³
Уникальные	более 300	более 300
Крупные	30-300	30-300
Средние	5-30	5-30
Мелкие	1-5	1-5
Очень мелкие	менее 1	менее 1

Источник: [16].

Российская система классификации запасов и ресурсов основывается исключительно на анализе геологических признаков, без учета экономических факторов. В зависимости от степени геологической изученности, разведанные запасы нефти и газа, подготовленные для промышленного освоения, представлены категориями AB_1B_2 , предварительные оцененные, но не введенные в разработку — категориями C_1 и C_2 . Ресурсы углеводородов по степени геологической изученности и обоснованности подразделены на подготовленные (D_0), локализованные (D_L), перспективные (D_1) и прогнозируемые (D_2) (рис. 2).

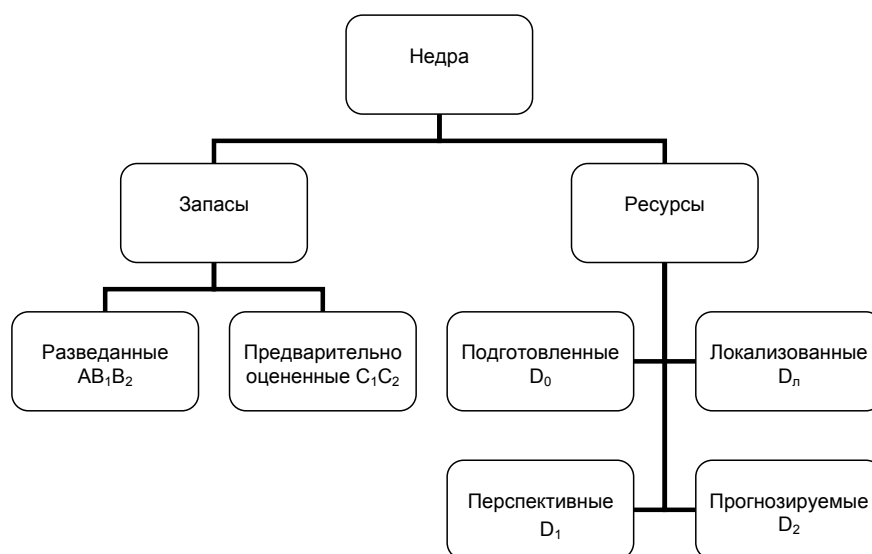


Рис. 2. Схема классификации запасов и ресурсов нефти и горючих газов в России

Источник: составлено по [16].

В мировой нефтегазовой промышленности наиболее распространенными являются две основные классификации запасов: 1) рамочная классификация ископаемых энергетических и минеральных ресурсов Организации Объединенных Наций (РКООН-2009) и 2) система управления ресурсами и запасами углеводородов «SPE-PRMS 2007» («Petroleum Resources Management System»).

Классификация «SPE-PRMS» разработана в 1997 г. Обществом инженеров-нефтяников США («Society of Petroleum Engineers», SPE) совместно с Мировым нефтяным конгрессом («World Petroleum Congress», WPC) и Американской ассоциацией геологов-нефтяников («AAPG»). С 2007 г. действует новая редакция системы «SPE-PRMS 2007».

Стандарты SPE-PRMS не только оценивают вероятность присутствия нефти в месторождении, но и учитывают экономическую эффективность извлечения этих запасов. При ее определении учитываются такие факторы, как затраты на разведку и бурение, транспортировку, налоги, существующие цены на нефть и многие другие. По данной классификации запасы делятся на категории «доказанные», «вероятные» и «возможные» в зависимости от оценки шансов их извлечения. Таким образом, у доказанных запасов шанс быть добытыми равняется 90%, у вероятных — 50%, а у возможных он самый низкий — 10%. Так же эта классификация оценивает ресурсы углеводородов.

В соответствии с классификацией общества инженеров-нефтяников США («Society of Petroleum Engineers», «SPE»), разработанной в 1997 г. совместно с Мировым нефтяным конгрессом («World Petroleum Congress», «WPC») и Американской ассоциацией геологов-нефтяников («AAPG»), все месторождения по запасам делятся следующим образом:

Запасы	Нефть, млн т	Газ, млрд м ³
Уникальные (супергигантские)	более 5000	более 5000
Крупнейшие (гигантские)	1000-5000	1000-5000
Крупные	100-1000	100-1000
Средние	10-100	10-100
Мелкие	до 10	до 10

Источник: [17].

Еще строже стандарты SEC (SEC — Securities and Exchange Commission). Это стандарты, принятые Комиссией США по ценным бумагам и биржам. По данным стандартам предъявляются максимально серьезные требования к категории «доказанных» запасов, а также учитывается срок действия лицензии: запасы не могут быть признаны доказанными, если их извлечение планируется после истечения лицензии.

В настоящее время многие компании России, особенно крупные, оценивают свои запасы как по российским стандартам, так и по международным, включая американские. Для этого нередко приглашаются иностранные аудиторские компании.

Природный газ — это смесь газообразных углеводородов (метана, этана, пропана, бутана и пентана). Доля метана в ней составляет 85–99%. Кроме этих

компонентов, в природном газе содержатся в том или ином количестве азот, углекислый газ, гелий, аргон, водяные пары, сероводород и ртуть. Газ обычно бесцветен и не имеет запаха (если в нем не содержится сероводород). Он содержится как в чисто газовых месторождениях, так и в нефтяных, нефтегазовых, нефтегазоконденсатных месторождениях либо в виде «газовых шапок», либо в виде отдельных самостоятельных залежей.

Газовый конденсат — смесь жидких углеводородов, выделяемая из природного горючего газа при добыче на газоконденсатных месторождениях. Является химическим и топливным сырьем. В пластах содержится в основном в летучем состоянии. Для получения стабильного газового конденсата из сырья удаляют летучие фракции.

По величине запасов большая часть месторождений относится к категории мелкие (57,3%). Далее следуют средние (23,1%) и крупные (16,4%). Меньше всего уникальных месторождений. Их доля всего 3%. Но в них сосредоточено более 90% запасов природного газа, около 60% конденсата и более 50% нефти [18]. Крупнейшими газовыми месторождениями являются Уренгойское, Бованенковское и Ямбургское, нефтяными (точнее, содержащими нефть) — Самотлорское, Лянторское и Приобское. 64% уникальных месторождений находятся на территории ЯНАО, остальные — ХМАО-Югры. На юге области месторождений такой категории нет. Среди уникальных месторождений по типу флюида большинство нефтегазоконденсатные (40%), далее следуют газоконденсатные (32%) и нефтяные (28%). В ЯНАО среди уникальных месторождений только нефте- и газоконденсатные, в ХМАО-Югре — нефтегазоконденсатные и нефтяные. Численно больше во всех категориях нефтяных месторождений (табл. 3).

В целом мелкие месторождения преобладают среди нефтяных. В месторождениях, содержащих газ, увеличивается доля средних и крупных месторождений. Особенно это характерно для территории ЯНАО. Так, среди газонефтяных месторождений доля крупных превышает 53%, нефтегазовых составляет 50%. В ХМАО-Югре доля крупных месторождений велика лишь среди нефтегазоконденсатных (50%).

Таблица 3

Распределение месторождений в Тюменской области по категориям запасов и субъектам Российской Федерации

Тип по флюиду	Мелкие		Средние		Крупные		Уникальные	
	кол-во	%	кол-во	%	кол-во	%	кол-во	%
1	2	3	4	5	6	7	8	9
ЯНАО								
Нефтяные	69(5)	72,1	22	22,7	5(1)	5,2		
Газонефтяные	1	7,7	5	38,5	7	53,8		
Нефтегазовые	1	16,7	2	33,3	3	50,0		
Нефтегазоконденсатные	10	14,5	19	27,5	32(2)	46,4	8(2)	11,6
Газоконденсатные	20	38,5	13	25,0	11	21,1	8	15,4
Газовые	13	41,9	8	25,8	10	32,3		
Итого	114(5)	42,7	69	25,8	68(3)	25,5	16(2)	6,0

Окончание табл. 3

1	2	3	4	5	6	7	8	9
ХМАО-Югра								
Нефтяные	285(8)	66,9	85	20,0	49(4)	11,5	7	1,6
Газонефтяные	6	70,7	2	18,2	1	11,1		
Нефтегазовые	3	66,7	1	33,3				
Нефтегазоконденсатные	5	22,7	4	18,2	11	50,0	2(2)	9,1
Газоконденсатные	2	66,7	1	33,3				
Газовые	19	95,0	1	5,0				
Итого	320(8)	66,1	94	19,4	61(4)	12,6	9(2)	1,9
Юг области								
Нефтяные	18(2)	46,2	20	51,2	1	2,6		
Газоконденсатные	1	100,0						
Итого	19	46,3	20	48,8	2	4,9		
Всего	453	57,3	183	23,1	130	16,4	25	3,2

Источник: составлено по [7–12 и периодической печати].

Несмотря на то, что многие месторождения из-за длительной добычи истощены, запасы углеводородов в них все еще достаточны для продолжения эксплуатации. Обеспеченность запасами углеводородов Тюменской области при современном уровне их добычи и без открытия новых месторождений составляет: по нефти — 20–30 лет [19–21].

Большие надежды связываются с отложениями баженовской свиты, площадь которой составляет около 100 тыс. км², а геологические запасы нефти определяют более чем 150 млрд т. Извлекаемые запасы нефти с применением технологии термогидровоздействия только в зоне деятельности ОАО «Сургутнефтегаз» оцениваются в 20–45 млрд т при нефтеотдаче пласта 15–30% [22]. Нефтеносностью обладают также доюрские отложения. Данные по запасам нефти в них противоречивы. Они колеблются от тысяч тонн (пессимистическая оценка) до десятков миллиардов тонн (оптимистическая оценка). А. А. Трофимук [23] считал, что весь доюрский потенциал триасового, палеозойского и допалеозойского этажей Западно-Сибирской равнины составляет 51 млрд т.

На отдаленную перспективу ставится задача дойти до фундамента, на котором располагается Западно-Сибирский осадочный чехол. Это очень древние породы, по прогнозам ученых, там также может быть нефть [24–25], что уже подтверждено. Так, в Шаимском районе перспективные ресурсы нефти по категории С3 по фундаменту оценены в 234 млн т. Причем промышленные при токи нефти получены из фундамента, представленного в основном гранитами и гранодиоритами [26].

Однако существует мнение, что ресурсы нефти и газа безграничны, прежде всего потому, что углеводороды продолжают образовываться и сегодня. Если это так, то Тюменская область имеет хорошие перспективы по устойчивому социально-экономическому развитию на длительный отрезок времени.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Соратники: Поколение Виктора Муравленко / Сост. С. Д. Великопольский и Ю. И. Переплеткин. Тюмень: Изд-во Ю. Мандрики, 2002. 400 с.
2. Биография великого подвига: Тюменская геология: Годы. Люди. События (1953-2003). Екатеринбург.: Сред.-Урал. кн. изд-во, 2003. 688 с.
3. Открытые горизонты. Т. 1 (1962-1980) / Сост. А. М. Брехунцов, В. Н. Бирюков. Екатеринбург: Сред.-Урал. кн. изд-во, 2002. 680 с.
4. Открытые горизонты. Т. 2 (1981-1987) / Сост. А. М. Брехунцов, В. Н. Бирюков. Екатеринбург: Сред.-Урал. кн. изд-во, 2002. 660 с.
5. Открытые горизонты. Т. 3 (1988-1993) / Сост. А. М. Брехунцов, В. Н. Бирюков. Тюмень: Издательский центр «Академия», 2003. 592 с.
6. Открытые горизонты. Т. 4 (1994-2002) / Сост. А. М. Брехунцов, В. Н. Бирюков. Тюмень: Издательский центр «Академия», 2004. 592 с.
7. Атлас месторождений нефти и газа Ханты-Мансийского автономного округа. Т. 1. Тюмень; Ханты-Мансийск, 2013. 236 с.
8. Атлас месторождений нефти и газа Ханты-Мансийского автономного округа. Т. 2. Тюмень; Ханты-Мансийск, 2013. 308 с.
9. Недропользование в Ханты-Мансийском автономном округе-Югре в 2011 г. Автономное учреждение ХМАО-Югры «Научно-аналитический центр рационального недропользования им. В. И. Шпилемана». Тюмень; Ханты-Мансийск, 2012. 219 с.
10. Недропользование в Ханты-Мансийском автономном округе-Югре в 2012 г. Автономное учреждение ХМАО-Югры «Научно-аналитический центр рационального недропользования им. В. И. Шпилемана». Тюмень; Ханты-Мансийск, 2013. 224 с.
11. Недропользование в Ханты-Мансийском автономном округе-Югре в 2013 г. Автономное учреждение ХМАО-Югры «Научно-аналитический центр рационального недропользования им. В. И. Шпилемана». Тюмень; Ханты-Мансийск, 2014. 220 с.
12. Клещев К. А., Шеин В. С. Нефтяные и газовые месторождения России: справочник: в 2 кн. Кн. 2: Азиатская часть России. М.: ВНИГРИ, 2010. 720 с.
13. Старобинец И. С. Нефтяная оторочка // Горная энциклопедия. М.: Советская энциклопедия / под ред. Е. А. Козловского. 1984-1991. Официальный сайт горной энциклопедии [Электронный ресурс] http://dic.academic.ru/dic.nsf/enc_geolog/3368 (дата обращения 02.06.2014).
14. Карта районирования нефтегазоносности. ФГУП «ВСЕГЕИ» им. А. П. Карпинского и ФГУП «ЗапСибНИИГТ». http://www.vsegei.ru/ru/info/gisatlas/ufo/khanty-mansiysky_ao/, http://www.vsegei.ru/ru/info/gisatlas/ufo/yamalo-nenetsky_ao/, http://www.vsegei.ru/ru/info/gisatlas/ufo/tyumenskaya_obl/, дата обращения 02.10.2014).
15. ГОСТ 51858-2002. «Нефть. Общие технические условия». М.: Госстандарт России, 2012. 23 с.
16. Классификация запасов и ресурсов нефти и горючих газов. Приказ МПР и экологии РФ № 477 от 10.11.2013 г.
17. The U. S. Geological Survey (USGS) Bulletin 1450-A «Principles of the Mineral Resource Classification System of the U. S. Bureau of Mines and U. S. Geological Survey», USGS Circular 831 «Principles of a Resource / Reserve Classification for Minerals» («Принципы классификации ресурсов и запасов полезных ископаемых»). 1980.
18. Природные ресурсы Тюменской области. Тюмень: Губернская академия Тюменской области. Тюменское отделение Российской Академии естественных наук, 2000. 143 с.
19. Долгая дорога к нефти. Сургут: ОАО «Сургутнефтегаз», 2002. 352 с.
20. Соколов А. Н. Обеспеченность запасами, добыча и потребление углеводородных ископаемых в мире и в России // Электронный научный журнал «Нефтегазовое дело». 2011. № 5. С. 400-415. <http://www.ogbus.ru>

21. Стратегия экономического развития Тюменской области до 2020 гг. ФГУП Российский научно-исследовательский и проектный институт урбанистики. М., 2005. 82 с.
22. Барков С. А., Медведев Н. Я., Сонич В. П. и др. Особенности строения и перспективы добычи нефти из отложений баженовской свиты // Вопросы геологии, бурения и разработки нефтяных и газонефтяных месторождений Сургутского региона. М.: ВНИИОЭНГ, 1997. С. 26-33.
23. Трофимук А. А. Сорок лет бурения за развитие нефтегазодобывающей промышленности Сибири. Новосибирск: СО РАН, НИЦ ОИГМ, 1997. 369 с.
24. Нестеров И. И., Ушанский И. Н., Малыхин А. Я. и др. Нефтегазоносность глинистых пород Западной Сибири. М., 1987. 256 с.
25. Клещев К. А., Шеин В. С. Перспективы нефтегазоносности фундамента Западной Сибири. М.: ВНИГРИ, 2004. 214 с.
26. Запивалов Н. П. Нефтегазовый потенциал палеозойского фундамента Западной Сибири (прогнозы и реальность) // Нефтяное хозяйство. 2004. № 7. С. 76-80.

REFERENCES

1. The Fellows: Victor Muravlenko's generation / Compiled by S. D. Velikopolskiy and Yu.I. Perepletkin. Tyumen: Yu. Mandrika Publ., 2002. 400 p.
2. The Biography of a Great Achievement: Tyumen Geology: Years. People. Events (1953-2003). Yekaterinburg.: Sredne-Ural'skoe knizhnoe izdatel'stvo, 2003. 688 p.
3. Open Horizons. Vol. 1 (1962-1980) / Compiled by A.M. Brekhuncov, V. N. Biutyukov. Yekaterinburg: Sredne-Ural'skoe knizhnoe izdatel'stvo, 2002. 680 p.
4. Open Horizons. Vol. 2 (1981-1987) / Compiled by A. M. Brekhuncov, V. N. Biutyukov. Yekaterinburg: Sredne-Ural'skoe knizhnoe izdatel'stvo, 2002. 660 p.
5. Open Horizons. Vol. 3 (1988-1993) / Compiled by A. M. Brekhuncov, V. N. Biutyukov. Tyumen.: Akademia, 2003. 592 p.
6. Open Horizons. Vol. 4. (1994-2002) / Compiled by A. M. Brekhuncov, V. N. Biutyukov. Tyumen.: Akademia, 2004. 592 p.
7. Gas-and-Oil Minefields Atlas of Khanty-Mansiysk Autonomous District. Vol. 1. Tyumen — Khanty-Mansiysk 2013. 236 p.
8. Gas-and-Oil Minefields Atlas of Khanty-Mansiysk autonomous district. Vol. 2. Tyumen — Khanty-Mansiysk 2013. 308 p.
9. The Subsurface Management in Khanty-Mansiysk autonomous district and Yugra in 2011. Autonomous organization of KhMAD and Yugra "Scientific and Analytical Center of Rational Subsurface Management Named after V. I. Shpil'man". Tyumen — Khanty-Mansiysk, 2012. 219 p.
10. The Subsurface Management in Khanty-Mansiysk autonomous district and Yugra in 2012. Autonomous organization of KhMAD and Yugra "Scientific and Analytical Center of Rational Subsurface Management Named after V. I. Shpil'man". Tyumen — Khanty-Mansiysk, 2013. 224 p.
11. The Subsurface Management in Khanty-Mansiysk autonomous district and Yugra in 2013. Autonomous organization of KhMAD and Yugra "Scientific and Analytical Center of Rational Subsurface Management Named after V. I. Shpil'man". Tyumen — Khanty-Mansiysk, 2014. 220 p.
12. Kleshev, K. A., Shein, V. S. Gas and Oil Fields of Russia: Reference guide in 2 vol., Vol. 2 — Asian part of Russia. Moscow.: VNIGRI, 2010. 720 p.
13. Starobinets, I. S. The oil rim // Mining Encyclopedia. Moscow.: Soviet encyclopedia. Ed. E.A. Kozlovsky 1984-1991. Official web-site of the Soviet encyclopedia [Web resource] http://dic.academic.ru/dic.nsf/enc_geolog/3368 (last accessed date 2 June 2014).
14. Zoning Plan of Saturation with Hydrocarbons. FSUE "A. P. Karpinsky Russian Geological Research Institute (VSEGEI)" and FSUE "ZapSibNIIGG" [Web resource]. http://www.vsegei.ru/ru/info/gisatlas/ufo/khanty-mansiysky_ao/, <http://www.vsegei.ru/ru/>

info/gisatlas/ufo/yamalo-nenetsky__ao/, http://www.vsegei.ru/ru/info/gisatlas/ufo/tyumenskaya__obl/, last accessed date 2 October 2014).

15. All Union State standard R 51858-2002. "Oil. Main technical conditions". Moscow: "Gosstandart Rossii", 2012. 23 p.

16. Oil and Inflammable Gas Supply Classification. Order of the Ministry of Natural Resources and Ecology RF № 477 from 10 November 2013.

17. The U.S. Geological Survey (USGS) Bulletin 1450-A "Principles of the Mineral Resource Classification System of the U.S. Bureau of Mines and U.S. Geological Survey", USGS Circular 831 "Principles of a Resource / Reserve Classification for Minerals" (The resource classification and fossil minerals supplies description principles). 1980.

18. Natural Resources of Tyumen region. Tyumen, Governorate Academy of Tyumen Region. Russian Academy of Natural Sciences, Tyumen Division, 2000. 143 p.

19. A Long Way to Oil. Surgut: JSCo "Surgutneftegaz". 2002. 352 p.

20. Sokolov, A. N. Supplies, extraction and consuming of hydrocarbon resources in the world and in Russia // Electronic scientific magazine "Oil and Gas Business". 2011. № 5. Pp. 400-415. <http://www.ogbus.ru>.

21. The Strategy of Economical Development of Tyumen Region till 2020. Russian Scientific Research and Planning Institute of Urbanities. Moscow. 2005. 82 p.

22. Barkov, S. A., Medvedev, N. Ya., Sonich, V. P. et al. Specifics of structure and perspectives of oil extraction from Bazhenov formation // Issues of Geology, Drilling and Oil And Gas and Oil Fields Development in Surgut Region. Moscow: VNIIOENG, 1997. Pp. 26-33.

23. Trofimuk, A. A. 40 Years of Drilling for Development of Siberian Gas and Oil Industry. Novosibirsk: SO RAN, NITs OIGGM, 1997. 369 p.

24. Nesterov, I. I., Ushanskiy, I. N., Malykhin, A. Y. and others. Gas and Oil Composition of Clayrock in West Siberia. Moscow, 1987. 256 p.

25. Kleshev, K. A., Shein, V. S. Gas and Oil Foundation Perspectives of West Siberia. Moscow: VNIGRI, 2004. 214 p.

26. Zapivalov, N. P. Gas and oil potential of Paleozoic foundation of West Siberia (forecasts and reality) // Oil Business. 2004. № 7. Pp. 76-80.

Автор публикации

Александр Юрьевич Солодовников — начальник научно-исследовательского отдела экологии Тюменского отделения «СургутНИПИнефть», г. Тюмень, доцент, доктор географических наук

Author of the publication

Alexander Y. Solodovnikov — Head of Scientific-Research Department of Ecology, Tyumen Division of «SurgutNIPIneft», Dr. Sci. (geogr.), Associate Professor

© Ю. В. ПЕТРОВ

*Тюменский государственный университет
petrov19811201@mail.ru*

УДК 91

**ПРИМЕНЕНИЕ ЭКОНОМИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКИХ ПРИНЦИПОВ
СБАЛАНСИРОВАННОГО ТЕРРИТОРИАЛЬНОГО ОБЩЕСТВЕННОГО
РАЗВИТИЯ В ФОРМИРОВАНИИ МЕСТНОГО НАЛОГООБЛОЖЕНИЯ**

**APPLICATION OF ECONOMIC AND GEOGRAPHICAL PRINCIPLES
OF BALANCED TERRITORIAL SOCIAL DISTRIBUTION
IN THE DEVELOPMENT OF LOCAL TAXATION**

Сгруппированы приоритеты сбалансированного развития территориальной общественной системы в условиях современного налогообложения, сформулированы предложения для достижения на основе инструментария налогового маневрирования целей по стимулированию экономической и социальной составляющих муниципального управления на долгосрочную перспективу. В результате обобщения существующих достижений современной географии приведены модели для апробации налогового администрирования в сложившихся нормативных правовых условиях муниципального построения и межбюджетных взаимоотношений. В рамках моделирования механизмов территориального развития произведено соотнесение границ муниципального деления с понятием «Территориальная общественная система», «Территориальная общность людей», а также выделены ситуации, при которых между данными пространственными единицами возникают структурные несоответствия. Разработанные предложения в области организации местного налогообложения позволяют их использовать на уровне формирования законодательных инициатив, долгосрочного стратегического территориального развития, информационного взаимодействия с предпринимательским сообществом и территориальной общностью людей на основе экономико-географических принципов.

The priorities of the balanced development of the territorial social system in the conditions of today's taxation are put together. The proposals are given as to achieving the goals concerning the stimulation of economic and social components of the municipal administration in the long run, based on the apparatus of law manoeuvring. The generalization of the existing achievements of modern geography provides a model for testing the tax administration in the current regulatory terms of the municipal building and inter-budgetary relations. Within the process of modeling of mechanisms of territorial development, the borders of the municipal division were put into correlation with the concepts of "territorial social system" and "territorial community of people". The situations marked by a certain structural discrepancy between its spatial units are identified. The developed proposals in the field of local taxation allow them to be used on the level of formation of legislative initiatives, long-term strategic territorial

development, and informational interaction with the business community as well as with the territorial community of people on the basis of economic-geographical principles.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА. Территориальная общественная система, земельный налог.

KEY WORDS. Territorial social system, tax on land.

В условиях негативного влияния на экономику геополитических факторов в очередной раз стала актуальной на самом высшем политическом уровне проблема стабильности налоговых условий [1]. Несмотря на то, что российское предпринимательское сообщество и финансовый блок правительства страны не контролируют биржевые цены на нефть и курс зарубежной валюты, именно эти факторы закладываются в качестве основополагающих критериев. В результате, когда в силу субъективных факторов (политики Федеральной резервной системы США, смерти монарха на Ближнем Востоке) конъюнктура меняется, то и все налоговые фискальные цели становятся атавизмами. Очевидно, что данная конструкция поведения, как минимум, требует алгоритмизации действий, как максимум — полного пересмотра, прежде всего, в отношении локальных решений.

Современная география, «способная не расчленять на части то, что природа соединила» [2, с. 283], позволяет конкретизировать инвестиционный потенциал и материализовать страхование инвестиционных рисков. Научные достижения в области оптимизации организации пространства [3], выражающиеся в моделях территориально-производственных комплексов [4], территориальных общественных систем [5] подтвердили свою эффективность в советском планировании и в экономике ФРГ, Норвегии. В основе конструкций закладываются следующие черты: ориентация на удовлетворение человеческих потребностей А. Маслоу [6], длительный горизонт планирования, единые правила организации пространства, а основополагающим критерием становится принцип «Если территория работает хорошо, то и проживающие на ней люди должны жить хорошо» [7]!

Цель работы: разработка предложений по оптимизации налогообложения на основе применения методов экономико-географического проектирования пространства. Объектом исследования, для исключения абстрактности расчетов, определили муниципалитет Тюменской области на предмет алгоритмизации налогового поведения. Для достижения заявленной цели необходимо последовательное решение следующих задач:

1) выбор географических конструкций, позволяющих выделять приоритеты сбалансированного развития на долгосрочную перспективу;

2) разработка предложений по налоговому маневрированию в границах муниципалитета.

Методы исследования: сравнительный анализ, геоинформационный; на основе холистической методологии исследования. Источники: информационные банки данных, нормативная документация, статсборники.

Приоритеты сбалансированного социально-экономического развития территориальной общественной системы.

Одним из объектов исследования комплекса социально-экономических явлений в современной географии выступает территориальная общественная система (ТОС), которую можно рассматривать как административно-территориальное

образование, обладающее общими свойствами экономических, социальных и психологических взаимоотношений [5], под ТОС можно рассматривать муниципальное образование (сельское и городское поселение, муниципальный район, городской округ).

При этом границы ТОС и муниципалитета могут не совпадать по причине наличия культурных диспропорций, что приводит к возникновению нескольких территориальных общностей людей (ТОЛ) в условиях единого правового пространства. Примеры таких отклонений могут угрожать единству построения муниципалитета в случае превалирования культурных ценностей над законодательными нормами, с одной стороны, отсутствия соответствующего нормирования либо игнорирования культурных ценностей автохтонного населения в правовом поле, с другой. Пример первой ситуации — формирование территориальных общностей эмигрантов в пригородных зонах Франции; второй — игнорирование культурных ценностей населения Донбасса. На территории Тюменской области — институт существования территорий традиционного природопользования коренных малочисленных народов Севера (ТТП КМНС) [8]. В этом случае проявляется отсутствие географически закрепленных норм существования данных образований, что приводит к дестабилизации взаимоотношений (механизмы формируются на основе согласительных договоренностей между заинтересованными сторонами, прежде всего, между представителями КМНС и недропользователями).

В целом, если рассматривать муниципальные образования юга Тюменской области, то расхождений границ ТОС с контурами муниципалитетов, аналогичных описанным выше примерам, нет. При этом ТОЛ региона характеризуется полиэтничностью, поликонфессиональностью, что при всеобщем соблюдении требований законодательства выступает одним из инвестиционных преимуществ [9].

Выделим приоритеты для сбалансированного развития ТОС муниципалитета Тюменской области в политике регулирования налогообложения. В этом случае приоритетное предназначение местных налогов — задание ориентиров на создание наиболее благоприятных условий для ТОЛ, а не фискальная функция. Приоритеты соотнесем с группами потребностей человека [5] с учетом особенностей построения ТОС:

- физиологические — обеспечение населения в продовольствии и жилье;
- уверенность в завтрашнем дне — страхование предпринимательской деятельности, муниципальные гарантии;
- социальные потребности — социальная защита;
- потребности в уважении — диверсификация видов самодеятельности.

Итогом планомерного достижения целей приоритетного развития является формирование совокупности условий, которые позволяют внутри ТОС установить взаимовыгодное сочетание целей социальных, в том числе и экологических — ТОЛ, финансово-экономических — предпринимательского сообщества. Конечным эффективным результатом выступает инвестиционная привлекательность ТОС, которая формируется на основе экономически обоснованного использования инвестиционного потенциала, страхования рисков при текущем инвестиционном климате [10].

Применение экономико-географических методов в местном налогообложении для достижения приоритетов ТОС.

В действующем отечественном нормативном правовом поле к местным налогам отнесены земельный и налог на имущество физических лиц, торговый сбор [11]. Рассмотрим принципы сбалансированной организации налогообложения по земельному налогу из приоритетов сбалансированного развития ТОС. Текущая ставка, пороговые значения которой задаются федеральным законодательством, соотносятся с кадастровой оценкой [11]. В результате, налогообложение определяется результатами расчетов, которые задаются на определенную отчетную дату, и устаревают с момента своего издания. При этом учет изменяющихся экономико-географических условий, вызванных текущими геополитическими и финансово-экономическими изменениями, а также уровнем научно-технического прогресса. И если рассматривать фискальную функцию, то, по данным Федеральной налоговой службы РФ [12], ни один муниципалитет области не обеспечивает свои социальные затраты.

С другой стороны, по данному виду налогов федеральный, региональный и местный законодатель ввели наибольшее количество льгот. И, прежде всего, в части налогообложения земельных участков пенсионеров. В результате, большая часть дачного земледелия выпадает из налогооблагаемой базы пригородного муниципалитета. Дополнительно к этому добавим, что в стране так и не завершился процесс «дачной амнистии» [13]. И все это на фоне сложной системы налогового администрирования.

На наш взгляд, предложения в данной сфере могут быть представлены по следующим направлениям:

- введение всеобщего налогообложения по данному виду налогов всех земельных участков в границах муниципалитета, вне зависимости от социального статуса собственника, за исключением муниципальных землевладельцев в пропорциональном долевым соотношении;
- формирование фиксированной стоимости для налогообложения кв. метра площади земельного участка на всей территории в размере 1 рубля;
- формирование муниципального продовольственного фонда, позволяющего обеспечить потребности ТОЛ в питании, пропорционально калорийным нормам потребления, формируемого на основе сбора натуральной продукции в виде налога, взимаемого с землевладельца;
- экономико-географический расчет земельного фонда муниципалитета в разрезе видов назначения, позволяющий на среднесрочную перспективу задавать пропорциональную структуру землепользования;
- распределение всей площади фонда земельных ресурсов между собственниками, в том числе и муниципалитетом с возможностью натурального налогообложения, ниже фиксированной ставки при использовании земельного участка в значительных объемах;
- наделение муниципального парламента законодательной инициативой многократного увеличения налоговой ставки для определенных площадей.

Итогом внедрения данных принципов можно рассматривать следующие ожидаемые результаты.

В области фискальной функции налога: увеличение налоговых сборов за счет включения в круг налогоплательщиков всех землевладельцев. Натуральный сбор с налогоплательщиков на основе договорных отношений с землевладельцами участков под сельскохозяйственное назначение позволяет администрировать

продовольственную безопасность на уровне текущих потребностей. При этом поступающая сельскохозяйственная продукция может быть использована для снижения розничных цен в случае необоснованного роста цен на продовольствие, что актуально в условиях финансово-экономической нестабильности.

В области социального регулирования. Перераспределение налогового бремени на всех землевладельцев, в том числе и организация системы межбюджетного взаимодействия на уровне предоставления земельных участков на возмездной основе. Региональный и федеральный бюджетные системы обеспечивают вливание в местные бюджеты пропорционально предоставленным земельным участкам, в том числе и путем передачи объектов из муниципальной собственности в региональный и федеральный фонд. С последующей обратной передачей, в случае необходимости. При этом в случае невозможности собственником производить оплату налогов и сборов с ним возможно заключение договорных отношений с последующей передачей собственности в пользу муниципалитета.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Послание Президента Российской Федерации Федеральному Собранию Российской Федерации от 4 декабря 2014 г. // Российская газета. № 6550.
2. Джеймс П., Мартин Дж. Все возможные миры. История географических идей. М.: Прогресс, 1988. 672 с.
3. Алаев Э. Б. Социально-экономическая география. Понятийно-терминологический словарь. М.: Мысль, 1983. 350 с.
4. Колосовский Н. Н. Теория экономического районирования. М.: Мысль, 1968. 154 с.
5. Шарыгин М. Д. Основные проблемы экономической и социальной географии. Пермь: Изд-во ПГУ, 1997. 272 с.
6. Мескон М. Х., Альберт М., Хедоури Ф. Основы менеджмента. М.: Дело, 1992. 702 с.
7. Шарыгин М. Д. Региональная организация общества. Пермь: Изд-во Пермского университета, 1992. 204 с.
8. Закон Ханты-Мансийского автономного округа-Югры от 28 декабря 2006 г. № 145-оз «О территориях традиционного природопользования коренных малочисленных народов Севера регионального значения в Ханты-Мансийском автономном округе-Югре».
9. Петров Ю. В. Экономико-географическая оценка инвестиционной привлекательности территории Юга Тюменской области: дис. ... канд. геогр. наук. Пермь, 2010. 243 с.
10. Бабурин В. Л., Горячко М. Д. География инвестиционного комплекса. М.: Изд-во МГУ, 2009. 216 с.
11. Налоговый кодекс Российской Федерации от 31 июля 1998 г. № 146-ФЗ (в ред. Федерального закона от 21.07.2014 № 219-ФЗ).
12. Официальный сайт Федеральной налоговой службы Российской Федерации <http://nalog.ru> (Дата последнего посещения 25.02.2015).
13. Федеральный закон Российской Федерации от 30 июня 2006 г. № 93-ФЗ «О внесении изменений в некоторые законодательные акты Российской Федерации по вопросу оформления в упрощенном порядке прав граждан на отдельные объекты недвижимого имущества».

REFERENCES

1. Message from the President of the Russian Federation to the Federal Assembly of the Russian Federation dated December 4, 2014 // Rossiiskaia gazeta [The Russian Newspaper]. № 6550.
2. James, P., Martin, J. All Possible Worlds. The History of Geographical Ideas. Moscow: Progress, 1988. 672 p.
3. AlaeV, E. B. Socio-Economic Geography. The terminological dictionary. Moscow: Misl', 1983. 350 p.
4. Kolosovsky, N. N. The Economic Theory of Zoning. Moscow: Misl', 1968. 154 p.
5. Sharygin, M. D. Basic Problems of Economic and Social Geography. Perm: PGU Publ., 1997. 272 p.
6. Meskon, M. H., Albert, M., Chidori, F. Fundamentals of Management. Moscow: Delo, 1992. 702 p.
7. Sharygin, M. D. Regional Organization of the Society. Perm: PGU Publ., 1992. 204 p.
8. The law of Khanty-Mansiysk Autonomous Okrug and Yugra from December 28, 2006, № 145-oz "On the North Territories of Regional Significance Traditionally Used by Indigenous Minorities in Khanty-Mansiysk Autonomous Okrug and Yugra".
9. Petrov, Y. C. Economic-Geographical Assessment of Investment Attractiveness of the Area to the South of Tyumen Region. Perm: TyumGU Publ., 2010. 243 p.
10. Baburin, C. L., Harachka, M. D. Geography of the Investment Complex. Moscow: MGU Publ., 2009. 216 p.
11. Tax Code of the Russian Federation of 31 July 1998 № 146-FZ (as amended by Federal law of 21 July 2014 № 219-FZ).
12. Official website of the Federal Tax Service of the Russian Federation <http://nalog.ru>. Last accessed date 25 February 2015.
13. Federal law of the Russian Federation dated June 30, 2006, № 93-FZ "On amendments to some legislative acts of the Russian Federation on the issue of simplified registration of the rights of citizens to private immovable property".

Автор публикации

Юрий Владимирович Петров — старший преподаватель кафедры социально-экономической географии и природопользования Тюменского государственного университета, кандидат географических наук

Author of the publication

Yuri V. Petrov — Cand. Geogr. Sci., Senior Lecturer, Department of Social and Economic Geography and Environmental Management, Tyumen State University

© З. М. ШАЯХМЕТОВА

Пермский государственный гуманитарно-педагогический университет

УДК 582.282.13

**ПОДДЕРЖАНИЕ ЧИСЛЕННОСТИ И СОЗДАНИЕ ИСКУССТВЕННЫХ
ПОПУЛЯЦИЙ ОХРАНЯЕМЫХ ВИДОВ ЛИШАЙНИКОВ
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДА ТРАНСПЛАНТАЦИИ**

**MAINTAINING THE NUMBER AND CREATION OF ARTIFICIAL
POPULATIONS OF PROTECTED SPECIES OF LICHENS USING THE
METHOD OF TRANSPLANTATION**

Представлены результаты трансплантации пяти охраняемых на территории Пермского края эпифитных лишайников, имеющих различный статус охраны: *Lobaria pulmonaria* (L.) Hoffm., *Flavoparmelia caperata* (L.) Hale, *Heterodermia speciosa* (Wulfen) Trevis., *Flavopunctelia soledica* (Nyl.) Hale, *Cetrelia cetrarioides* (Delise & Duby) W. L. Culb. & C. F. Culb. Трансплантация проводилась в Кисертском районе Пермского края в окр. деревень Гусельниково, Киселево, где были выбраны участки биотопов с наиболее подходящими условиями. В обоих биотопах лишайники крепились при помощи скоб степлером. Деревья для трансплантации выбирались предпочтительно с наклонными стволами. За шестилетний период исследований приживаемость составила 85,3%. Отмечен повреждающий характер скоб, которыми крепились слоевища к субстрату. В месте прикрепления наблюдался локальный некроз тканей, не распространяющийся на весь таллом. *Lobaria pulmonaria*, *Heterodermia speciosa* и *Cetrelia cetrarioides* образовали из соредий маленькие слоевища размерами не более 0,5 см². Это говорит об удовлетворительном состоянии прикрепленных слоевищ и возможности утверждать об образовании новых популяций охраняемых лишайников на территории Пермского края.

The results of transplantation of five epiphytic lichens protected in the Perm region and having different status of protection: *Lobaria pulmonaria* (L.) Hoffm., *Flavoparmelia caperata* (L.) Hale, *Heterodermia speciosa* (Wulfen) Trevis., *Flavopunctelia soledica* (Nyl.) Hale, *Cetrelia cetrarioides* (Delise & Duby) W. L. Culb. & C. F. Culb. The transplantation was performed in Kishertsy District of Perm region in the vicinity of villages Gusel'nikovo and Kiselevo, where the habitat plots with the most suitable conditions were selected. In both habitats the lichens were fastened with staples. Trees for transplantation were preferably selected with the inclined shaft. Over a six-year study period there was 85.3% survival rate. The damaging nature brackets that attach the thallus to the substrate was observed. At the place of attachment there was local tissue necrosis observed, which did not apply to all thallus. *Lobaria pulmonaria*, *Heterodermia speciosa* and *Cetrelia cetrarioides* formed from soredia small thalli less than 0.5 cm².

It speaks of the satisfactory condition of the attached thalli and the opportunities of creating new populations of protected lichens in Perm region.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА. Редкие лишайники, Красная книга, трансплантация, Пермский край.

KEY WORDS. Rare lichens, Red Book, transplantation, Perm region.

Введение. Одной из мер охраны редких видов сосудистых растений является перенос зачатков растений в культуру и последующее выращивание в ботанических садах, а также выращивание в ботанических садах в искусственных фитоценозах, но близких к естественным, с сохранением всего набора видов [1]. Для лишайников наиболее эффективными мерами охраны являются сохранение естественных местообитаний редких видов, а также искусственное расселение талломов из естественных мест обитания в биотопы с близкими эколого-ценотическими условиями с целью увеличения области распространения и численности вида. В частности такие опыты были проведены для редких видов рода *Lobaria*, *Pseudevernia furfuracea* [2-5]. Также этот метод применяют в лишеноиндикации для мониторинга качества воздуха [6].

Целью нашего исследования было оценить возможность использования метода трансплантации для поддержания численности и создания искусственных популяций охраняемых на территории Пермского края видов лишайников.

Материалы и методы исследования. Объектами для трансплантации послужили 5 видов лишайников, охраняемых на территории Пермского края. В 2007-2008 гг. часть слоевищ отбирались из природной среды для последующей трансплантации их в другие местообитания. Для этого в Кишертском районе Пермского края в окр. деревень Гусельниково, Киселево были выбраны участки биотопов с наиболее подходящими условиями. Лишайники отбирались двумя способами: крупные слоевища *Lobaria pulmonaria*, *Flavoparmelia caperata*, *Heterodermia speciosa*, *Cetrelia cetrarioides* брались без корки, мелкие слоевища *Flavopunctelia soledica* — вместе с хорошо отделяющейся от ствола коркой сосны. В обоих случаях лишайники крепились к стволам при помощи скоб степлером. Стволы для трансплантации выбирались предпочтительно наклонные с оптимальными условиями влажности. В окрестностях деревни Гусельниково часть талломов были высажены на стволы березы и липы на высоту 0,7-1,5 м в разреженный смешанный лес с сосной, березой, липой и елью в древостое, на вершине склона коренного берега р. Сылвы; слоевища *Flavopunctelia soledica* — в сосняке зеленомошном в нижней части склона на стволы сосен на высоте 1,5-1,8 м. В деревне Киселево на ствол березы на высоте 2-2,3 м среди зарослей черемухи. Большинство лишайников были закреплены в августе 2008 г. и только слоевища *Flavopunctelia soledica* — в 2007 г. Из-за редкости и низкой численности видов для трансплантации бралось ограниченное число талломов.

Результаты и их обсуждение. Для трансплантации были взяты талломы пяти охраняемых на территории Пермского края эпифитных лишайников, имеющих различный статус охраны — *Lobaria pulmonaria* (L.) Hoffm., *Flavoparmelia caperata* (L.) Hale, *Heterodermia speciosa* (Wulfen) Trevis., *Flavopunctelia soledica* (Nyl.) Hale, *Cetrelia cetrarioides* (Delise & Duby) W. L. Culb. & C. F. Culb. Целесообразность осуществления трансплантации обусловлена редкостью вышеперечисленных видов.

Lobaria pulmonaria в Красной книге Российской Федерации [7] имеет категорию 2б — вид, находящийся в опасном состоянии вследствие сокращения численности и площади обитания. В процессе мониторинга выявлено 78 местообитаний, большинство из которых (64,1%) сосредоточено в северных районах Пермского края. Самой высокой численностью характеризуются популяции, расположенные в заповеднике «Вишерский» в верхней части горно-лесного пояса. В центральных и южных районах края в настоящее время это очень редкий вид, в обследованных биотопах немногочисленные талломы лобарии обнаружены на единичных деревьях березы, липы и вяза. В литературе имеются указания на широкое распространение лобарии легочной в окрестностях г. Перми в конце XIX и начале XX столетий [8; 9]. При обследовании типичных для обитания вида биотопов в Пермском, Чусовском, Частинском, Чайковском, Осинском районах вид не был обнаружен, что свидетельствует о сокращении области обитания и численности.

Flavoparmelia caperata в Красной книге Пермского края [10] имеет I категорию — вид, находящийся в критическом состоянии. В Пермском крае выявлен в Октябрьском, Бардымском и Кишертском районах. Все три местонахождения приурочены к разреженным светлохвойно-мелколиственным травяным лесам и характеризуются очень низкой численностью охраняемого вида: в каждом биотопе на обследованной площади от 5000 до 20 000 м² немногочисленные талломы лишайника обнаружены на стволе только одного дерева. При столь низкой частоте встречаемости существует реальная угроза исчезновения вида из биотопа вследствие случайной гибели заселяемого лишайником форофита, что было зафиксировано в процессе обследования выявленных местообитаний. В Октябрьском и Кишертском районах вид в последние годы в указанных биотопах не был обнаружен, а в Бардымском — из 32 учтенных первоначально талломов остался только один. Таким образом, следует констатировать снижение численности, достигшей крайне низкого, критического уровня.

Heterodermia speciosa в Красной книге Пермского края имеет III категорию — редкий вид с локальным распространением на территории края: обнаружен в Красновишерском, Гайнском, Косинском, Юрлинском, Октябрьском, Кишертском районах. Наиболее крупной и многочисленной является популяция, расположенная на южной оконечности хребта Курыксар в Красновишерском районе. Популяция располагается в ельнике крупнопоротниковом со значительной примесью в древостое старовозрастных высокоствольных рябин, нижняя часть стволов которых обильно заселена лишайниками. В местообитаниях, приуроченных к равнинным средне- и южнотаетным лесам, численность лишайника очень низкая — от 1 до 12 талломов на единичных деревьях в биотопе.

Flavopunctelia soledica — в Пермском крае внесен в список видов, состояние которых в природной среде требует особого внимания (Приложение к Красной книге); выявлен в Октябрьском, Кишертском и Ильинском районах. Из шести местообитаний четыре расположены в Кишертском районе. Во всех биотопах лишайник заселяет ограниченное количество деревьев (от 1 до 15), при этом количество талломов на заселяемых форофитах варьирует в значительных пределах (от двух до нескольких сотен). Самая крупная популяция обнаружена в Кишертском районе в сосняке травяном, расположенном у подножия склона коренного берега р. Лек напротив д. Скворцово. На стволах девяти деревьев

сосны учтено 474 слоевища (в среднем 83,2 на 1 дерево) с диаметром слоевищ от 0,5 до 13 см.

Cetrelia cetrarioides в Пермском крае внесена в список видов, состояние которых в природной среде требует особого внимания (Приложение к Красной книге); известно 15 местонахождений, из которых большинство сосредоточено на северо-востоке края в Красновишерском и Горнозаводском районах, единичные находки обнаружены в Гайнском, Юрлинском и Октябрьском районах. Большинство известных популяций характеризуется низкой численностью (см. табл.).

Таблица

Итоги трансплантации талломов редких видов лишайников

Объекты трансплантации	Место трансплантации	Форофит	Количество талломов		
			Исходное	2009	2014
<i>Lobaria pulmonaria</i>	Киселево	Береза	2	2	3
<i>Lobaria pulmonaria</i>	Гусельниково	Береза	2	1	4
<i>Flavoparmelia caperata</i>	Киселево	Береза	5	5	3
<i>Cetrelia cetrarioides</i>	Киселево	Береза	2	2	0
<i>Cetrelia cetrarioides</i>	Гусельниково	Береза	3	3	6
<i>Heterodermia speciosa</i>	Гусельниково	Липа	1	1	2
<i>Flavopunctelia soledica</i>	Гусельниково	Сосна	19	19	19
Всего			34	33	37

В 2007-2008 гг. было высажено 34 слоевища редких лишайников. При обследовании в 2009 г. только одно слоевище *Lobaria pulmonaria* погибло, остальные слоевища оставались живыми, при смачивании приобретали более яркую окраску, но при этом они еще не образовали органы прикрепления на новом субстрате. Образование ризин и прикрепление к субстрату происходило через 2-3 года (в 2011 г.). В 2014 г. погибли по два слоевища *Flavoparmelia caperata* и *Cetrelia cetrarioides*. Таким образом, за шестилетний период наблюдений приживаемость составила 85,3%. Несмотря на хорошую приживаемость, отмечен повреждающий характер скоб, если слоевища крепились без твердого субстрата. В месте прикрепления скоб наблюдался локальный некроз тканей, не распространяющийся на весь таллом. У части слоевищ (*Lobaria pulmonaria* и *Cetrelia cetrarioides*) при этом наблюдалось разделение на 2-3 соответственно более мелких, а у *Heterodermia speciosa* — выпадение отмершего участка размером 0,2 см². С другой стороны, прикрепление таким способом приводит к более быстрому прирастанию слоевища к субстрату, несмотря на его повреждения. Прикрепление к стволу слоевищ с участком коры из-за очень низкого ежегодного прироста не гарантирует быстрого перехода на постоянный субстрат: семь слоевищ *Flavopunctelia soledica*, прикрепленные к стволу без корки сосны, образовали ризины на постоянном субстрате, а прикрепленные вместе с коркой так и продолжают находиться на старом субстрате. Три из пяти видов в 2014 г. образовали из соредий слоевища размерами не более 0,5 см²: *Heterodermia speciosa* — 1 таллом, *Lobaria pulmonaria* — 3 и *Cetrelia cetrarioides* — 4. Это говорит об удовлетворительном состоянии прикрепленных

слоевищ и возможности утверждать об образовании новых популяций редких лишайников на территории Пермского края.

Таким образом, полученные многолетние данные показывают, что метод трансплантации можно эффективно использовать для увеличения количества местообитаний и численности редких видов лишайников.

Автор выражает огромную благодарность Е. М. Шкараба за ценные замечания в работе; А. Е. Селиванову и С. А. Шуракову за организацию экспедиций, без которых невозможен был сбор материалов; А. В. Сысолятину за помощь в проведении ежегодных наблюдений за пересаженными слоевищами.

Работа выполнена при поддержке программы стратегического развития Пермского государственного гуманитарно-педагогического университета (грант ПСР НИР Ф-025).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Баранова О. Г. Охрана фиторазнообразия в Удмуртской Республике: история создания Красной книги, современное состояние и задачи // Проблемы Красных книг регионов России: Материалы межрегион. науч.-практ. конф. Пермь, 2006. С. 125-128.
2. Gilbert O. L. A successful transplant operation involving *Lobaria amplissima* // *Lichenologist*, 1991. Vol. 23. № 1. P. 73-76.
3. Scheidegger C. Early development of transplanted isidioid soredia of *Lobaria pulmonaria* in an endangered population // *Lichenologist*. 1995. Vol. 27. № 5. P. 361-374.
4. Истомина Н. Б. Использование метода трансплантации для восстановления численности лишайника *Lobaria pulmonaria* (L.) Hoffm. (Stictaceae) в Европейской части России // Флора лишайников России: состояние и перспективы исследований: труды международного совещания, посвященного 120-летию со дня рождения В. П. Савича. СПб., 2006. С. 112-116.
5. Теплых А. А. Рост и биомасса слоевищ эпифитного лишайника *Pseudevernia furfuracea* (L.) Zopf // Материалы международного совещания «Лишайники бореальных лесов» и Четвертой российской лихенологической школы. Сыктывкар, 2008. С. 197-204.
6. Бязров Л. Г. Лишайники в экологическом мониторинге. М.: Научный мир, 2002. 336 с.
7. Красная книга Российской Федерации (растения и грибы). М., 2008. 855 с.
8. Крылов П. Н. Материалы к флоре Пермской губернии. Вып. III // Тр. общ-ва естествоиспытателей при Императорском Казанском Университете. Т. VI. Вып. 5. Казань: Изд-во Казанского ун-та, 1882. С. 1-41.
9. Окснер А. М. Материалы для лихенофлоры Урала та прилегающих областей // Бот. журн. АН УССР. 1945. Т. 2. № 3-4. С. 217-247.
10. Красная книга Пермского края / науч. ред. А. И. Шепель. Пермь: Книжный мир, 2008. 256 с.

REFERENCES

1. Baranova, O. G. Protection of vegetative variation in Udmurt Republic: the History of writing the Red Book, modern state and tasks // Problemy Krasnykh knig regionov Rossii [The Problems of Red Books in the Regions of Russia]: Proceedings of the international scientific and practical conference. Perm', 2006. Pp. 125-128.
2. Gilbert, O. L. A successful transplant operation involving *Lobaria amplissima* // *Lichenologist*, 1991. Vol. 23. № 1. Pp. 73-76.
3. Scheidegger, P. Early development of transplanted isidioid soredia of *Lobaria pulmonaria* in an endangered population // *Lichenologist*, 1995. Vol. 27. № 5. Pp. 361-374.

4. Istomina, N. B. The use of the transplantation method to regenerate the population of the lichen *Lobaria pulmonaria* (L.) Hoffm. (Stictaceae) in the European part of Russia // *Flora li-shainikov Rossii: sostoianie i perspektivy issledovaniy* [Flora of Lichen in Russia: State and Research Perspectives]: Proceedings of the international meeting devoted to the 120th anniversary of V. P. Savich's birth. Saint-Petersburg, 2006. Pp. 112-116.
5. Teplykh, A. A. Growth and biomass of blastema of epigenious lichen *Pseudevernia furfuracea* (L.) Zopf // Proceedings of the international meeting «Lishainiki boreal'nykh lesov» [Lichen of Boreal Forest] and the 4th Russian Lichen Research School. Syktyvkar, 2008. Pp. 197-204.
6. Biazrov, L. G. Lichen in the Ecological Monitoring. Moscow: Nauchnyi mir, 2002. 336 p.
7. The Red Book of the Russian Federation (plants and fungi). Moscow, 2008. 855 p.
8. Krylov, P. N. Materials to the flora of Perm Governorate. Issue III. // Proceedings of the Natural Philosophers' Society of the Emperor's Kazan' University. Kazan: Kazanskii universitet Publ., 1882. Vol. VI. Issue 5. Pp. 1-41.
9. Oksner, A. M. Materials on the lichen flora of Ural and nearby regions // *Botanicheskiy zhurnal AN USSR* [The Botanical Journal of the Academy of Sciences of Ukrainian Soviet Socialist Republic]. 1945. Vol. 2. № 3-4. Pp. 217-247.
10. The Red Book of Perm Krai / scientif. ed. A. I. Shepel'. Perm: «Knizhnyi mir» Publ., 2008. 256 p.

Автор публикации

Шаяхметова Зоя Модарисовна — старший преподаватель кафедры ботаники естественно-научного факультета Пермского государственного гуманитарно-педагогического университета (г. Пермь), кандидат биологических наук

Author of the publication

Zoya M. Shayakhmetova — Cand. Sci. (biol.), Senior Lecturer, Perm State Humanitarian Pedagogical University, Institute of Natural Sciences, Department of Botany (Perm)

© Н. С. ЛАРИНА¹, В. Л. ГУСЕЛЬНИКОВ², А. А. УСТИМЕНКО³

^{1,3}Тюменский государственный университет, ²ООО «ПурЭкоКом»
nslarina@yandex.ru

**КОМПЛЕКСНЫЙ ГЕОХИМИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ
ОЗЕРА ЦИМЛЯНСКОЕ (г. ТЮМЕНЬ)
COMPREHENSIVE GEOCHEMICAL MONITORING
OF LAKE TSIMLYANSKOE (TYUMEN)**

УДК 543.3

В работе представлена динамика развития одного из городских водоемов в г. Тюмень с использованием комплекса методов и объектов анализа. Приведены результаты мониторинга состояния воды озера за последние 10 лет, а также характер распределения ряда показателей (рН, электропроводность, потери при прокаливании) и некоторых металлов по глубине в донных отложениях озера. Послойный анализ тяжелых металлов в разрезе донных отложений показал увеличение содержания металлов в кислотной вытяжке ДО в поверхностном слое (0-5 см), что говорит об усилении антропогенной нагрузки на озеро, значительном поступлении металлов. Доля легкодоступных форм кадмия, марганца, цинка и свинца значительна, т. е. при изменении условий окружающей среды может произойти вторичное загрязнение водной толщи в результате мобилизации данных элементов. Загрязнение оз. Цимлянское в г. Тюмень возрастает и носит как природный, так и антропогенный характер.

The article presents dynamics in development of one of city reservoirs in Tyumen with the help of a complex of methods and objects of analysis. Results of the time-lapse survey revealing the state of water in the lake over the last 10 years are given in this study, as well as the distribution of a number of indices (pH, an electrical conductivity, losses of ignition) and some metals by depth in the sediments of the lake. The layer-by-layer analysis of heavy metals in sediments showed an increase of the content of metals in the acid extract of sediments in the surface layer (0-5th) that indicates intensification of anthropogenous load on the lake and considerable metal entry. The percentage of easily available forms of cadmium, manganese, zinc and lead is substantial, i.e. changes in environmental conditions may cause secondary pollution of the water layer as a result of mobilization of these elements. Pollution of Tsimlyanskoe lake in Tyumen increases and has both natural and anthropogenic nature.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА. Озера, урбанизированные территории, мониторинг загрязнений, комплексный подход.

KEY WORDS. Lakes, urban territory, pollution, time-lapse survey, integrated approach.

Введение. Одной из наиболее актуальных глобальных и региональных экологических проблем является проблема антропогенного загрязнения водного бассейна, которое наносит огромный ущерб как природе, так и экономике [1; 2]. Загрязненные водоемы являются причиной необратимых изменений биогеоценозов [3]. Они становятся непригодными для питья, орошения, водоснабжения промышленности, коммунального хозяйства, нередко являются источниками инфекционных заболеваний человека и животных [4; 5]. Особой нагрузке подвержены водные объекты, расположенные на урбанизированной территории [6-8]. Наибольшую опасность с точки зрения качества воды всегда представляли тяжелые металлы и их соединения, характеризующиеся высокой токсичностью [9-11]. Эти вещества, накапливаясь в донных отложениях водоемов, могут при определенных условиях переходить обратно в водную массу. Массообмен тяжелых металлов в системе «вода — донные отложения» во многом зависит от форм их существования в донных отложениях [12-16]. Таким образом, исследование миграции тяжелых металлов и получение количественных оценок интенсивности их массообмена в этой системе является весьма актуальной задачей [17-19].

На территории г. Тюмень и рекреационных окрестностях расположено значительное количество водных объектов (более 20), которые активно используются населением в различных целях, поэтому комплексная оценка их состояния представляет несомненный интерес как с методологических позиций геохимических исследований (формирование состава вод, источники загрязнения, процессы самоочищения и др.), так и с безопасностью их использования в рекреационных целях.

В последнее время все чаще при мониторинге водных объектов не ограничиваются анализом воды и поверхностных донных отложений, а используют послыйный анализ колонки донных отложений. Такой подход в мониторинге позволяет не только оценить состояние водного объекта в исследуемый период, но и проследить динамику развития озера, охарактеризовать интенсивность антропогенной нагрузки [20]. Для установления источников поступления загрязняющих веществ необходимо проведение анализа осадков, а также почв водосборной площади. Получаемые в результате такого комплексного подхода результаты позволят дать исчерпывающую оценку состояния озера в настоящее время и в прошлом и при необходимости разработать меры для восстановления водных объектов урбанизированных территорий.

Объекты и методы. Озеро Цимлянское расположено в западной части г. Тюмень, севернее пансионата им. Оловянникова, имеет У-образную форму. Длина основной части — 900 м, ширина изменяется от 40 до 100 м. Рядом с озером располагается база отдыха и сельскохозяйственные поля. Озеро окружено березовыми парковыми лесами. Травяно-кустарничковый ярус нарушен, представлен луговыми травами с участием сорных видов (подорожника, горца птичьего, бодяка, осота, щавеля конского). Вода мутная, имеет бурый цвет, даже в прибрежной зоне не прозрачна.

Наблюдения за гидрохимическим состоянием озера были начаты в 2004 г. Отбор проб воды проводился в 5 точках, расположенных в различных частях озера. В 2012 г. был проведен комплексный отбор проб — воды, 2 колонок донных отложений, почв (рис. 1). Отбор проб всех компонентов ландшафта

производился в соответствии с нормативными документами и общепринятыми методиками [21].

Колонки донных отложений отбирались буром Эйделя и делились на слои с шагом 1 см. Пробы высушивались при комнатной температуре до воздушно-сухого состояния и измельчались.



Рис. 1. Местоположение оз. Цимлянское и места отбора проб воды, донных отложений и почв в 2012 г.

Ионный состав и биогенные элементы в воде, снеге и водной вытяжке (1:5) определялись методом ионной хроматографии (Dionex); pH и гидрокарбонат-ионы — потенциометрическим методом; электропроводность — кондуктометрически; фосфаты — фотометрически. Тяжелые металлы определяли методом атомно-абсорбционной спектроскопии: в воде и снеге — с термической атомизацией («Спираль-17»), в донных отложениях и почве — с пламенной атомизацией пробы (ContrAA-700).

Результаты эксперимента и обсуждение

pH. В период наблюдений pH поверхностной воды оз. Цимлянское (рис. 2а) изменялось в широких пределах: от 8,2 в 2006 г. до 6,0 в 2011 г., т. е. в течение этих 5 лет происходило довольно интенсивное закисление водоема. В 2012 г. pH воды близко к нейтральному, но заметно отличается по станциям: на ст. 1 — $7,5 \pm 0,3$, на ст. 2 — $6,8 \pm 0,2$. pH водной вытяжки почв на уровне этих станций одинаково (pH = 7,3). Среднее значение pH в донных отложениях ст. 1 составляет $7,5 \pm 0,1$, ст. 2 — $7,4 \pm 0,3$.

Распределение pH в колонках донных отложений неравномерное. На ст. 1 pH меняется в пределах единицы (от 7,04 до 8,20), в этой же области находится и pH воды, отобранной в 2012 г. Отмечается два максимума pH на глубинах 21 и 17 см, в верхних 6 см наблюдается устойчивое смещение pH в слабощелочную область. В нижнем слое (23–30 см) наблюдается равномерное распределение и среднее значение pH (7,5) соответствует среднему значению для этой колонки и pH почв в данной части озера.

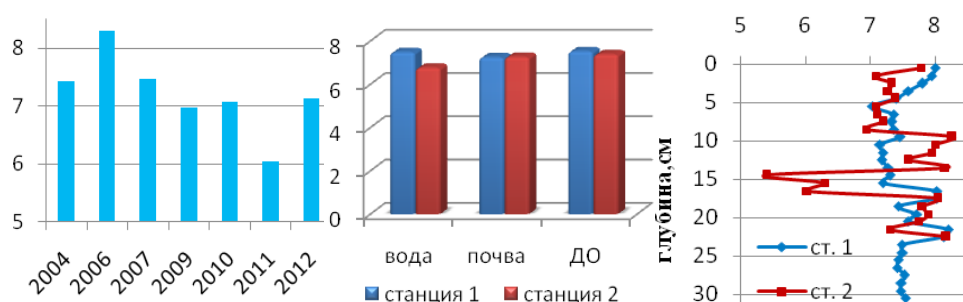


Рис. 2. Значения pH в пробах воды 2004-2012 гг. (а), воды, почв и ДО в 2012 г. (б) и распределение pH по колонкам донных отложений (в) в оз. Цимлянское

На ст. 2 изменение pH по разрезу более существенно (от 5,4 до 8,2). В нижней части колонки pH водной вытяжки имеют слабощелочную среду (около 8), в интервале 14-16 см происходит резкое смещение pH в кислотную область до pH = 5,4. Затем период резкого закисления сменяется столь же резким смещением pH в слабощелочную область (гл. 9-14 см). pH в верхней части колонки (1-8 см) изменяется незначительно ($pH = 7,5 \pm 0,2$), в поверхностном слое pH увеличивается до значения 7,8, что значительно выше pH поверхностной воды на этой станции.

Электропроводность (W). В 2011-12 гг. наблюдается тенденция к снижению степени минерализации воды в оз. Цимлянское, что может свидетельствовать о снижении антропогенной нагрузки на озеро (рис. 3а). В 2012 г. электропроводность воды на обеих станциях близка — 410 ± 2 и 401 ± 3 мкСм/см (рис. 3б) и существенно превышает содержание растворенных веществ в почве ($58,6 \pm 3,2$ и $44,1 \pm 2,1$ мкСм/см) и донных отложениях ($33,3 \pm 3,9$ и $69,0 \pm 16,3$ мкСм/см).

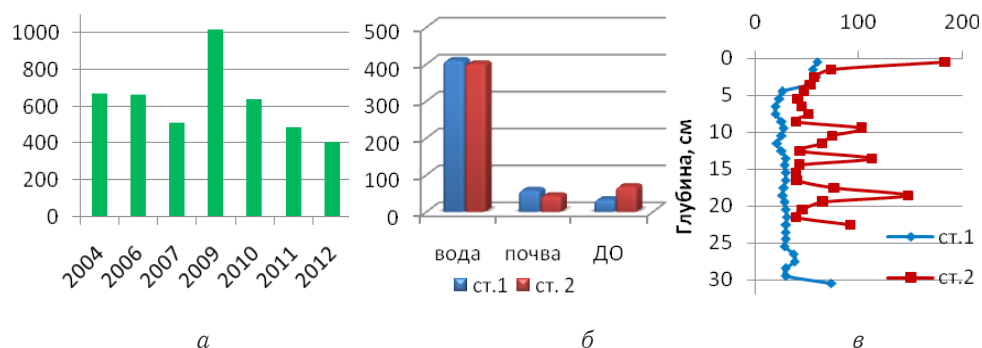


Рис. 3. Значения электропроводности (мкСм/см) в пробах воды в 2004-12 гг. (а), воды, почв и ДО в 2012 г. (б) и распределение электропроводности водной вытяжки по глубине донных отложений (в) в оз. Цимлянское

Изучение распределения данного показателя по глубине колонок на ст. 1 и 2 показало принципиально различный характер изменений (рис. 3в). Для ст. 1 характерны относительно низкие значения W ($28,3 \pm 1,9$ мкСм/см), которые мало изменяются в основной части колонки и возрастают только в нижнем

(73,9 мкСм/см) и верхних 5 см донных отложений — до 60,5 мкСм/см. На ст. 2 электропроводность существенно меняется от слоя к слою: на кривой имеется 3 явно выраженных максимума (18, 13, 9 см) и отмечается очень резкий рост электропроводности в поверхностном слое — до 184,3 мкСм/см. Обращает внимание обратно пропорциональная зависимость между содержанием растворенных веществ в воде, почве и донных отложениях на станциях. Причем в воде и почве значения W близки, в колонках различаются в среднем в 2 раза. Вероятно, это связано с различной глубиной озера на станциях, что приводило к понижению уровня воды в засушливые периоды в разной степени. Однако на ст. 1 экстремумов практически не наблюдается, поэтому можно предположить, что резкий рост электропроводности в последнее время связан с антропогенной деятельностью (сброс сточных вод).

Результаты общего гидрохимического анализа проб воды на содержание главных ионов за 2004-2012 гг. и 2012 г. показали, что тип воды принципиально поменялся в последние годы (см. табл.), что согласуется с понижением минерализации воды и может свидетельствовать о снижении антропогенной нагрузки.

Таблица

**Характеристика вод оз. Цимлянское за 2004-2012 гг.
по классификации О. А. Алекина [4]**

Год	Характеристика вод		
	класс	группа	тип
2004	хлоридный	кальциевая, натриевая	III
2006	гидрокарбонатный	натриевая	I
2007	хлоридный	натриевая	III
2010	гидрокарбонатный	кальциевая	III
2011	гидрокарбонатный	кальциевая	III
2012	гидрокарбонатный	кальциевая	III

Потери при прокаливании (ППП) характеризуют содержание органического вещества в почве. Содержание органического вещества в почвах и донных отложениях существенно различается на обеих станциях, но для ст. 1 характерно более высокое значение PPP в почве (почти в 4 раза), а для ст. 2 — в донных отложениях (и не столь значительно).

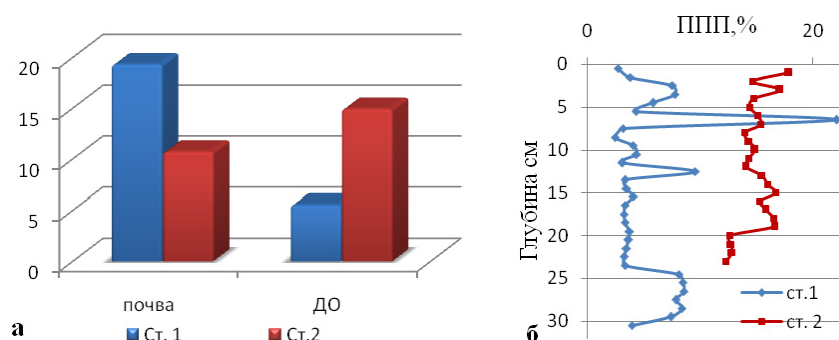


Рис. 4. Содержание органического вещества в пробах почв и ДО (а) и распределение органического вещества по колонкам донных отложений (б) в оз. Цимлянское

Существенные различия имеются и в распределении ППП по глубине донных отложений. Для ст. 1 характерно более низкое значение ППП, но имеются явно выраженные максимумы на глубинах 25-30, 12 (9,6%), 6 (22,1%) и 3-4 см (рис. 5б). В поверхностном слое (0-3 см) наблюдается снижение содержания органического вещества до 2,7%. На ст. 2 содержание органического вещества значительно выше и изменяются не столь значительно. Минимальные значения ($12,6 \pm 0,4\%$) наблюдаются на глубине 19-23 см, в интервале 3-18 см однородный участок распределения органического вещества ($15,2 \pm 0,5\%$), на поверхности наблюдается некоторый рост ППП (17,9%). Полученные данные позволяют сделать вывод о том, что источником органического вещества в озере являются преимущественно внутриводоемные процессы или антропогенное загрязнение (сброс сточных вод), а не смыв с водосборной площади.

Анализ биогенных элементов (соединений N и P) в воде показал, что в воде оз. Цимлянское из неорганических форм азота преобладают нитраты, высокое содержание которых наблюдалось в 2004, 2006 и 2011 гг. В 2012 г. зафиксировано наибольшее содержание нитрит-иона. Средние содержания биогенных элементов не превышают ПДК.

Для оценки экологического состояния озера было определено содержание тяжелых металлов (Fe, Mn, Cu, Pb, Ni, Zn, Co, Cr и Cd) в воде, в водной и кислотной вытяжке донных отложений и почв. Значительное превышение ПДК характерно для железа и марганца (рис. 5а). Повышенное содержание этих элементов характерно для водоемов данного региона. Содержание данных элементов от года к году существенно изменяется, так же как и соотношение концентраций этих металлов. Аномально высокое содержание железа было обнаружено в 2006 г., а марганца — в 2009-2010 гг. Это может свидетельствовать о влиянии климатических условий (температура, осадки) на содержание данных элементов в воде либо об антропогенном поступлении данных элементов в водный объект.

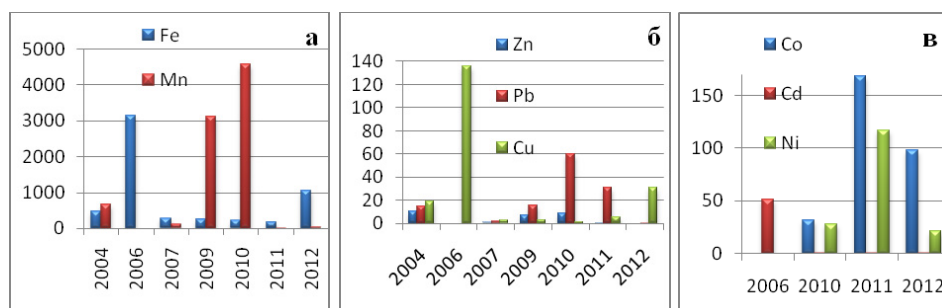


Рис. 5. Динамика изменения содержания (мкг/л) железа и марганца (а) и цинка, свинца, меди (б), кобальта, кадмия и никеля (в)

Содержание цинка в воде оз. Цимлянское незначительно и имеет тенденцию к уменьшению. Наибольшая концентрация металла наблюдалась в 2004, 2009 и 2010 гг. Содержание свинца колеблется в значительном интервале: от очень низких значений (в 2006, 2007, 2012 гг.) до 60 мкг/л (в 2010 г.). Аномально высокое содержание меди было обнаружено в воде озера в 2006 г., также значительное повышение ее содержания наблюдалось в 2012 г. (рис. 5б).

Концентрация Co, Cd, Ni измерялась не регулярно, тем не менее, можно отметить довольно высокие концентрации кобальта (среднее значение 99,4 мкг/л) с максимумом содержания в 2011 г. В этом же году наблюдалась аномально высокая концентрация никеля в воде — более 100 мкг/л при среднем значении 55,2 мкг/л. Высокая концентрация кадмия была отмечена только в 2006 г. (около 50 мкг/л) при среднем содержании — 0,32 мкг/л.

При сопоставлении средних содержаний металлов в исследованных элементах ландшафта оз. Цимлянское можно отметить несколько характерных особенностей (рис. 6). Для всех элементов ландшафта наблюдается абсолютное преобладание Fe и Mn, но если в почвах и донных отложениях содержание марганца составляет 3-4% от содержания железа, то в воде, за счет аномально высоких значений Mn в некоторые годы, среднее значение его концентрации превышает содержание железа (рис. 6а). С учетом того, что среднее содержание Fe в почве составляет 1,6%, а в донных отложениях — около 1%, в донных отложениях большая часть Fe находится в водорастворимой форме, а Mn из донных отложений водой вымывается незначительно (рис. 6в), можно сделать вывод, что аномально высокие концентрации Mn в некоторые годы, скорее всего, связаны с антропогенным воздействием на водный объект.

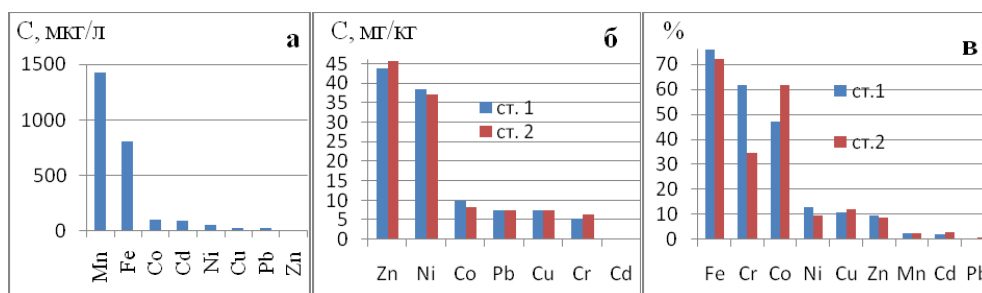


Рис. 6. Среднее содержание металлов в воде в 2004-2012 гг. (а), донных отложениях (б), среднее значение доли водорастворимых форм металлов от их общей концентрации в ДО оз. Цимлянское

Остальные металлы содержатся в воде в значительно меньших количествах, однако обращает внимание довольно высокое содержание Co и Cd. Содержание кобальта в донных отложениях незначительно превышает содержание других металлов (рис. 6б), но при этом большая часть металла содержится в водорастворимой форме (рис. 6в), т. е. в наиболее доступной и опасной с экологических позиций форме. Возможно такая же ситуация наблюдается с хромом (содержание в воде этого довольно токсичного элемента не определялось). Содержание цинка и никеля достаточно велико в донных отложениях (около 45 и 37 мг/кг, соответственно) и в почве (около 15-20 мг/кг), но за счет относительно низкой водной миграции (рис. 6в) данные металлы в воде обнаружены в незначительных количествах. Значительное превышение содержания этих металлов в донных отложениях по сравнению с почвами (более чем в 2 раза) свидетельствует о биогенном или антропогенном накоплении этих элементов в донных отложениях озера. Другая ситуация наблюдается со свинцом: его концентрация в почве примерно в 2 раза выше, чем в донных отложениях, причем в донных отложениях он находится в малорастворимой форме, а содержание в воде несколько превышает содержание Zn, но значительно выше содержания Ni.

Для характеристики аккумулярующих свойств донных отложений оз. Цимлянское был рассчитан кларк концентрации (Кк) — отношение содержания элемента (в масс. %) в донных отложениях к кларку этого элемента (в масс.%) в земной коре (по А. П. Виноградову). Кларки концентраций были рассчитаны для верхнего слоя ДО (5 см) и почвы. Для воды был рассчитан кларк концентрации относительно содержания элементов в водах зон гипергенеза [20].

Кларки концентрации колеблются от долей единиц (рассеяние), до сотен тысяч (концентрирование). Величины Кк свидетельствуют, что для воды оз. Цимлянское наблюдается превышение концентрации железа, меди и никеля. Концентрирование металлов в ДО и почве не обнаружено. Содержание таких металлов, как марганец и железо в воде, хотя и довольно высоко, но имеет фоновый характер, т. к. для природных вод данного региона характерно повышенное содержание этих металлов. Возможно, это связано с природными особенностями прилегающих к озеру почв, в которых также обнаружены достаточно высокие концентрации данных металлов, заболоченность местности. Также источниками названных металлов могут служить сельскохозяйственные стоки полей, находящихся вблизи озера. Кроме того, концентрация и железа, и марганца в поверхностных водах подвержена сезонным изменениям. При этом кларки концентрирования железа и марганца в поверхностной воде также указывают на природный фон данной местности.

Таким образом, послойный анализ тяжелых металлов в разрезе донных отложений показал увеличение содержания металлов в кислотной вытяжке ДО в поверхностном слое (0-5 см), что говорит об усилении антропогенной нагрузки на озеро, значительном поступлении металлов. Доля легкодоступных форм кадмия, марганца, цинка и свинца значительна, т. е. при изменении условий окружающей среды может произойти вторичное загрязнение водной толщи в результате мобилизации данных элементов. Кларки концентрирования показали наличие фонового накопления железа, марганца, меди и никеля в поверхностной воде, однако в почве и донных отложениях наблюдается рассеяние данных элементов по сравнению с их средним содержанием в земной коре. На основании химико-экологического мониторинга можно сделать заключение, что загрязнение оз. Цимлянское в г. Тюмень нарастает и носит как природный, так и антропогенный характер.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Баренбойм Г. Д., Венецианов Е. Б. Экологический мониторинг водных объектов как информационная основа устойчивого водного хозяйства // Вода: химия и экология. 2008. № 1. С. 15-23.
2. Тихонова И. О. Экологический мониторинг водных объектов / И. О. Тихонова, Н. Е. Кручинина, А. В. Десятков. М.: Инфра-М, 2012. 152 с.
3. Моисеенко Т. И. Закисление вод: Факторы, механизмы и экологические последствия. М.: Наука, 2003. 276 с.
4. Ларина Н. С. Техногенные загрязнения природных вод / Н. С. Ларина, В. Г. Катанаева, Н. А. Шелпакова. Тюмень: Мандр-Ика, 2004. 224 с.
5. Моисеенко Т. И., Гашкина Н. А. Формирование химического состава вод озер в условиях изменения окружающей среды. М.: Наука, 2010. 268 с.
6. Экологические проблемы промышленных городов: сб. тр.: ч. 1 / под ред. Е. И. Тихомировой. Саратов: СГТУ, 2011. 348 с.

7. Стольберг Ф. В. Экология города. Киев: Либра, 2000. 464 с.
8. Ларина Н. С., Косяков Е., Устименко А. А., Пинигина Е. П. Комплексный мониторинг городских водоемов // Окружающая среда и менеджмент природных ресурсов: Тезисы докладов V Международной конференции, г. Тюмень, 1-3 октября 2014 г. / под ред. А. В. Соромотина, А. В. Толстикова. Тюмень: Изд-во ТюмГУ, 2014. С. 149-151.
9. Будников Г. К. Тяжелые металлы в экологическом мониторинге водных систем // Соросовский образовательный журнал. 1998. № 5. С. 17-27.
10. Моисеенко Т. И. Рассеянные элементы в поверхностных водах суши: Технофильность, биоаккумуляция и экотоксикология. М.: Наука, 2006. 261 с.
11. Мур Дж., Рамамурти С. Тяжелые металлы в природных водах. М.: Мир, 2000. 286 с.
12. Папина Т. С. Транспорт и особенности распределения тяжелых металлов в ряду: вода — взвешенное вещество — донные отложения речных экосистем. Новосибирск, 2001. 58 с.
13. Лукьянчиков Д. И. Значение донных отложений в загрязнении водных экосистем // Научный журнал Курского гос. ун-та. 2000. № 5. С. 64-66.
14. Манихин В. И., Никаноров А. М. Растворенные и подвижные формы тяжелых металлов в донных отложениях пресноводных экосистем. СПб.: Гидрометеоздат, 2001. 182 с.
15. Ларина Н. С., Шелпакова Н. А., Ларин С. И., Дунаева А. П. Оценка химико-экологического состояния водоемов по результатам анализа вод и донных отложений // Успехи современного естествознания, 2008. Т. 7. С. 56-58.
16. Отмахов В. И. Методика оценки экологической безопасности водного бассейна по загрязнению донных отложений // Известия Томского политехнического университета. 2003. Т. 306. № 6. С. 39-41.
17. Forstner, U. Lake sediments as indicators of heavy-metal pollution / Naturwissenschaften. 1976. № 63. С. 465-470.
18. Hakanson, L. An ecological risk index for aquatic pollution control. A sedimentological approach // Water Research. 1980. № 14. С. 975-1001.
19. Даульвальтер В. А. Оценка токсичности металлов, накопленных в донных отложениях озер // Водные ресурсы. 2000. Т. 27. № 4. С. 469-476.
20. Ларина Н. С., Дунаева А. П., Масленникова С. С., Ларин С. И. Формы накопления и миграции некоторых элементов в донных отложениях озера Пикетное // Вестник КазГУ. Материалы Междунар. науч. конф. по аналит. химии и экологии. Казахстан, Алматы, 6-8 октября 2010. С. 58-59.
21. Комплексное гидрохимическое и биологическое исследование качества вод и состояния водных и околотоводных систем: Методическое руководство. Ч. 1. Полевые исследования / под общ. ред. Т. И. Моисеенко. Тюмень: Изд-во ТюмГУ, 2011. 128 с.

REFERENCES

1. Barenboim, G. D., Venetsianov, E. V. Ecological monitoring of water bodies as an information basis of sustainable water management // Water: Chemistry and Ecology. 2008. № 1. Pp. 15-23.
2. Tikhonova, I. O., Kruchinina, N. E., Desyatkov, A. V. Ecological Monitoring of Water Bodies. Moscow: Nauka, 2012. 152 p.
3. Moiseenko, T. I. Acidification of Waters: Factors, Mechanisms and Environmental Impacts. Moscow: Nauka, 2003. 276 p.
4. Larina, N. S., Katanaeva, V. G., Shelpakova, N. A. Technogenic Pollution of Natural Waters. Tyumen: Mandr-Ika, 2004. 224 p.
5. Moiseenko, T. I., Gashkina, N. A. Formation of Water Chemistry of Lakes in a Changing Environment. Moscow: Nauka, 2010. 268 p.
6. Environmental Problems of Industrial Cities: Collected articles: Part 1 / ed. E. I. Tikhomirova. Saratov: Saratov State Technical University, 2011. 348 p.

7. Stolberg, F. V. Ecology of the City. Kiev: Libra, 2000. 464 p.
8. Larina, N. S., Kosyakov, E., Ustimenko, A. A., Pinigina, E. P. Comprehensive monitoring of urban water bodies // Environment and Management of Natural Resources: Abstracts of the 5th International Conference, Tyumen, October 1-3, 2014. / Ed. A. V. Soromotin, A. V. Tolstikov. Tyumen: Publishing House of the TSU, 2014. Pp. 149-151.
9. Budnikov, G. K. Heavy metals in environmental monitoring of water systems // Soros Educational Journal. 1998. № 5. Pp. 17-27.
10. Moiseenko, T. I. Trace Elements in Surface Waters of Land: Technophilia, Bioaccumulation and Ecotoxicology. Moscow: Nauka, 2006. 261 p.
11. Moore, J., Ramamurthy, S. Heavy Metals in Natural Waters. Moscow: Mir, 2000. 286 p.
12. Papina, T. S. Transport and Distribution Characteristics of Heavy Metals in the Series: Water - Suspended Matter - Sediments of River Ecosystems. Novosibirsk, 2001. 58 p.
13. Lukyanchikov, D. I. The value of sediment contamination in aquatic ecosystems // Scientific Journal of Kursk State University. 2000. № 5. Pp. 64-66.
14. Manihin, V. I., Nikanorov, A. M. Dissolved and mobile forms of heavy metals in sediments of freshwater ecosystems. Saint Petersburg: Gidrometeoizdat, 2001. 182 p.
15. Larina, N. S., Shelpakova, N. A., Larin, S. I., Dunaeva, A. P. Evaluation of chemical and ecological status of water bodies on the analysis of water and bottom sediments // Advances in Contemporary Science, 2008. Vol. 7, Pp. 56-58.
16. Otmakhov, V. I. Methods of assessing environmental safety of a water basin by the level of sediment contamination // Bulletin of Tomsk Polytechnic University. 2003. Vol. 306. №6. Pp. 39-41.
17. Forstner, U. Lake sediments as indicators of heavy-metal pollution / Naturwissenschaften. 1976. № 63. Pp. 465-470.
18. Hakanson, L. An ecological risk index for aquatic pollution control. A sedimentological approach // Water Research. 1980. № 14. Pp. 975-1001.
19. Daulvalter, V. A. Evaluation of the toxicity of metals accumulated in the sediments of lakes // Water Resources. 2000. Vol. 27. № 4. Pp. 469-476.
20. Larina, N. S., Dunaeva, A. P., Maslennikova, S. S., Larin, S. I. Forms of accumulation and migration of certain elements in the sediments of Lake Piketnoe // Bulletin of Kazakhstan State University. Proceedings of the International conference on the analytical chemistry and ecology. Kazakhstan, Almaty, October 6-8, 2010. Pp. 58-59.
21. Comprehensive hydrochemical and biological studies of water quality and the state of water and water-related systems: A guide on methods. Part 1. Field studies // Ed. T. I. Moiseenko. Tyumen: Publishing House of the TSU, 2011. 128 p.

Авторы публикации

Наталья Сергеевна Ларина — доцент, профессор кафедры органической и экологической химии Тюменского государственного университета, кандидат химических наук

Василий Леонидович Гусельников — главный специалист Отдела экологического мониторинга и изысканий ООО «ПурЭкоКом»

Александр Андреевич Устименко — студент Института химии Тюменского государственного университета

Authors of the publication

Natalia S. Larina — cand. sci. (chem.), associate professor, Department of Organic and Ecological Chemistry, Tyumen State University

Vassily L. Guselnikov — chief specialist, Department of Environmental Monitoring and Research, LLC "PurEkoCom"

Alexandre A. Ustimenko — student, Institute of Chemistry, Tyumen State University

© А. А. КАЮГИН

Тюменский государственный университет
akaugin@utmn.ru

УДК 544.723

**ЗАКОНОМЕРНОСТИ АДсорбЦИИ НИЗКОМОЛЕКУЛЯРНЫХ
АНАЛОГОВ ГУМИНОВЫХ КИСЛОТ ПРИРОДНЫМ КАОЛИНИТОМ**
**REGULARITIES OF ADSORPTION OF LOW-MOLECULAR ANALOGUES
OF HUMIC ACIDS ONTO NATURAL KAOLINITE**

Изучена адсорбция орто- и паракрезолов, пирокатехина, резорцина, гидрохинона, бензойной, салициловой, параоксибензойной кислот на природном каолините в зависимости от концентрации и pH. Сорбционный эксперимент проведен в статических условиях при совместном присутствии фенолов или карбоновых кислот в растворе при постоянной ионной силе с последующим определением равновесной концентрации веществ методом высокоэффективной жидкостной хроматографии с УФ-детектором. Показана зависимость степени извлечения веществ из раствора от количества и положения функциональных групп, причем положение гидроксильных групп в бензольном кольце оказывает более выраженный эффект на сорбционную способность органических молекул, чем их количество. Показано, что гидроксильные группы имеют большее сродство к поверхности каолинита, чем карбоксильные. Установлено, что зависимость сорбции фенолов и кислот от pH сильнее проявляется при повышении начальной концентрации веществ. Полученные закономерности можно распространить на сорбцию природного органического вещества, в частности гуминовых веществ, на глинах.

The study concerns adsorption of ortho- and para-cresols, catechol, resorcinol, hydroquinone, benzoic, salicylic, p-hydroxybenzoic acids onto natural kaolinite depending on concentration and pH. The sorption experiment was conducted under static conditions at simultaneous presence of phenols or carboxylic acids in the solution at a constant ionic strength, with subsequent determination of the equilibrium concentration of substances by HPLC with a UV detector. We studied the dependence of the level of extraction of substances from the solution on the number and position of functional groups. The position of the hydroxyl groups on the benzol ring has a more pronounced effect on the sorption of organic molecules than their number. Hydroxyl groups showed greater affinity to the kaolinite surface than carboxyl groups. The pH-dependence of acids and phenols sorption is more pronounced at higher initial concentrations of the compounds. The obtained regularities may be extended to the sorption of natural organic substances, in particular humic substances onto clays.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА. Адсорбция, каолинит, фенолы, оксибензойные кислоты.
KEY WORDS. Adsorption, kaolinite, phenols, oxybenzoic acids.

Введение. Сорбция природного органического вещества, представленного в основном гуминовыми веществами, на глинистых минералах — важный процесс в окружающей среде. Он стабилизирует почвенный органический углерод в глобальном круговороте углерода [1], влияет на подвижность и доступность питательных веществ и загрязнителей в почве и воде [2] и является возможным механизмом сохранения лабильных биополимеров [3].

Известно, что химические свойства природных гуминовых веществ (элементные отношения, ароматичность, содержание основных функциональных групп) влияют на сорбцию гуминовых веществ на минеральных поверхностях, в том числе глинистых. Однако до сих пор механизмы сорбции гуминовых веществ на глинистых частицах не выяснены. Одним из возможных способов прояснения механизмов связывания природного органического вещества с минеральными поверхностями является изучение сорбции низкомолекулярных аналогов гуминовых веществ, содержащих фенольные и карбоксильные группы.

Систематическое изучение роли структурных особенностей низкомолекулярных аналогов природного органического вещества на их связывание с оксидными поверхностями проведено в работе [4]. Исследовалась адсорбция 28 ароматических карбоновых кислот и фенолов, отличающихся количеством и положением фенольных и карбоксильных групп, длиной алифатической цепочки при карбоксильной группе и размером ароматического цикла. В качестве субстрата использовался искусственно приготовленный оксид железа (гетит). В работе [5] изучено влияние pH на адсорбцию бензойной и щавелевой кислот на гематите и глиноземе. Закономерности сорбции алифатических дикарбоновых кислот на каолините и монтмориллоните представлены в работе [6]. В работе [7] в качестве низкомолекулярных аналогов гуминовых кислот выбраны галловая, протокатеховая и п-оксибензойная кислоты, а в качестве минерального субстрата — лапонитовая глина. На примере галловой кислоты методом рентгеноструктурного анализа показана зависимость механизма адсорбции от концентрации. Так, при малых концентрациях органического вещества, адсорбция происходит на поверхностных активных центрах — силанольных и алюмоиольных группах, тогда как при высокой концентрации галловой кислоты ее молекулы проникают в межслоевое пространство лапонита.

В данной работе предпринята попытка установления закономерностей адсорбции орто- и паракрезол, гидрохинона, резорцина, пирокатехина, бензойной, пара- и ортогидроксibenзойных кислот на природном каолините.

Материалы и методы. В работе использованы химические реактивы квалификации не ниже «ч. д. а.», бензойная кислота дополнительно очищена перекристаллизацией, крезолы очищены перегонкой. Использовался каолинит марки КЕ-2 с площадью удельной поверхности (по адсорбции метиленовой сини) 15,4 м²/г. Каолинит имел следующий гранулометрический состав: 10-50 мкм — 93,60%; 5-10 мкм — 2,04%; 1-5 мкм — 2,54%; < 1 мкм — 1,82%. Содержание органического вещества (по методу Тюрина) не превышало 0,04%.

Сорбционный эксперимент проводился в статических условиях. В мерную колбу вместимостью 50 мл вносился водный раствор смеси исследуемых фенолов или карбоновых кислот, предварительно приготовленная суспензия каолинита (до концентрации 1 г/л), раствор фоновой электролита (нитрата натрия) до концентрации 0,01 моль/л, деионизированная вода до объема 50 мл. Смесь

тщательно перемешивалась. По 7 мл смеси помещалось во флаконы вместимостью 10 мл, pH от 2 до 7 задавался добавлением в каждый флакон микроколичеств 0,1 М растворов азотной кислоты или гидроксида натрия. Флаконы плотно закупоривались и встряхивались на шейкере в течение 7 суток до достижения адсорбционного равновесия. Контроль pH проводился до и после эксперимента.

По истечении 7 суток суспензии центрифугировались 20 мин. при 3000 об./мин. и отфильтровывались через мембранный фильтр Миллипор.

Определение равновесной концентрации фенолов и карбоновых кислот проводилось методом ВЭЖХ на приборе «Agilent 1100» с использованием колонки Диасорб 130-C10CN, 6 мкм, 4,0×150 мм. Состав элюента: А — 70% вода деионизированная, В — 25% ацетонитрил, С — 5% модификатор (1,0%-я трифторуксусная кислота), скорость элюирования — 0,8 мл/мин., объем вводимой пробы — 10 мкл, температура термостата — 30 °С, длины волн детектирования — 274 нм (фенолы), 234 нм (бензойная и п-оксибензойная кислоты), 302 нм (салициловая кислота). Градуировка проводилась в диапазоне концентраций 10^{-6} – 10^{-3} моль/л.

Результаты работы и их обсуждение. Для исследования закономерностей влияния структурных особенностей простейших аналогов гуминовых кислот выбрано девять ароматических соединений, отличающихся типом, количеством и положением заместителей (рис. 1).

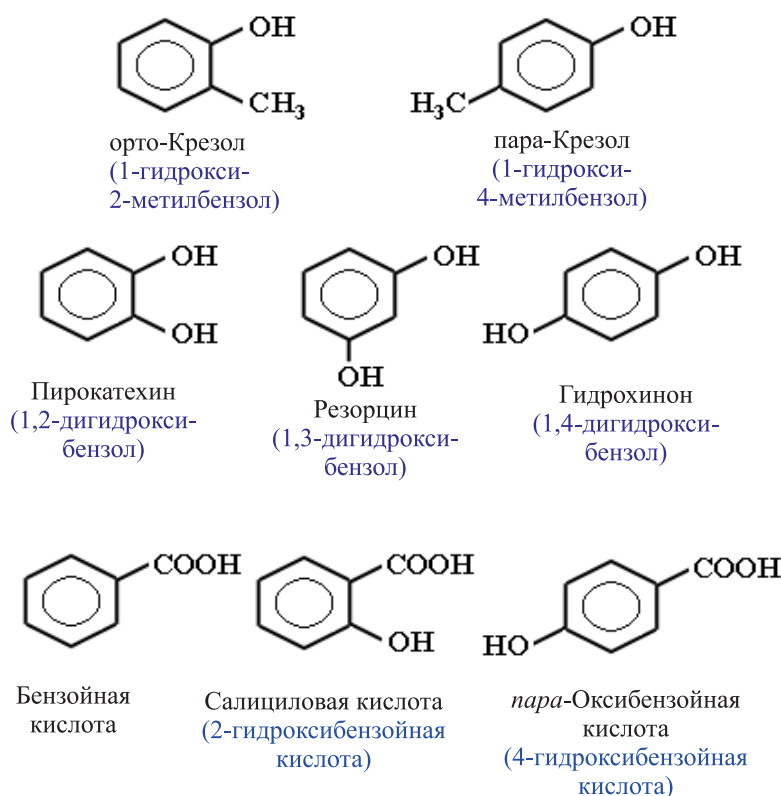


Рис. 1. Соединения, использованные в исследовании

Константы кислотности исследуемых веществ представлены в таблице.

Таблица

Константы кислотности исследуемых веществ [8]

Вещество	pK _a	
	I	II
Орто-крезол	10,29	-
Пара-крезол	10,26	-
Пирокатехин	9,34	12,6
Резорцин	9,32	11,1
Гидрохинон	9,85	11,4
Бензойная кислота	4,20	-
Салициловая кислота	2,98	13,6
Пара-оксибензойная кислота	4,57	9,46

Данные таблицы показывают, что в исследованной области pH фенолы недиссоциированы. Отличие по кислотным свойствам в рядах одноатомных и двухатомных фенолов небольшое. Крезолы проявляют худшие кислотные свойства, чем фенол за счет электронодонорных заместителей. Среди двухатомных фенолов наиболее слабой кислотой является гидрохинон, в молекуле которого вторая гидроксигруппа за счет положительного мезомерного эффекта снижает активность первой группы.

Наиболее сильной из выбранных карбоновых кислот является салициловая. Это объясняется стабилизацией карбоксилат-аниона внутримолекулярной водородной связью. Пара-оксибензойная кислота при этом слабее бензойной также за счет положительного мезомерного эффекта гидроксигруппы. В то же время карбоксильная группа снижает электронную плотность в бензольном кольце и усиливает кислотность гидроксигруппы по сравнению с фенолом.

В исследованной области pH выбранные карбоксильные кислоты находятся как в недиссоциированной, так и в диссоциированной по первой ступени формах.

Исследование зависимости адсорбции фенолов от pH проводилось при двух начальных концентрациях каждого фенола — 0,001 и 0,0005 моль/л.

Степень извлечения (R, %) рассчитывали по уравнению:

$$R = (C_0 - C) \cdot 100 / C_0,$$

где C_0 и C — концентрации определяемого вещества в исходном растворе до и после сорбции соответственно.

Графики зависимости степени извлечения фенолов от pH при начальных концентрациях 0,001 и 0,0005 моль/л представлены на рис. 2 и 3 соответственно.

Зависимость сорбции фенолов от pH раствора выражена не значительно (степень извлечения изменяется в пределах 0,5-2% при изменении pH на 3-4 единицы). Аналогичная картина наблюдалась при сорбции фенола, метанитрофенола и орто-крезола на модифицированном монтмориллоните [9].

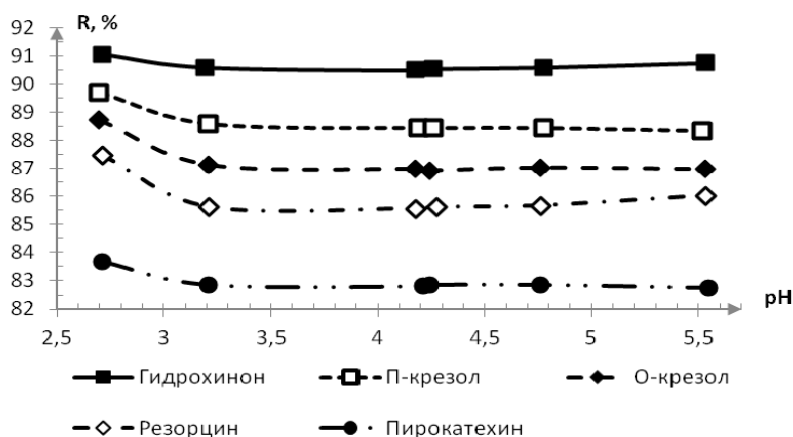


Рис. 2. Зависимость степени извлечения фенолов от pH раствора при начальной концентрации 0,001 моль/л

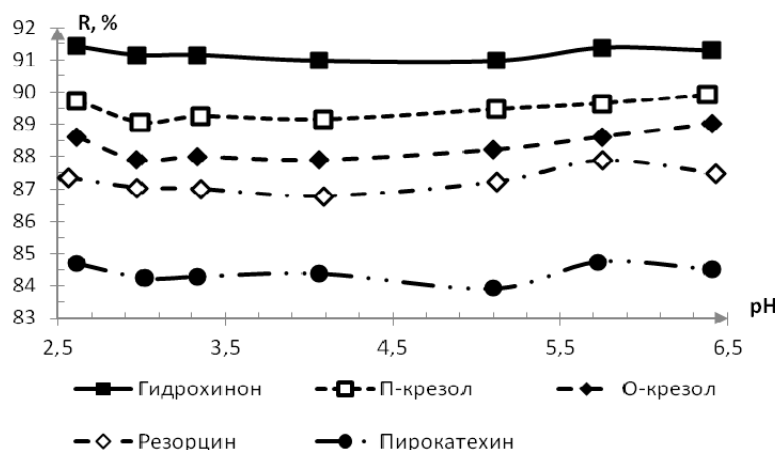


Рис. 3. Зависимость степени извлечения фенолов от pH раствора при начальной концентрации 0,0005 моль/л

При концентрации 0,001 моль/л более выражено повышение адсорбции всех пяти фенолов в области $\text{pH} < 3$. Такая же зависимость обнаружена при адсорбции полифенолов на модифицированном монтмориллоните [10].

Относительное сродство исследованных веществ к каолиниту не зависит от pH и начальной концентрации фенолов. В ряду крезолов различие в сорбционной способности минимальное, при этом крезолы расположены по степени извлечения в порядке увеличения кислотности.

Различие в сорбции между двухатомными фенолами более выражено. Вероятно, здесь в первую очередь проявляются стерические эффекты. Наилучшее сродство к каолиниту показывает гидрохинон. Это наиболее симметричная молекула (точечная группа симметрии D_{2h}), обе гидроксильные группы которой могут вступать в реакцию с поверхностью независимо друг от друга.

Гидроксильные группы пирокатехина, располагающиеся в орто-положениях, вероятнее всего образуют хелатную структуру с одним и тем же активным центром на поверхности каолинита. При этом не все поверхностные группы способны образовывать такие связи, а лишь те, что имеют два свободных поверхностных гидроксила. Поэтому сорбционная активность гидрохинона снижена по сравнению с другими одно- и двухатомными фенолами.

Сорбционная способность резорцина (точечная группа симметрии C_{2v}) в ряду двухатомных фенолов находится на среднем уровне и близка к сорбционной способности крезолов.

Графики зависимости степени извлечения карбоновых кислот от pH при их совместном присутствии в растворе приведены на рис. 4-5.

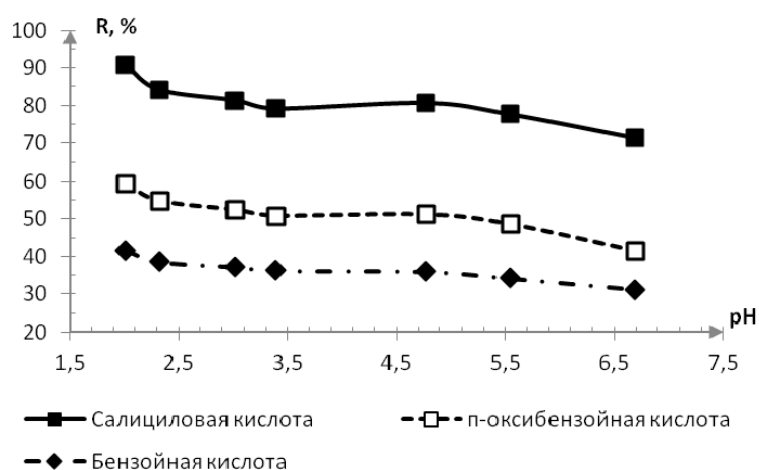


Рис. 4. Зависимость степени извлечения кислот от pH раствора при начальной концентрации 0,001 моль/л

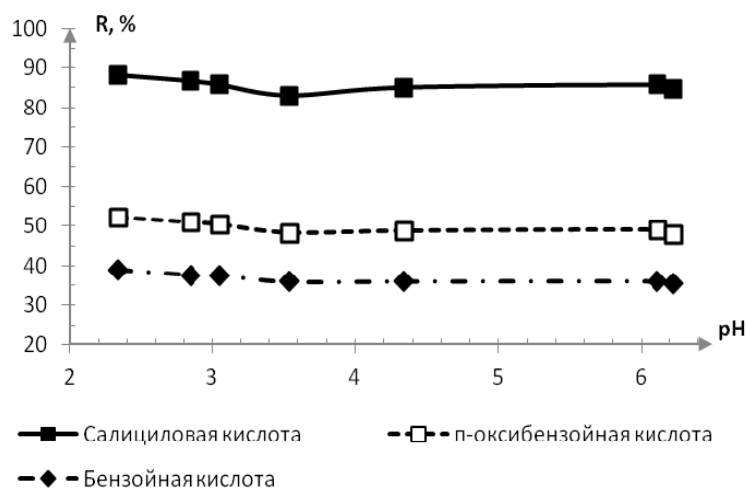


Рис. 5. Зависимость степени извлечения кислот от pH раствора при начальной концентрации 0,0005 моль/л

Влияние pH на степень извлечения сильнее проявляется при более высоких концентрациях. При уменьшении pH ниже 3 сорбция увеличивается. В диапазоне pH от 3 до 5 сорбция не зависит от кислотности среды, при дальнейшем увеличении pH степень извлечения снижается. Лучше всего эффект проявляется при более высокой концентрации кислот. Аналогичная зависимость от pH и концентрации ранее получена для гуминовых кислот [11].

Относительное различие кислот по степени извлечения свидетельствует о сильном влиянии гидроксильных заместителей в бензольном кольце. Исходя из строения молекулы, механизм сорбции салициловой кислоты должен совпадать с таковым у пирокатехина. Однако среди оксибензойных кислот салициловая кислота характеризуется наилучшей адсорбционной способностью в отличие от пирокатехина в ряду двухатомных фенолов. Вероятной причиной повышенной сорбционной способности салициловой кислоты является ее максимальная кислотность в ряду оксибензойных кислот. Если сравнить степень извлечения кислот и фенолов, то бензойная и параоксибензойная кислоты сорбируются значительно хуже фенолов. Бензойная кислота, не содержащая в составе гидроксигруппы, характеризуется наихудшей адсорбцией. Это позволяет сделать вывод, что гидроксильные группы играют важную роль в механизмах адсорбции как простейших аналогов гуминовых кислот, так и в сорбции самих гуминовых веществ.

Заключение. Исследование сорбции ряда фенолов и ароматических карбоновых кислот в интервале pH от 2 до 6,5 позволило выделить ряд закономерностей, которые можно распространить, в том числе, и на сорбцию гуминовых кислот:

1. Положение гидроксильных групп в бензольном кольце оказывает более выраженный эффект на сорбционную способность органических молекул, чем их количество.
2. Гидроксильные группы имеют большее сродство к поверхности каолинита, чем карбоксильные.
3. Зависимость сорбции фенолов и кислот от pH сильнее проявляется при повышении начальной концентрации веществ, что, вероятно, приводит к повышению конкуренции за активные центры на поверхности глины.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Wattel-Koekkoek E. J. W., Buurman P. Mean residence time of kaolinite and smectite-bound organic matter in Mozambiquan soils. *Soil Science Society of America Journal*. 2004. Vol. 68. Pp. 154-161.
2. Xing, B. Sorption of naphthalene and phenanthrene by soil humic acids. *Environmental Pollution*. 2001. Vol. 111. Pp. 303-309.
3. Collins M. J., Bishop A. N., Farrimond P., Sorption by mineral surfaces: rebirth of the classical condensation pathway for kerogen formation. *Geochimica et Cosmochimica Acta*. 1995. Vol. 59. Pp. 2387-2391.
4. Evanko C. R., Dzombak D. A. Influence of structural features on sorption of NOM-analogue organic acids to goethite. *Environ. Sci. Technol.* 1998. Vol. 32. Pp. 2846-2855.
5. Horányi, G. specific adsorption of simple organic acids on metal(hydr)oxides: a radiotracer approach. *Journal of Colloid and Interface Science*. 2002. Vol. 254. Pp. 214-221.
6. Kang S., Xing B. Adsorption of dicarboxylic acids by clay minerals as examined by *in situ* ATR-FTIR and *ex Situ* DRIFT. *Langmuir*. 2007. Vol. 23. Pp. 7024-7031.
7. Giannakopoulos E. et al. Adsorption and radical stabilization of humic-acid analogues and Pb²⁺ on restricted phyllosilicate clay. *Langmuir*. 2006. Vol. 22. Pp. 6863-6873.

8. Serjeant E. P., Dempsey B. Ionization constants of organic acids in aqueous solution. Pergamon, Oxford. 1979. 989 p.
9. Juang R.-Sh, Lin S.-H., Tsao K.-H. Mechanism of sorption of phenols from aqueous solutions onto surfactant-modified montmorillonite. *Journal of Colloid and Interface Science*. 2002. Vol. 254. Pp. 234-241.
10. Mousavi S. M., Alemzadeh I., Vossoughi M. Use of modified bentonite for phenolic adsorption in treatment of olive oil mill wastewater. *Iranian Journal of Science & Technology, Transaction B, Engineering*. 2006. Vol. 30. № B5. Pp. 613-619.
11. Каюгин А. А. Распределение кадмия в модельных системах, содержащих каолинит и гуминовые кислоты: дис. ... канд. хим. наук. Тюмень, 2009. 151 с.

REFERENCES

1. Wattel-Koekkoek, E. J. W., Buurman, P. Mean residence time of kaolinite and smectite-bound organic matter in Mozambiquan soils. *Soil Science Society of America Journal*. 2004. Vol. 68. Pp. 154-161.
2. Xing, B. Sorption of naphthalene and phenanthrene by soil humic acids. *Environmental Pollution*. 2001. Vol. 111. Pp. 303-309.
3. Collins, M. J., Bishop, A. N., Farrimond, P. Sorption by mineral surfaces: rebirth of the classical condensation pathway for kerogen formation. *Geochimica et Cosmochimica Acta*. 1995. Vol. 59. Pp. 2387-2391.
4. Evanko, C. R., Dzombak, D. A. Influence of structural features on sorption of NOM-analogue organic acids to goethite. *Environmental Science and Technology*. 1998. Vol. 32. Pp. 2846-2855.
5. Horányi, G. specific adsorption of simple organic acids on metal(hydr)oxides: a radiotracer approach. *Journal of Colloid and Interface Science*. 2002. Vol. 254. Pp. 214-221.
6. Kang, S., Xing, B. Adsorption of dicarboxylic acids by clay minerals as examined by in situ ATR-FTIR and ex Situ DRIFT. *Langmuir*. 2007. Vol. 23. Pp. 7024-7031.
7. Giannakopoulos, E. et al. Adsorption and radical stabilization of humic-acid analogues and Pb²⁺ on restricted phyllosilicate clay. *Langmuir*. 2006. Vol. 22. Pp. 6863-6873.
8. Serjeant, E. P., Dempsey, B. Ionization constants of organic acids in aqueous solution. Pergamon, Oxford. 1979. 989 p.
9. Juang, R.-Sh, Lin, S.-H., Tsao, K.-H. Mechanism of sorption of phenols from aqueous solutions onto surfactant-modified montmorillonite. *Journal of Colloid and Interface Science*. 2002. Vol. 254. Pp. 234-241.
10. Mousavi, S. M., Alemzadeh, I., Vossoughi, M. Use of modified bentonite for phenolic adsorption in treatment of olive oil mill wastewater. *Iranian Journal of Science & Technology, Transaction B, Engineering*. 2006. Vol. 30. № B5. Pp. 613-619.
11. Kayugin, A. A. Raspredelenie kadmia v model'nykh sistemakh, soderzhashchikh kaolinit i guminovye kisloty [Distribution of Cadmium in Model Systems Containing Kaolinite and Humic Acid]: Diss. Cand. Sci. (chem.). Tyumen. 2009. 151 p. (in Russian).

Автор публикации

Аркадий Александрович Каюгин — доцент кафедры органической и экологической химии Тюменского государственного университета, кандидат химических наук

Author of the publication

Arkadiy A. Kayugin — Cand. Sci. (Chemistry), Associate Professor, Department of Organic and Ecological Chemistry, Tyumen State University

© Г. Н. ШИГАБАЕВА

Тюменский государственный университет
sgn@utmn.ru

УДК 631.416.9

ТЯЖЕЛЫЕ МЕТАЛЛЫ В ПОЧВАХ НЕКОТОРЫХ РАЙОНОВ г. ТЮМЕНИ

HEAVY METALS IN SOILS OF SEVERAL DISTRICTS OF TYUMEN

Определены валовые содержания тяжелых металлов Pb, Ni, Zn, Cu, Mn, Cr, Co, Hg в 10 образцах почв, отобранных в различных районах г. Тюмени. Места отбора проб являются наиболее подверженными техногенным воздействиям в пределах городской черты. Основными источниками влияния на содержание тяжелых металлов в почвах города являются автомобильный транспорт и выбросы промышленных предприятий. Установлено превышение ПДК Pb, Ni, Zn, Co во всех образцах почв. В районе аккумуляторного завода выявлено превышение ПДК для Pb и Ni в 5 раз, Co — в 2,9 раза. В районах улиц Осипенко, Мельникайте, Барнаульской, которые испытывают влияние со стороны автомобильного транспорта, также установлено превышение ПДК тяжелых металлов в несколько раз. Для всех образцов почв валовое содержание тяжелых металлов превышает значение кларка почв по А. П. Виноградову.

We estimated gross contents of heavy metals: Pb, Ni, Zn, Cu, Mn, Cr, Co, Hg, taken in 10 samples of soil selected from various districts of Tyumen. The chosen sampling sites are areas within the city the most vulnerable to technogenic impacts. The main sources of increasing heavy metals content in the city soil are motor vehicles and emissions from industrial facilities. All samples of soil showed content of Pb, Ni, Zn, Co that exceeds maximum permissible concentration. The soil from the area around the battery production plant exceeds maximum permissible concentration of Pb and Ni by 5 times, Co by 2,9 times. The soils from areas close to the streets with heavy traffic: Osipenko, Melnikayte, Barnaul also contain amounts of heavy metals several times above the limit. The gross content of heavy metals in all samples exceeds the Clark soil value according to A. P. Vinogradov.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА. Почвенный покров, тяжелые металлы, валовое содержание, степень загрязнения, ПДК.

KEY WORDS. Soil cover, heavy metals, gross concentration, level of contamination, maximum permissible concentration.

Введение. Состояние окружающей природной среды является очень важным фактором, которое определяет жизнедеятельность человека. Эксперты Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ) в 80-х гг. XX в. определили ориентировочное

соотношение различных факторов обеспечения здоровья современного человека, выделив в качестве основных четыре производные. Впоследствии эти выводы были принципиально подтверждены и применительно к России следующим образом (в скобках данные ВОЗ):

- генетические факторы — 15-20% (20%);
- состояние окружающей среды — 20-25% (20%);
- медицинское обеспечение — 10-15% (7-8%) и т. д.

Достаточно высокие концентрации многих химических элементов и соединений, обусловленные техногенными процессами, обнаружены в настоящее время во всех природных средах: атмосфере, воде, почве, растениях.

В исследованиях в области охраны окружающей среды большое внимание уделяется анализу почв на содержание тяжелых металлов (ТМ), поскольку содержание ТМ в почвах отражается на их биологическом состоянии, в частности функционировании микробиоты и на взаимодействии в системе «почва — растение», а соответственно и на состоянии растительного покрова территории, на экологическую ситуацию в целом, включая и здоровье населения [1-3].

Поэтому целью настоящей работы стало определение валового содержания тяжелых металлов в почвах некоторых районов г. Тюмени с последующим анализом полученных результатов.

Объекты исследования и методы. Объектами исследования стали образцы почв, отобранные на территории разных районов г. Тюмени, в рамках реализации инициативной научно-исследовательской работы Института наук о Земле ТюмГУ под руководством директора ИнЗЕМ В. Ю. Хорошавина*.

Отбор проб проводился из верхнего органо-минерального горизонта, с глубины 0-30 см, содержащей максимальное количество гумусовых веществ и поглощающий значительную часть пылевых выпадений, содержащих ТМ. В таблице 1 приведены места отбора и типы антропогенных влияний в городских зонах, в которых был произведен отбор образцов почвы.

Образцы почвы были высушены до воздушно-сухого состояния. После удаления корней и других инородных частиц были отобраны пробы массой около 0,2 кг методом квартования, перетерты в фарфоровой ступке и просеяны через сито диаметром 1 мм.

Определение валового содержания тяжелых металлов осуществлялось атомно-абсорбционным методом по стандартной методике ПНДФ 16.1:2.2:2.3.36-02. Навеску почвы 0,1-0,5 г (в зависимости от предполагаемого содержания определяемых элементов) помещали в фарфоровый тигель и прокаливали в муфельной печи при $T = (400-450)^\circ\text{C}$ в течение двух часов. Разложение фтористоводородной кислотой применяли при анализе проб с большим содержанием кремнекислоты. Остаток после прокаливания, помещенный в чашку из стеклоуглерода, обрабатывали 10-20 см³ концентрированной фтористоводородной кислоты и нагревали до разложения силикатной части и затем до влажных солей. Еще раз добавляли 5,0 см³ концентрированной хлористоводородной кислоты для перевода всех солей в хлориды и выпаривали досуха. К остатку приливали 20,0 см³ 0,5 М хлористоводородной кислоты и нагревали до растворения остатка.

* Автор выражает благодарность Виталию Юрьевичу Хорошавину за предоставленные образцы почв.

Раствор переносили в мерную колбу вместимостью 50 см³ и доводили до метки 0,5 М HCl [4]. При этом почва полностью переходила в растворенное состояние. В полученном растворе определяли содержание тяжелых металлов методом атомно-абсорбционного анализа на спектрофотометре Shimadzu AA-6300 с использованием воздушно-ацетиленового пламени.

Таблица 1

Характеристика образцов почвы

Номер пробы	Место отбора	Возможное влияние
1	Затюменский парк, ул. Барнаульская, 43	Влияние автотранспорта
2	ул. Аккумуляторная	Зона влияния аккумуляторного завода и автомобильного транспорта
3	ул. Береговая, 55	Зона влияния деревообрабатывающей промышленности
4	ул. Пирогова, 3	Зона влияния машиностроительного производства
5	ул. Камчатская, 75	Зона влияния дерево-перерабатывающей промышленности (фанерный комбинат)
6	ул. Бажова, 33а	Зона влияния ТЭЦ и крупного железнодорожного узла
7	Зона отдыха «Лесной пруд»	Условно фоновый район
8	ул. Осипенко, 2	Зона влияния автотранспорта (интенсивные потоки)
9	ул. Первомайская, Сквер С. Пацко	Зона влияния завода пластмасс и железнодорожного депо
10	ул. Мельникайте, 126	Зона влияния объекта пищевой промышленности, а также крупной автотранспортной развязки

Для проверки качества полученных результатов осуществлялась оценка приемлемости результатов измерений в условиях повторяемости (сходимости) и воспроизводимости. Были получены удовлетворительные результаты. Однако хорошая воспроизводимость не снимает вопроса о достоверности результатов, особенно спектральных. Поэтому нами был проанализирован соответствующий эталон — ГСО почвы, в котором было количественно определено содержание ряда элементов. В результате, полученные значения содержания ТМ в образце контроля соответствуют в пределах допустимой по методике погрешности [4], аттестованному значению элементов в образце для контроля (ГСО почвы). Таким образом, полученные результаты являются приемлемыми и достоверными.

Результаты и обсуждение. При выборе элементов для мониторинга почв г. Тюмени прежде всего интерес представляли те металлы, которые в наибольшей степени загрязняют атмосферу города, ввиду длительного использования их в производственной деятельности, на транспорте, и как следствие накапливаются во внешней среде, представляют серьезную опасность с точки зрения их биологической активности и токсических свойств [5; 6]. К таким элементам относятся: свинец, ртуть, цинк, кобальт, никель, медь, марганец, хром.

Город Тюмень — один из самых загруженных в транспортном отношении городов России. Обеспеченность личным транспортом, количество автомобилей на март 2014 г. достигает 312 шт./1000 человек населения [7].

В черте города на протяжении 30-40 лет действовали крупные производственные предприятия Тюменский аккумуляторный завод, завод пластмасс, моторостроительный завод, завод строительных машин, на территории которых были и сталелитейные мощности, использовавшие в качестве топлива каменный уголь, торф [8]. В настоящее время данные производства вынесены за пределы города, но почвы являются консервативной и хорошо депонирующей средой, индикатором на загрязнения, которые отсутствуют в настоящий момент, но действовали на окружающую среду долгие годы в прошлом.

Наиболее мощным источником загрязнения почв города является автомобильный транспорт, количество единиц которого в городе превышает 200 тыс. Авто-транспорт является источником Pb, Ni, Cr, Cu, являющихся составными частями топлив, сгорающих масел, технологических жидкостей, резиновых шин и пр.

Результаты валового содержания вышеперечисленных ТМ представлены в табл. 2.

Таблица 2

Валовое содержание ТМ в почвах некоторых районов г. Тюмени

№ пробы	Pb, мг/кг	Ni, мг/кг	Zn, мг/кг	Cu, мг/кг	Mn, мг/кг	Cr, мг/кг	Co, мг/кг	Hg, мг/кг
1	40±12	63±19	69±21	26,0±7,8	931±186	61±18	49±15	0,061±0,027
2	158±39	102±26	80±24	27,1±8,1	640±128	87±26	57±17	0,053±0,024
3	24,7±7,4	58±17	120±30	28,1±8,4	579±116	57±17	51±15	0,698±0,188
4	3,6±1,1	71±21	45±14	15,7±4,7	519±104	55±16	62±19	0,028±0,013
5	-	46±14	28,6±8,6	11,2±3,4	551±110	39±12	49±15	0,039±0,017
6	-	80±24	57±17	16,1±4,8	448±112	69±21	60±18	0,028±0,013
7	-	43±13	25,2±7,6	2,68±0,91	565±113	26,5±8,0	55±17	0,028±0,012
8	13,0±4,4	99±30	99±30	25,1±7,5	644±129	79±24	58±17	0,126±0,034
9	-	66±20	39±12	11,9±3,6	403±101	37±11	60±18	0,040±0,018
10	-	119±30	78±23	20,7±6,2	578±116	96±29	55±17	0,042±0,019
Среднее	23,9±7,2	75±19	64±19	18,5±5,5	586±117	61±18	56±17	0,114±0,051
Нормативы								
ПДК или ОДК*	32	20*	55*	55	1500	100	20	2,1
Среднее/ПДК	0,75	3,8	1,2	0,34	0,39	0,61	2,8	0,05
Кларк почв**	10	33	50	20	850	19	8	0,01
КК	2,4	2,3	1,3	0,93	0,69	3,2	7	11,4

* — ниже предела обнаружения.

КК — кларковая концентрация, отношение среднего валового содержания ТМ к кларку.

** — по А. П. Виноградову [9].

Городские почвы формируются под постоянным и интенсивным воздействием антропогенной деятельности. В пределах селитебных (городских) ландшафтов складываются своеобразные условия поступления и миграции химических элементов, в частности, тяжелых металлов. Данные процессы контролируются не только численностью населения, а также типом и мощностью промышленных предприятий, действующих в пределах города и развитием городского транспорта. Рассмотрим более детально каждый элемент. Гигиенические нормативы приведены в соответствии с СанПиН 42-128-4433-87 [10].

Свинец. Содержание свинца в земной коре (кларк) и в почвах составляет 10 мг/кг. Гигиенические нормативы для концентраций Pb следующие: ПДК рабочей зоны — 0,01 мг/м³, атмосферного воздуха — 0,003 мг/м³, воды водных источников — 0,03 мг/дм³, почвы — 32 мг/кг.

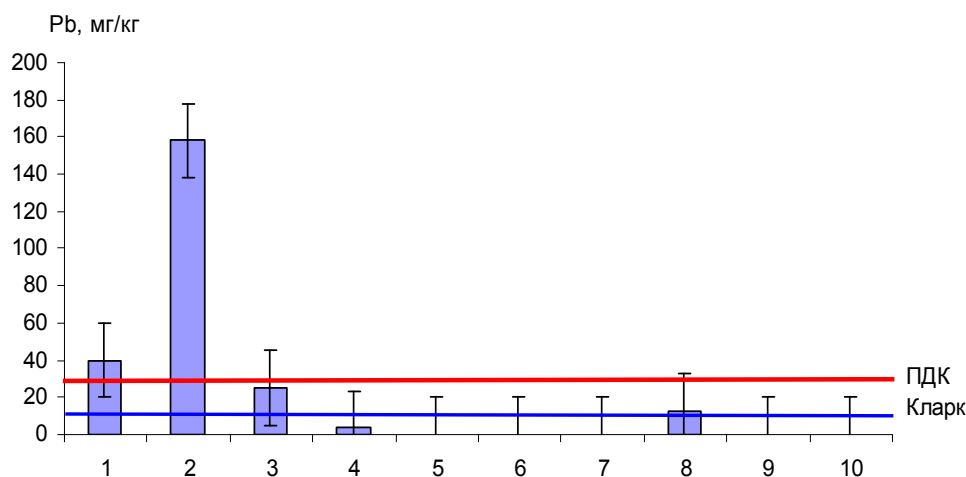


Рис. 1. Валовое содержание свинца в почвах

Анализ содержания валового Pb в отобранных образцах почвы показал (рис. 2), что его концентрации превышают кларк в 15,8 раза и составляет почти (4,9 ПДК) в районе аккумуляторного завода. Однако в почвах ряда других районов города содержание свинца ниже предела обнаружения.

Никель. Содержание никеля в земной коре составляет 58 мг/кг, содержание в почвах — 33 мг/кг. Гигиенические нормативы для концентраций Ni следующие: ПДК рабочей зоны — 0,005 мг/м³, атмосферного воздуха — 0,002 мг/м³, воды водных источников — 0,1 мг/дм³, ОДК для песчаной и супесчаной почвы — 20 мг/кг.

Во всех образцах почв содержание никеля (рис. 2) превышает ОДК в среднем от 2 до 6 раз и в большинстве проб наблюдается превышение кларка. В почвах районов, подвергающихся основному влиянию транспорта, это образцы 2, 8, 10, где превышение кларка составляет почти 50%. Очевидно, такие данные свидетельствуют об антропогенном накоплении никеля в исследованных почвах.

Цинк. Кларк цинка в земной коре составляет 83 мг/кг, среднее содержание в почвах — 50 мг/кг. Гигиенические нормативы имеются как для цинковых соединений, так и для Zn. Так, для воздуха рабочей зоны ПДК для магния

цинка составляет $6,0 \text{ мг/м}^3$, для оксида цинка — $0,5 \text{ мг/м}^3$, для сульфата цинка — $5,0 \text{ мг/м}^3$. В воде водоисточников для Zn ПДК составляет $1,0 \text{ мг/дм}^3$, а для водоемов, используемых для рыбохозяйственных целей, этот показатель составляет $0,01 \text{ мг/дм}^3$. В песчаных и супесчаных почвах ОДК для Zn составляет 55 мг/кг .

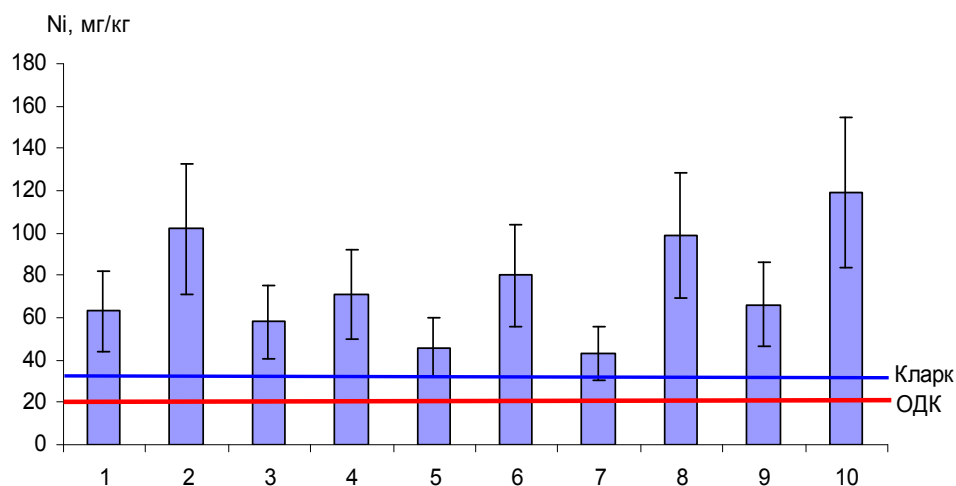


Рис. 2. Валовое содержание никеля в почвах

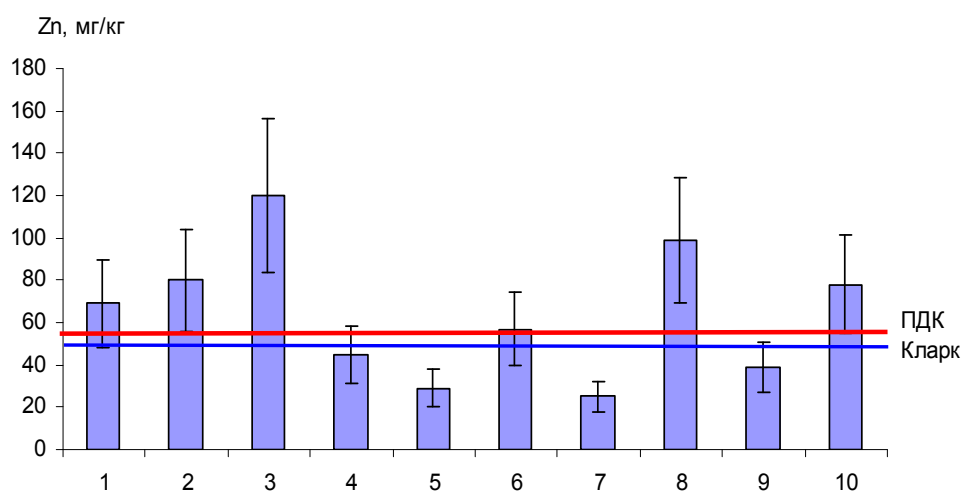


Рис. 3. Валовое содержание цинка в почвах

Анализ данных, полученных в результате проведенного исследования отобранных образцов почв, свидетельствует, что содержание Zn в образцах 1, 2, 3, 8, 10 выше кларка почв, в этих же образцах почв превышено значение ПДК: от 1,3 ПДК до 2,2 ПДК (рис. 3).

Медь. Кларк меди в почвах — 20 мг/кг , ПДК в почве для меди составляет $55,0 \text{ мг/кг}$.

Во всех образцах почв содержание меди не превышает значения ПДК (рис. 4). Тем не менее, наблюдается превышение кларка в пробах 1, 2, 3, 8, 10 до 1,5 раз.

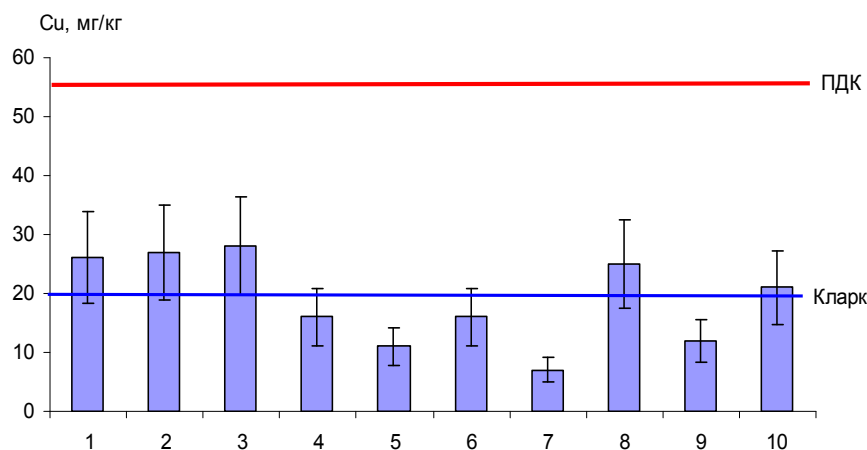


Рис. 4. Валовое содержание меди в почвах

Марганец. Марганец широко распространен в природе и содержится как в земной коре, так и в воде морей, рек и в почве. Кларк Mn в почве составляет 850 мг/кг, ПДК валового Mn составляет 1500 мг/кг.

Содержание Mn во всех образцах не превышает значения ПДК, составляющего 1500 мг/кг (рис. 5). Наблюдается обедненность почв города марганцем, что может свидетельствовать о вымывании его из почв в виде более подвижной формы Mn^{2+} .

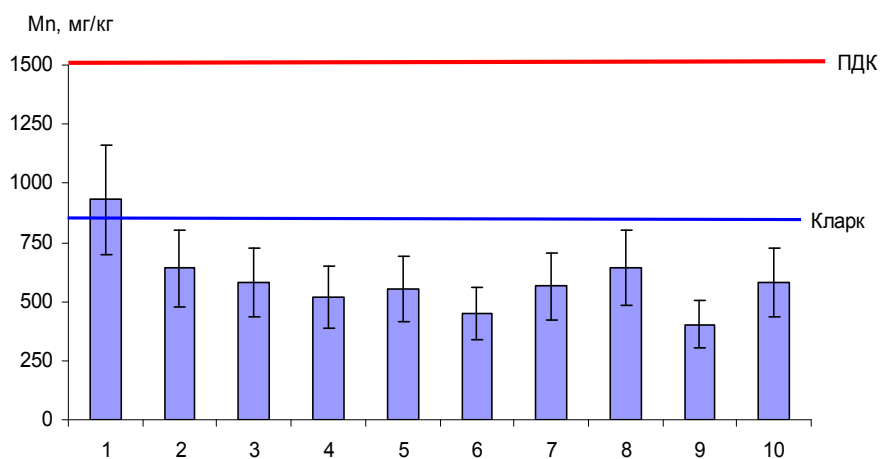


Рис. 5. Валовое содержание марганца в почвах

Хром. Среднее содержание Cr в почвах составляет 19 мг/кг, ПДК в почве — 100 мг/кг, ПДК в атмосферном воздухе 0,0015 мг/м³, ПДК в воде водоисточников — 0,005 мг/дм³.

В результате исследований установлено, что в большинстве образцов почв содержание Сг не превышает ПДК и величину кларка (рис. 6).

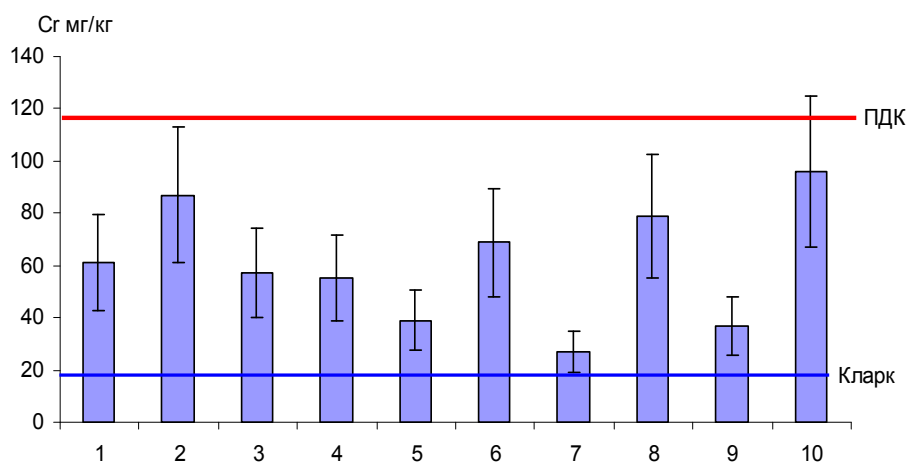


Рис. 6. Валовое содержание хрома в почвах

Кобальт. Среднее содержание его в почвах составляет 0,67 до 13 мг/кг, кларк по Виноградову — 8 мг/кг. Элемент Со относится ко 2 классу опасности, гигиенические нормативы составляют: в атмосферном воздухе — ПДК 0,001 мг/м³, в воде водоемов — ПДК 0,1 мг/дм³. ПДК в почве составляет 20 мг/кг.

Установлено, что во всех образцах почв содержание Со превышает не только фон, но и критические уровни загрязнения, превышение ПДК для большинства образцов составляет от 2,5 ПДК до 3 ПДК (рис. 7).

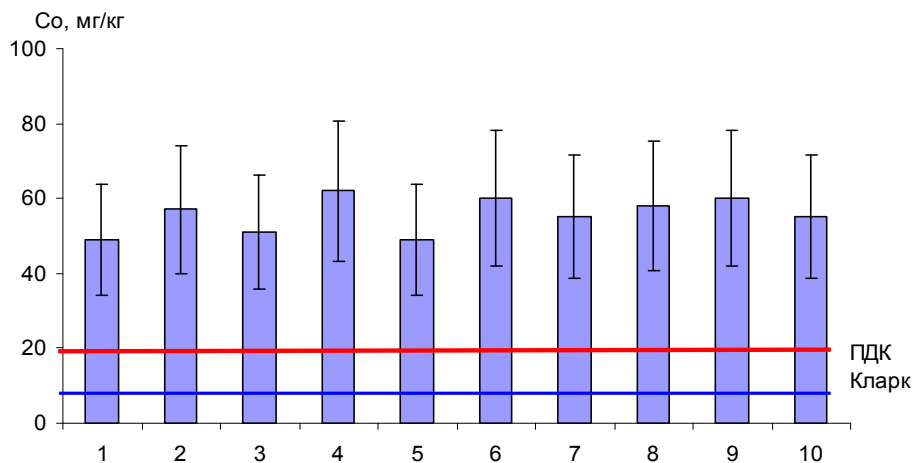


Рис. 7. Валовое содержание кобальта в почвах

Ртуть. Ртуть — относительно редкий элемент в земной коре со средней концентрацией 0,083 мг/кг. Однако ввиду того, что ртуть слабо связывается химически с наиболее распространенными в земной коре элементами, ртутные

руды могут быть очень концентрированными по сравнению с обычными породами. Предельно допустимые уровни загрязненности металлической ртутью и ее парами: ПДК в населенных пунктах (среднесуточная) — $0,0003 \text{ мг/м}^3$, ПДК в жилых помещениях (среднесуточная) — $0,0003 \text{ мг/м}^3$, ПДК водных объектов хозяйственно-питьевого и культурного водопользования — $0,0005 \text{ мг/дм}^3$, ПДК в почве — $2,1 \text{ мг/кг}$, кларк по Виноградову — $0,01 \text{ мг/кг}$, кларк в городских почвах — $0,88 \text{ мг/кг}$ [6; 11].

Анализ (рис. 8) позволяет сделать вывод, что содержание ртути в исследованных образцах почв г. Тюмени не превышает ПДК и даже не достигает значения кларка для селитебных почв, но почти в 10 раз превышает значение кларка почв по А. П. Виноградову.

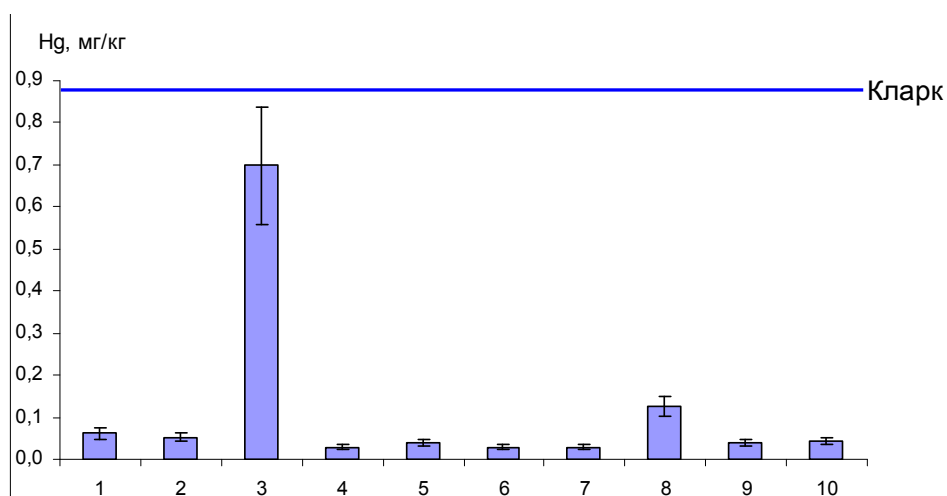


Рис. 8. Валовое содержание ртути в почвах

Закключение. Более детальные исследования техногенного загрязнения почвенного покрова исследованных районов г. Тюмени показали, что почвы по уровню содержания тяжелых металлов характеризуются крайней неоднородностью — от фоновой (зона отдыха «Лесной пруд») до опасной. Практически для всех ТМ наблюдается превышение валового содержания, в сравнении с кларком в почве, для некоторых элементов, таких как **Pb, Ni, Zn, Co** установлено превышение ПДК в несколько раз. В районе аккумуляторного завода наблюдается значительное превышение ПДК: до 4,9 ПДК свинца, до 5,1 ПДК никеля, 2,9 ПДК кобальта, 1,5 ПДК цинка. По показателю степени загрязненности почвенный покров в районе аккумуляторного завода является чрезвычайно загрязненным. В целом, можно отметить, что основные загрязненные районы, которым соответствуют образцы 1, 3, 8, испытывают влияние автомобильного транспорта. Таким образом, на основе проведенных исследований, можно заключить, что наибольшее антропогенное влияние на почвы исследованных районов оказывают аккумуляторный завод и автомобильный транспорт.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Чертко Н. К. Геохимическая экология: учеб. пособие. Минск: БГУ, 2002. 79 с.
2. Ильин В. Б. К вопросу о разработке предельно допустимых концентраций тяжелых металлов в почвах // *Агрохимия*. 1985. № 10. С. 94-101.
3. Ильин В. Б. Тяжелые металлы в почвах Западной Сибири // *Почвоведение*. 1987. № 11. С. 87-94.
4. ПНД Ф 16. 1:2. 2:2. 3. 36-2002 (издание 2011 г.). Методика измерений валового содержания кадмия, кобальта, марганца, меди, никеля, свинца, хрома и цинка в почвах, донных отложениях, осадках сточных вод и отходах методом пламенной атомно-абсорбционной спектроскопии. М., 2002.
5. Алексеенко В. А., Алексеенко А. В. Химические элементы в городских почвах. М.: Логос, 2014. 312 с.
6. Алексеенко В. А., Лаверов Н. П., Алексеенко А. В. К вопросу о содержании химических элементов в почвах селитебных ландшафтов // *Школа экологической геологии и рационального природопользования*. СПб., 2011. С. 39-45.
7. <http://www.autostat.ru/news/view/16220>
8. Копылов Д. И., Князев В. Ю., Ретунский В. Ф. Тюмень. Свердловск: Средне-Уральское книжное издательство, 1986. 320 с.
9. Виноградов А. П. Геохимия редких и рассеянных химических элементов в почвах. М.: Изд-во АН СССР, 1957. 238 с.
10. Санитарные нормы допустимых концентраций химических веществ в почве. СанПиН 42-128-4433-87. М., 1988.
11. Алексеенко В. А., Алексеенко А. В. Химические элементы в геохимических системах. Кларки почв селитебных ландшафтов. Ростов н/Д: Изд-во Южного Федерального университета, 2013. 388 с.

REFERENCES

1. Chertko, N. K. *Geohimicheskaja jekologija [Geochemical Ecology]: A student's guide*. Minsk: BSU, 2002. 79 p.
2. Il'in, V. B. On the question of the development of maximum permissible concentrations of heavy metals in soils // *Agrohimija [Agrochemistry]*. 1985. Issue 10. pp. 94-101.
3. Il'in, V. B. Heavy metals in soils of Western Siberia // *Pochvovedenie [Soil Science]*. 1987. Issue 11. Pp. 87-94.
4. PND F 16. 1:2. 2:2. 3. 36-2002 (izdanie 2011 g). *Metodika izme-renij valovogo soder-zhanija kadmija, koba'l'ta, marganca, medi, nikelja, svinca, hroma i cinka v pochvah, donnyh otlozhenijah, osadkah stochnyh vod i othodah metodom plamennoj atomno-absorbicijnoj spektro-metrii [Technique for measuring the total contents of cadmium, cobalt, manganese, copper, nickel, lead, chromium and zinc in soils, sediments, sewage sludge and waste by the method of flame atomic absorption spectrometry]* Moscow, 2002.
5. Alekseenko, V. A., Alekseenko, A. V. *Himicheskie jelementy v gorodskih pochvah. [Chemical Elements in Urban Soils]*. Moscow: Logos, 2014. 312 p.
6. Alekseenko, V. A., Laverov, N. P., Alekseenko, A. V. To the question of the content of chemical elements in building zones // *Shkola jekologicheskoy geologii i racional'nogo prirodopol'zovanija [School of Environmental Geology and Environmental Management]*. Saint Petersburg, 2011. Pp. 39-45.
7. <http://www.autostat.ru/news/view/16220>
8. Kopylov, D. I., Knjazev, V. Ju., Retunskij, V. F. *Tjumen' [Tyumen]*. Sverdlovsk: Sredne-Ural'skoe knizhnoe izdatel'stvo [Mid-Urals Publishing House]. 1986. 320 p.
9. Vinogradov, A. P. *Geohimija redkih i rassejannyh himicheskij jelementov v pochvah. [Geochemistry of Rare and Trace Chemical Ele-Ments in Soils]*. Moscow: Izd-vo AN SSSR [Publishing House of the USSR Academy of Sciences], 1957. 238 p.

10. Sanitarnye normy dopustimyh koncentracij himicheskikh veshhestv v pochve [Sanitary norms of allowable concentrations of chemicals in soil]. SanPiN 42-128-4433-87. Moscow, 1988.

11. Alekseenko, V. A., Alekseenko, A. V. Himicheskie jelementy v geohimicheskikh sistemah. Klarki pochv selitebnyh landshaftov [Chemical elements in geochemical systems. Clarkes in soil of building zones]. Rostov-on-Don: Izd-vo Juzhnogo Federal'nogo universiteta [Publisher of the Southern Federal University], 2013. 388 p.

Автор публикации

Гульнара Нурчаллаевна Шигабаева — доцент кафедры органической и экологической химии Тюменского государственного университета, кандидат технических наук

Author of the publication

Gulnara N. Shigabaeva — Cand. Sci. (Techn.), Associate Professor, Department of Organic and Ecological Chemistry, Tyumen State University

БИОПОГИЧЕСКИЕ НАУКИ И ЭКОПОГИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

© А. П. ГУСЕВ

Гомельский государственный университет им. Ф. Скорины (Республика Беларусь)
gusev@gsu.by

УДК 911.2+504.54

АНТРОПОГЕННАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ ЛАНДШАФТОВ И СУКЦЕССИИ РАСТИТЕЛЬНОСТИ

ANTHROPOGENIC TRANSFORMATION OF LANDSCAPES AND PLANT SUCCESSIONS

В статье приводятся результаты исследований, направленных на выявление связи между сукцессиями растительности и антропогенной трансформацией окружающего ландшафта. Решаемые задачи: изучение антропогенных изменений ландшафтов в XVIII-XXI вв.; количественная оценка ландшафтной структуры и ее антропогенной трансформации; выяснение влияния антропогенных нарушений в окружающем ландшафте на ход сукцессионных процессов; выявление отличий сукцессий в ландшафтах, имеющих различную степень антропогенной трансформации. Исследования проводились на двух тестовых участках, расположенных на юго-востоке Беларуси (территории, прилегающие к г. Гомелю). Тестовые участки различались антропогенной трансформацией и историей хозяйственного освоения. Установлено, что восстановительные сукцессии в сильно трансформированном ландшафте протекают медленнее. Для сукцессий растительности в сильно трансформированном ландшафте характерна большая продолжительность времени доминирования терофитов и синантропных видов. В сильно трансформированном ландшафте позже на градиенте сукцессии появляются деревья, лесные виды, виды климаксовых экосистем. Лесные стадии сукцессии в сильно трансформированном ландшафте отличаются повышенной синантропизацией (в 5,5 раза) и адвентизацией (в 9,4 раза). Таким образом, ландшафтное окружение является важным фактором, обуславливающим как общую траекторию сукцессии, так и отдельные ее характеристики.

In article results of the researches directed on revealing of communication between plant successions and anthropogenic transformation of the surrounding landscape are resulted. Researches problems: studying of anthropogenic changes of landscapes in XVIII-XXI centuries; quantitative assessment of landscape structure and anthropogenic transformation; finding-out of impact of anthropogenic disturbances in a surrounding

landscape on a course succession processes; revealing of differences of successions in the landscapes having various degree of anthropogenic transformation. Researches were spent on two test areas located in the southeast of Belarus (the territories adjoining to the city of Gomel). Test areas differed with anthropogenic transformation and history of development. It is established that regenerative successions in strongly transformed landscape proceed more slowly. For succession in strongly transformed landscape it is characteristic the big duration of time of domination of terophyta and time of domination of synanthropic species. In strongly transformed landscape later on a gradient of succession there are trees, wood species, species of climax ecosystems. Wood stages of succession in strongly transformed landscape differ raised synanthropization (in 5,5 times) and adventization (in 9,4 times). Thus, the landscape environment is the important factor which stipulates the common direction (trajectory) of the succession and its separate characteristics.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА. Ландшафт, сукцессия, антропогенная трансформация, тестовый участок.

KEY WORDS. Landscape, succession, invasion, anthropogenic transformation, test area.

Сукцессии растительности играют важную роль в преобразующей и стабилизирующей динамике геосистем [1], в процессах самовосстановления геосистем; отражают долговременные состояния ландшафта, могут служить индикатором экологического равновесия в ландшафте и т. д. В подавляющем числе работ в экологии сукцессия рассматривается как локальный процесс, вне ландшафтного контекста. Малоисследованным вопросом является оценка влияния антропогенного преобразования ландшафтов на протекающие в них сукцессии растительности [2; 3].

Влияние антропогенных преобразований ландшафтов на сукцессии растительности имеет несколько аспектов: ландшафтная фрагментация (потеря местообитаний, сокращение их размера и увеличение изоляции пятен местообитаний); эффект наследия (legasy effect), т. е. влияние на современную растительность прошлых нарушений [4].

Целью наших исследований являлось выявление связи между сукцессиями растительности и антропогенной трансформацией ландшафта, в котором эти сукцессии протекают. Решаемые задачи: изучение антропогенных изменений ландшафтов юго-востока Беларуси в XVIII-XXI вв.; количественная оценка ландшафтной структуры и ее антропогенной трансформации; выяснение влияния антропогенных нарушений в окружающем ландшафте на ход сукцессионных процессов; выявление отличий сукцессий в ландшафтах, имеющих различную степень антропогенной трансформации.

Методика исследований. Исследования проводились на двух тестовых участках, расположенных на юго-востоке Беларуси (территории, прилегающие к г. Гомелю). Участок АТЛ (аллювиальный террасированный ландшафт) представляет собой прямоугольник 6,49×8,97 км (площадь 58,2 км²). Участок МЗЛ (моренно-зандровый ландшафт) — прямоугольник 9,0×6,8 км (площадь 61,2 км²).

Климатические особенности района исследований: средняя температура самого холодного месяца (январь) — -7 °С; средняя температура самого теплого месяца (июль) — +18,5 °С; годовая сумма температур выше 10 °С — 2400-2500 °С;

годовое количество осадков — около 630 мм; коэффициент увлажнения — 1,3. По гидротермическим показателям территория относится к суббореальным гумидным (широколиственно-лесным) ландшафтам.

Для составления карт землепользования на трех временных срезах (конец XVIII в., начало XX в., начало XXI в.) использовались топографические карты и материалы Google Earth. Привязка и оцифровка растров выполнялись в Quantum GIS 1.9.0.

Для вычисления ландшафтных метрик использовался программный продукт FRAGSTATS 4.0 [5]. Для оценки изменения структуры ландшафтов тестовых участков были использованы метрики ландшафтного уровня и уровня класса (лесные экосистемы): LPI (Largest Patch Index) — удельная площадь самого большого ареала какого-либо типа землепользования (в %); ED (Edge Density) — отношение суммы длин границ ареалов землепользования в ландшафте к его общей площади (м/га); LSI (Landscape Shape Index) — стандартизированное отношение суммы длин границ ареалов к квадратному корню из общей площади ландшафта (метрика формы); SPLIT (Splitting Index) — отношение площади ландшафта к сумме квадратов площадей всех ареалов (SPLIT=1, если ландшафт представлен одним ареалом); MESH (Effective Mesh Size) — отношение суммы квадратов площадей всех ареалов к общей площади ландшафта (имеет максимальное значение, когда ландшафт представлен одним ареалом). Кроме того, использованы метрики разнообразия: Shannon's Diversity Index (SHDI) и Simpson's Diversity Index (SIDI). Подробное описание и ландшафтно-экологическая интерпретация данных метрик приводится в [5; 6].

Для оценки антропогенной трансформации ландшафтов использованы коэффициент экологической стабильности (K_c) и индекс хемеробности (M).

Коэффициент экологической стабильности определялся по формуле $K_c = \sum s_i * k_i * g$, где s_i — удельная площадь вида землепользования; k_i — экологическая значимость этого вида землепользования; g — коэффициент геолого-геоморфологической устойчивости рельефа. Стабильность ландшафта оценивают по следующей шкале: K_c менее 0,33 — очень низкая; $K_c = 0,34 - 50$ — низкая; $K_c = 0,51 - 0,66$ — средняя; $K_c = 0,67 - 1$ — высокая [7].

Индекс хемеробности рассчитывался по формуле: $M = 100 * \sum (S_{hi}/m) * h$, где S_{hi} — удельная площадь ареала со степенью хемеробности h ; m — число степеней хемеробности; h — степень хемеробности [8].

Статистическая обработка выполнялась с помощью STATISTICA 6.0.

Полевые работы по изучению растительности проводились по общепринятой методике геоботанической съемки (метод пробных площадок [9]). Получены характеристики растительности на 230 ключевых участках (нелесные стадии сукцессий — 86; лесные стадии — 144 ключевых участка). Каждый ключевой участок характеризовался описаниями на 2-5 пробных площадках (размер 100-200 м²). Для изучения сукцессионных процессов использовались 20 постоянных пробных площадок (ППП). В период 2001-2014 гг. на ППП ежегодно выполнялась геоботаническая съемка. При обработке материалов съемок применялся эколого-флористический метод Браун-Бланке [9; 10].

Результаты исследований и их обсуждение. Ландшафтно-исторический анализ динамики землепользования в XVIII-XXI вв. показал, что а) антропогенное воздействие и обусловленные им нарушения структуры ландшафтов в течение времени постоянно возрастали (табл. 1); б) уже в XVIII в. ландшафты

на участке МЗЛ были преобразованы деятельностью человека (лесистость — 20-30%, распаханность — 50-60%).

Таблица 1

Изменение антропогенной трансформации ландшафтов тестовых участков в XVIII-XXI вв.

Показатель	МЗЛ			АТЛ		
	Конец XVIII в.	Начало XX в.	Начало XXI в.	Конец XVIII в.	Начало XX в.	Начало XXI в.
Показатели нарушенности ландшафтов						
Кс	0,46	0,20	-0,07	0,88	0,66	0,42
М	51,3	64,1	70,4	18,0	35,9	42,1
Ландшафтные метрики						
LPI	55,5	57,0	38,4	74,4	21,7	24,9
ED	10,1	20,2	42,2	10,8	36,6	46,9
LSI	3,2	4,9	9,1	3,3	7,8	9,8
MESH	2646	2043	1093	4004	503	737
SPLIT	2,9	2,9	5,4	1,8	11,0	7,6
SHDI	1,08	1,15	1,26	0,75	1,41	1,44
SIDI	0,58	0,57	0,63	0,34	0,66	0,68

Метрики ED, LSI, SPLIT и MESH оценивают фрагментацию ландшафта. Видно, что на тестовых участках величина ED увеличилась в 4,2-4,3 раза, величина LSI — в 2,8-3 раза, величина SPLIT — в 1,9-4,2 раза; величина MESH уменьшилась в 2,4-5,4 раза (т. е. существенно возросла фрагментация ландшафта). Антропогенное преобразование вызвало также рост разнообразия геосистем, что выразилось в увеличении значений метрик SHDI и SIDI.

Видно, что основное различие между тестовыми участками в том, что геосистемы на территории МЗЛ имеют существенно больший уровень антропогенной трансформации (более высокое значение М и более низкое значение Кс) и длительную историю хозяйственного освоения.

Для оценки экологического эффекта изменения ландшафтной структуры необходимо установить взаимосвязь между ее количественными параметрами и характеристиками сукцессионных процессов. На основе обобщения результатов наблюдений на ППП за ходом восстановительных сукцессий установлены основные закономерности, характерные почти для всех ППП, которые выражаются в следующем: постепенное увеличение видового богатства, относительно быстрая смена терофитов многолетними видами, уменьшение доли синантропных видов, появление и развитие древесных видов, снижение степени адвентизации и т. д. В то же время, скорость этих процессов различается в зависимости от ППП [2; 3; 11].

В табл. 2 приведены результаты оценки скорости восстановительных сукцессий на ППП, размещенных на двух тестовых участках. Оценка скорости восстановительных сукцессий проводилась по ряду критериев: продолжительность

доминирования в сообществе терофитов, продолжительность доминирования в сообществе синантропных видов, время появления естественного возобновления древесных видов, время появления в сообществе лесных видов, время появления в сообществе видов класса *Quercus-Fagetea*. Чем быстрее протекает сукцессия, тем меньше продолжительность доминирования терофитов и синантропных видов, раньше появляются деревья, лесные виды и виды класса *Quercus-Fagetea* [11].

Таблица 2

Оценка скорости сукцессии на ППП

Показатель скорости сукцессии	МЗЛ (n=4)	АТЛ (n=16)
Продолжительность доминирования в сообществе терофитов (лет от начала сукцессии)	1,8	1,1
Продолжительность доминирования в сообществе синантропных видов (лет от начала сукцессии)	12,8	4,1
Время появления естественного возобновления древесных видов (лет от начала сукцессии)	8,2	3,9
Время появления в сообществе лесных видов (лет от начала сукцессии)	11,5	4,8
Время появления в сообществе видов класса <i>Quercus-Fagetea</i> (широколиственные леса — климаксовые экосистемы) (лет от начала сукцессии)	12,5	7,0

Видно, что восстановительные сукцессии на тестовом участке МЗЛ протекают медленнее. Здесь больше время доминирования терофитов (в 1,6 раза), больше время доминирования синантропных видов (в 3,1 раза), позже на градиенте сукцессии появляются деревья (в 2,1 раза), лесные виды (в 32,4 раза), виды климаксовых широколиственных лесов (в 1,8 раза).

По результатам геоботанической съемки на 230 ключевых участках были получены характеристики нелесных и лесных стадий сукцессии (табл. 3). Для сравнения нами взяты такие показатели, как видовое богатство, доля терофитов в спектре жизненных форм, доля фанерофитов в спектре жизненных форм, представленность синантропных и лесных видов, адвентизация. В условиях менее нарушенных геосистем АТЛ достоверно выше видовое богатство на лесной стадии, меньше доля терофитов на лесной стадии и, наоборот, выше доля фанерофитов на нелесной и лесной стадиях. Доля лесных видов достоверно отличается только для лесной стадии. Доля синантропных видов здесь достоверно меньше и для лесной, и для нелесной стадий. Растительность АТЛ отличается меньшей адвентизацией, т. е. удельной долей чужеродных (адвентивных) видов.

Менее контрастны различия между тестовыми участками МЗЛ и АТЛ для нелесных стадий сукцессии. На лесных стадиях контрастность возрастает. Так, например, в лесных сообществах АТЛ доля лесных видов в 2,8 раза выше, чем в лесных сообществах МЗЛ. Значительная контрастность на лесных стадиях характерна для синантропизации и адвентизации. В лесных сообществах МЗЛ синантропизация (доля синантропных видов) выше в 5,5 раза, адвентизация (доля адвентивных видов) — выше в 9,4 раза.

В сильно трансформированных геосистемах участка МЗЛ часто встречаются сообщества с доминированием чужеродных видов, например, заросли американских деревьев *Acer negundo* L. и *Robinia pseudoacacia* L., с участием лиан — *Parthenocissus quinquefolia* (L.) Planch и *Echinocystis lobata* (Michx.) Torr. & A. Gray, травянистых растений — *Impatiens parviflora* DC, *Solidago canadensis* L., *Lupinus polyphyllus* Lindl.

Таблица 3

**Сравнение характеристик растительности нелесных
и лесных стадий сукцессии**

Показатель	МЗЛ		АТЛ	
	НС (n=34)	ЛС (n=18)	НС (n=52)	ЛС (n=126)
Видовое богатство (число видов на 100 м ²)	12,8±0,4	12,0±0,3	12,7±0,5	14,9±0,3
Доля терофитов в спектре жизненных форм (% от всех видов)	25,7±4,3	14,6±1,5	26,6±3,5	3,3±0,5
Доля фанерофитов в спектре жизненных форм (% от всех видов)	4,1±0,9	31,1±3,0	8,1±1,4	42,5±1,0
Доля лесных видов (% от всех видов)	1,3±0,4	22,2±2,5	3,9±0,8	61,8±2,3
Доля синантропных видов (% от всех видов)	63,9±3,3	27,5±3,5	47,9±3,4	5,0±0,9
Доля адвентивных видов (% от всех видов)	22,1±1,5	13,2±2,4	16,2±1,7	1,4±0,3

Примечание: НС — нелесные стадии; ЛС — лесные стадии.

Таким образом, имеет место задержка сукцессионных процессов в сильно трансформированном ландшафте (тестовый участок МЗЛ. Для сукцессий растительности в сильно трансформированном ландшафте характерна большая продолжительность времени доминирования терофитов (в 1,6 раза), времени доминирования синантропных видов (в 3,1 раза). Здесь позже на градиенте сукцессии появляются деревья (в 2,1 раза), лесные виды (в 32,4 раза), виды климаксовых экосистем широколиственных лесов (в 1,8 раза). Лесные стадии сукцессии в сильно трансформированном ландшафте отличаются повышенной синантропизацией (в 5,5 раза) и адвентизацией (в 9,4 раза). Ландшафтное окружение является важным фактором, обуславливающим как общую траекторию сукцессии, так и отдельные ее характеристики.

Работа выполнена при финансовой поддержке Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований в рамках научного проекта № Б14Р-205.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сочава В. Б. Введение в учение о геосистемах. Новосибирск: Наука, 1978. 318 с.
2. Гусев А. П. Особенности сукцессий растительности в ландшафтах, нарушенных деятельностью человека (на примере юго-востока Белоруссии) // Сибирский экологический журнал. 2012. № 2. С. 231-236.
3. Гусев А. П. Особенности начальных стадий восстановительной сукцессии в антропогенном ландшафте (на примере юго-востока Белоруссии) // Экология. 2009. № 3. С. 174-179.
4. Gusev A. P. Land-Use History as a Factor of the Contemporary State of a Plant Cover: An Example from Southeastern Belarus // Contemporary Problem of Ecology. 2014. Vol. 7. № 2. Pp. 182-186.
5. McGarigal K., Cushman S. A., Neel M. C., Ene E. FRAGSTATS: Spatial Pattern Analysis Program for Categorical Maps, project homepage [Electronic resource] / University of Massachusetts. Amherst, 2002. Mode of access: <http://www.umass.edu/landeco/research/fragstats/fragstats.html>. Date of access: 12.09.2012.
6. Cushman S. A., McGarigal K., Neel M. C. Parsimony in landscape metrics: Strength, universality, and consistency // Ecological Indicators, 2008. Vol. 8. Pp. 691-703.
7. Агроэкология / под ред. В. А. Черникова, А. И. Чекереса. М.: Колос, 2000. 536 с.
8. Steinhard U. Hemeroby index for landscape monitoring and evaluation / U. Steinhard, F. Herzog, A. Lausch, E. Muller, S. Lehmann // Environmental Induces — System Analysis Approach. Oxford: EOLSS Publ., 1999. Pp. 237-254.
9. Миркин Б. М., Наумова Л. Г., Соломещ А. И. Современная наука о растительности: учебник. М.: Логос, 2002. 264 с.
10. Braun-Blanquet J. Pflanzensociologie. Wien-New York: Springer-Verlag, 1964. 865 p.
11. Гусев А. П. Сукцессии растительности и ландшафтная структура (на примере юго-востока Беларуси) // Вестник Витебского государственного университета. 2013. № 4. С. 21-25.

REFERENCES

1. Sochava, V. B. Vvedenie v uchenie o geosistemah (Introduction to the Study of Ecosystems). Novosibirsk: Nauka, 1978. 318 p. (in Russian).
2. Gusev, A. P. Features of plant succession in landscapes disturbed by anthropogenic activity (by example of Southeastern Belarus) // Sibirskii ekologicheskii zhurnal — Siberian Journal of Ecology, 2012. № 2. Pp. 231-236 (in Russian).
3. Gusev, A. P. Specific features of early stages of progressive succession in an anthropogenic landscape: an example from Southeastern Belarus // Ekologiya — Ecology, 2009. № 3. Pp. 174-179 (in Russian).
4. Gusev, A. P. Land-use history as a factor of the contemporary state of a plant cover: an example from Southeastern Belarus // Contemporary Problems of Ecology. 2014. Vol. 7. № 2. Pp. 182-186.
5. McGarigal, K., Cushman, S. A., Neel, M. C., Ene, E. FRAGSTATS: Spatial Pattern Analysis Program for Categorical Maps, project's homepage [Electronic resource] / University of Massachusetts. Amherst, 2002. Mode of access: <http://www.umass.edu/landeco/research/fragstats/fragstats.html>. Last accessed date: 12 September 2012.
6. Cushman, S. A., McGarigal K., Neel M. C. Parsimony in landscape metrics: Strength, universality, and consistency // Ecological Indicators, 2008. Vol. 8. Pp. 691-703.
7. Agroecologiya (Agroecology) / Ed. V. A. Chernikov, A. I. Chekeres. Moscow: Kolos, 2000. 536 p. (in Russian).

8. Steinhard, U., Herzog, F., Lausch, A., Muller, E., Lehmann, S. Hemeroby index for landscape monitoring and evaluation // Environmental Induces — System Analysis Approach. Oxford: EOLSS Publ., 1999. Pp. 237-254.
9. Mirkin, B. M., Naumova, L. G., Solomeshch, A. I. Sovremennaya nauka o rastitel'nosti (Modern Science of Vegetation). Moscow: Logos, 2002. 264 p. (in Russian).
10. Braun-Blanquet, J. Pflanzensociologie. Wien-New York: Springer-Verlag, 1964. 865 p.
11. Gusev, A. P. Plant succession and landscape pattern (on an example of the south-east of Belarus) // Vestnik Vitebskogo gosudarstven-nogo universiteta — Vitebsk State University Herald, 2013. № 4. Pp. 21-25 (in Russian).

Автор публикации

Андрей Петрович Гусев — доцент Гомельского государственного университета им. Ф. Скорины (Республика Беларусь), кандидат геолого-минералогических наук

Author of the publication

Andrei P. Gusev — Cand. Sci. (geolog.-mineralog.), Associate Professor, Francysk Skaryna Homiel State University (Belarus)

© М. Н. КАЗАНЦЕВА¹, А. Ю. ХАЙДУКОВА²

¹ИПОС СО РАН, ²Тюменский государственный университет

¹mnkazantseva@yandex.ru, ²anastasia_khidukova@mail.ru

УДК 630*231+907.2

ЕСТЕСТВЕННОЕ ВОЗОБНОВЛЕНИЕ ДРЕВЕСНЫХ РАСТЕНИЙ В РЕКРЕАЦИОННЫХ СОСНЯКАХ ЗЕЛеной ЗОНЫ г. ТЮМЕНИ

NATURAL REGENERATION OF WOODY PLANTS IN THE RECREATIONAL PINE FORESTS OF GREEN ZONE TYUMEN

В статье анализируется успешность естественного возобновления древесных растений в сосняках зеленой зоны г. Тюмени. Дана общая характеристика 13 пробных площадей, заложенных в лесах с различной интенсивностью рекреационной нагрузки. В общей сложности на обследованных участках отмечен подрост 10 видов деревьев и древовидных кустарников. В составе подроста помимо аборигенных видов участвуют и виды-интродуценты, используемые в озеленении города и лесопарковых зон. Установлено, что общее количество подроста и характер его распределения по площади слабо зависят от таксационных характеристик древостоя, но в значительной мере определяется степенью рекреационной дигрессии биоценоза. Отрицательно влияет на возобновление древесных растений наличие кустарниковых зарослей и высокое обилие в живом напочвенном покрове дерновинных злаков и осок. Особое внимание в работе уделено оценке успешности возобновления основной лесообразующей породы — сосны обыкновенной. Ее доля в общем составе подроста на разных участках варьирует от 0 до 88%. Показано, что рекреационные сосняки зеленой зоны г. Тюмени в большинстве случаев не обеспечены достаточным количеством соснового подроста.

The article analyzes the success of natural regeneration of woody plants in the pine forests of the green zone of the city of Tyumen. The general characteristic of 13 test areas in the forests with varying intensity recreational load is given. In total, the surveyed areas marked regrowth 10 species of trees and tree shrubs. As part of the regrowth in addition to native species are involved and Exotic species used in landscaping the city and forest parks. It was found that the total amount of undergrowth and the nature of its distribution is weakly dependent on the structural characteristics of the tree stand, but is largely determined by the degree of recreational digression biocenosis. Shrub thickets and high abundance in the live ground cover of tussock grasses and sedges negatively affect the natural regeneration of woody plants. Special attention was paid to evaluation of the success of the resumption of the main tree species — Scots pine. The proportion of pine in the total number of regrowth on different sites varies from 0 to 88%. It is shown that recreational pine forests of green zone Tyumen in most cases not provided with enough pine regrowth.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА. Рекреационные леса, сосняки, естественное возобновление, подрост.

KEY WORDS. Recreational forests, pine forests, natural regeneration, regrowth.

Раскрытие закономерностей естественного возобновления леса имеет большое теоретическое и практическое значение. По наличию и качеству подроста можно судить о ходе и успешности возобновления, возможности воспроизводства лесных ресурсов естественным путем. Отсутствие подроста ставит под угрозу будущее существование леса и зачастую требует проведения мер содействия естественному возобновлению или создания лесных культур [1].

Лесной биогеоценоз — сложный живой организм, функционирование которого основано на устойчивых связях между всеми его компонентами. Рекреационная деятельность человека разносторонне воздействует на эти связи, приводит к изменению структуры древесного яруса, вызывает перестройки в видовом составе и обилии травянистой растительности, обуславливает гибель самосева и подроста древесных растений, приводит к уплотнению подстилки, что затрудняет водно-воздушный режим почв и препятствует прорастанию семян [2].

Целью нашей работы является оценка успешности естественного возобновления древесных растений в рекреационных сосновых лесах зеленой зоны города Тюмени.

Работы проводились на 13 пробных площадях (ПП) размером (25×25 м); 11 из них расположены в пределах зеленой зоны Тюмени, еще две находятся вдали от города и приняты в качестве контрольных. Учет древесного подроста проводился на 25 учетных площадках 1×1 м, закладываемых через одинаковое расстояние по пяти параллельным трансектам, пересекающим пробную площадь. К подросту относили молодые экземпляры деревьев и древовидных кустарников высотой до 1,5 м. Для каждого экземпляра указывались: высота и состояние по трехбалльной шкале (уд., неуд., погиб).

Древостои на всех участках представлены взрослыми, приспевающими и спелыми насаждениями сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris*), и имеют близкие значения по большинству таксационных показателей (табл. 1). Помимо сосны в составе древесного яруса часто присутствует береза повислая (*Betula pendula*), реже — осина (*Populus tremula*). На двух опытных площадях отмечен клен ясенелистный — *Acer negundo*.

Таблица 1

Общая характеристика пробных площадей

№ п/п	Тип сосняка	Породный состав	Число стволов шт./га	Средние показатели			
				диаметр ствола, см	диаметр кроны, м	высота ствола, м	ОПП ЖНП, %
1	2	3	4	5	6	7	8
1(к)	Разнотравно-зеленомошный	8С2Б	864	29,4	4,2	23,9	43,2
2(к)	Разнотравно-зеленомошный	9С1Б+ Ос	672	26,9	2,3	24,2	60,8
3	Разнотравно-злаково-малинниковый	10С	576	23,0	3,9	25,3	54,0

Окончание табл. 1

1	2	3	4	5	6	7	8
4	Снытево-малин- никовый	9С1Б	640	20,8	3,0	24,5	48,8
5	Разнотравно- малинниковый	6С3Кл 1Ос+Б	688	21,4	4,0	16,9	23,8
6	Разнотравно- осочковый	8С2Б+ Ос	672	24,9	2,5	23,3	40,7
7	Малинниково- разнотравный	7С3Б	468	30,3	3,0	23,6	34,8
8	Осочково- малинниковый	8С2Б	1184	28,3	4,1	23,5	46,3
9	Малинниково- разнотравный	8С2Кл+Б	704	28,3	4,0	23,1	19,1
10	Осочково- разнотравный	8С2Б	656	26,0	2,8	27,2	21,6
11	Разнотравно- осочковый	8С2Б	640	27,7	3,6	24,1	30,9
12	Осочково- разнотравный	8С2Б	768	26,0	3,4	26,3	28,3
13	Разнотравный	9С1Б	720	25,2	3,1	26,8	55,2

Примечание: (к) — контрольные площади; ОПП ЖНП — общее проективное покрытие живым напочвенным покровом.

Опытные площади представлены в основном травяными и малинниковыми типами леса, что является достаточно характерным для пригородных сосняков г. Тюмени [3; 4]. Сосняки на контрольных участках относятся к зеленомошной группе типов леса.

При обследовании пробных площадей нами был отмечен подрост 10 видов деревьев и древовидных кустарников (табл. 2). На опытных участках помимо представителей местной флоры присутствует также подрост видов-интродуцентов, используемых в озеленении города и лесопарковой зоны.

Таблица 2

**Представленность подроста разных видов древесных растений
на пробных площадях**

№	Вид	№№ Пробных площадей												
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	Сосна обыкновенная (<i>Pinus sylvestris</i>)	+	+	+	+	+		+	+		+	+	+	+
2	Береза повислая (<i>Betula pendula</i>)	+	+	+		+								
3	Осина обыкновенная (<i>Populus tremula</i>)	+	+	+		+	+		+		+	+		

Окончание табл. 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
4*	Дуб черешчатый (<i>Quercus robur</i>)				+					+				
5*	Клен ясенелистный (<i>Acer negundo</i>)			+	+	+	+		+	+		+		+
6*	Яблоня ягодная (<i>Malus baccata</i>)			+	+			+	+					
7	Рябина сибирская (<i>Sorbus aucuparia</i>)	+	+				+	+	+		+	+	+	+
8	Черемуха обыкновенная (<i>Prunus padus</i>)	+			+			+	+	+		+		+
9*	Ирга колосистая (<i>Amelanchier spicata</i>)							+						
10	Ива козья (<i>Salix caprea</i>)	+												
Всего видов		6	4	5	5	4	3	5	6	3	3	5	2	4

Примечание: «+» — вид отмечен на пробной площади;

* — виды-интродуценты.

Общее количество подроста древесных растений на разных участках варьирует в широких пределах (табл. 3).

Таблица 3

**Общая характеристика древесного подроста
и стадии рекреационной дигрессии на пробных площадях**

№ п/п	Показатели подроста						Стадия дигрессии
	Количество, тыс. шт./га		Встречаемость, %		Средняя высота, см		
	всего	сосна	всего	сосна	всего	сосна	
1	54,7	32,7	80,0	76,7	118,6	18,2	1
2	8,0	3,3	80,0	46,7	102,7	63,4	1
3	4,7	0,3	26,7	3,3	18,3	35,0	3
4	27,7	23,0	53,3	15,3	96,6	5,2	3
5	46,4	7,6	100	28,0	54,2	49,2	2
6	2,3	-	20,0	-	98,9	-	2
7	21,7	14,0	73,3	33,3	39,6	18,8	2
8	10,0	0,3	43,3	3,3	71,3	7,0	3
9	35,6	-	63,3	-	14,8	-	4
10	5,0	2,0	33,3	6,7	70,0	2,6	4
11	32,0	28,3	80,0	73,3	10,9	7,8	2
12	4,3	3,7	13,3	6,7	13,9	4,6	2
13	3,7	1,7	23,3	6,7	28,2	30,0	2

Примечание: «-» — подрост отсутствует.

Как правило, успешность естественного возобновления находится в зависимости от структурных особенностей фитоценоза. Высокие показатели полноты древостоя, сомкнутости крон и обилия живого напочвенного покрова приводят к угнетению лесовозобновительного процесса за счет сильного конкурентного давления на самосев и подрост со стороны древесной и травянистой растительности. Однако проведенный нами анализ не выявил статистически значимого влияния на количественные характеристики подроста таксационных показателей древостоя и общего проективного покрытия участков живым напочвенным покровом. Мы объясняем это неравномерным размещением растительности рекреационных лесов, расчлененных дорожно-тропиночной сетью. В результате даже в высокополнотных насаждениях всегда присутствуют участки с разреженным древостоем и прогалины, где почвенные условия и степень освещенности вполне пригодны для поселения и развития подроста, в том числе и светолюбивых видов. В силу указанных выше причин размещение древесного подроста в пригородных лесах, как правило, имеет мозаичный характер. Это подтверждается и показателем встречаемости (доля учетных площадок с наличием подроста от их общего количества, в %), значения которого на опытных площадях, за редким исключением, ниже, чем в контроле (табл. 3).

На успешность лесовозобновления значительное влияние оказывает наличие кустарниковых зарослей и характер травянистой растительности. Так, под пологом малины обыкновенной (*Rubus idaeus*), которая присутствует почти на всех опытных участках, подрост практически не встречается. Участие в растительном покрове дерновинных злаков и осок приводит к уплотнению подстилки, затрудняя проникновение в почву влаги и прорастание семян.

Под влиянием рекреационного воздействия лесные биоценозы проходят ряд характерных состояний, что дает возможность выделить отдельные стадии рекреационной дигрессии, отличные друг от друга [5]. Разными авторами предлагались свои шкалы для оценки регрессионных изменений с выделением от трех до семи стадий [6-10]. В своей работе мы использовали шкалу, предложенную Н. С. Казанской [11], которая включает 5 стадий. В основу шкалы положены показатели густоты дорожно-тропиночной сети, состояние лесной подстилки и основных компонентов растительности. Первая стадия означает минимальную степень воздействия, а пятая — практически полную гибель нижних ярусов леса. Среди обследованных нами участков пятой стадии дигрессии не было отмечено ни на одном. Состояние контрольных площадей соответствует первой стадии, а большая часть опытных — второй и третьей (табл. 3).

На рис. 1 показана зависимость успешности естественного возобновления древесных растений от стадии рекреационной дигрессии сосняков. Можно видеть, что общее количество подроста на нарушенных участках снижается по сравнению с контролем. Для сосны отмечается четкая прямая связь между этими показателями. Поведение других видов не столь однозначно. Так, на некоторых участках, достаточно сильно нарушенных, отмечался обильный подрост клена ясенелистного и яблони ягодной. По-видимому, это связано с их более высокой устойчивостью к вытаптыванию и затенению. Жизненное состояние подроста названных видов в большинстве случаев оценивается как удовлетворительное.

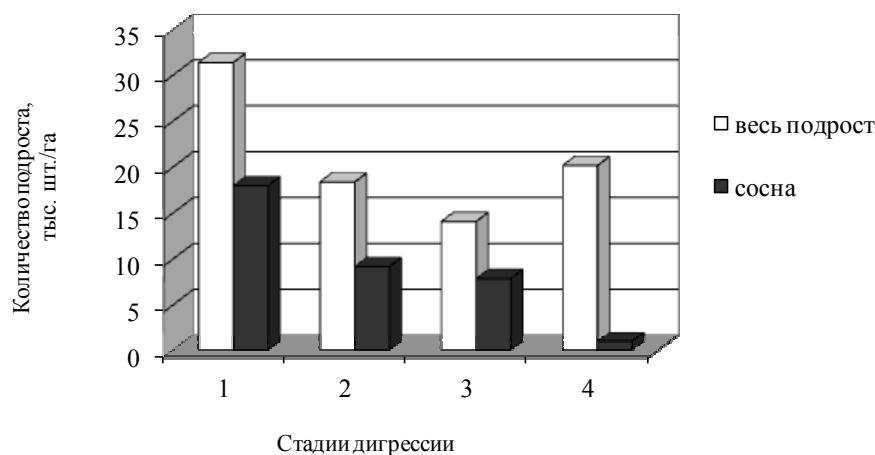


Рис. 1. Среднее количество подроста на пробных площадях в зависимости от стадии рекреационной дигрессии

Особо следует остановиться на возобновлении основной лесообразующей породы — сосны обыкновенной, т. к. от количества и состояния ее молодых генераций зависит не только будущее лесного сообщества как такового, но и сохранение исходной (сосновой) формации. Подрост сосны присутствует на 11 из 13 пробных площадей, но на двух из них (ПП №№ 3 и 8) представлен единичными экземплярами. На остальных участках доля сосны в составе подроста колеблется от 16% (ПП № 5) до 88% (ПП № 11). Средняя высота растений на разных участках находится в диапазоне от 2,6 до 63,4 см. Отсутствие крупного подроста (старших возрастов) — тревожный признак, свидетельствующий о проблемах с преемственностью разных поколений сосны. Тем не менее, большая часть ее подроста на обследованных площадях находится в удовлетворительном состоянии (рис. 2).

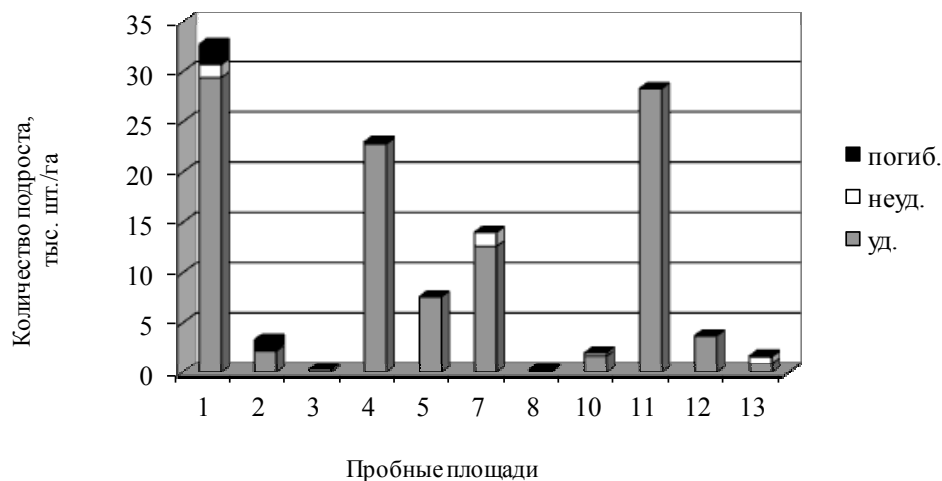


Рис. 2. Распределение подроста сосны на пробных площадях по категориям состояния

Согласно шкале оценки возобновления главных пород под пологом леса для Западной Сибири [12], хорошее возобновление сосны наблюдается только на 5 пробных площадях (ПП №№ 1, 4, 5, 7 и 11). Это менее половины обследованных сосняков. Количество благонадежного соснового подроста здесь достаточно для естественного возобновления леса без смены пород.

Таким образом, на всех обследованных участках в рекреационных сосняках г. Тюмени отмечаются процессы естественного возобновления. В составе подроста присутствуют различные виды древесных и кустарниковых растений, в том числе виды-интродуценты, используемые в озеленении города и лесопарковых зон. Рекреационное воздействие на лесные биоценозы приводит к сокращению общего количества подроста и обуславливает неравномерность его распределения по площади. На успешность возобновления оказывает отрицательное влияние наличие в растительном покрове кустарниковых зарослей, дерновинных злаков и осок. Большая часть обследованных сосняков не обеспечена в достаточном количестве подростом основной лесобразующей породы — сосны обыкновенной.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Верхунов П. М. Генезис и возрастное строение современных сосновых лесов Сибири // Лесоводственные исследования в лесах Сибири. Вып. 2. Красноярск, 1970. С. 7-58.
2. Полякова Г. А. Рекреация и деградация лесных биогеоценозов // Лесоведение. 1979. № 3. С. 70-80.
3. Казанцева М. Н. Влияние города на состояние и динамику лесных фитоценозов // Вестник экологии, лесоведения и ландшафтоведения. 2003. Вып. 4. С. 25-32.
4. Хайдукова А. Ю., Казанцева М. Н. Естественное возобновление древесных растений в пригородных сосняках г. Тюмени // Актуальные вопросы лесного комплекса. 2013. № 35. С. 135-138.
5. Генсирук С. А., Нижник М. С., Возняк Р. Р. Рекреационное использование лесов. Киев: Урожай, 1987. 247 с.
6. Репшас Э. А. Оптимизация рекреационного лесопользования (на примере Литвы). М.: Наука, 1994. 240 с.
7. Ковалев Б. И. Оценка степени изменения состояния лесов // Лесное хозяйство. 1999. № 2. С. 45-46.
8. Козобродов А. С. Влияние рекреационных нагрузок на сосновые биогеоценозы зеленой зоны г. Мурманска // Проблемы экологии на Европейском Севере. Архангельск: АЛТИ. 1992. С. 27-30.
9. Тарасов А. И. Рекреационное лесопользование. М.: Агропромиздат, 1986. 175 с.
10. Таран И. В. Рекреационные леса Западной Сибири. Новосибирск: Наука, 1985. 230 с.
11. Казанская Н. С., Ланина В. В., Марфенин Н. Н. Рекреационные леса. М.: Лесная промышленность, 1977. 96 с.
12. Руководство по проведению лесовосстановительных работ в лесах Западной Сибири. М.: Типография ЦБНТИлесхоза, 1985. 71 с.

REFERENCES

1. Verhunov, P. M. Genesis and age structure of modern pine forests of Siberia // Silvicultural Research in the Forests of Siberia. Vol. 2. Krasnoyarsk, 1970. Pp. 7-58.
2. Polyakova, G. A. Recreation and degradation of forest ecosystems // Silviculture. 1979. № 3. Pp. 70-80.

3. Kazantseva, M. N. The influence of the city on the state and dynamics of forest communities // Bulletin of the Ecology, Forestry and Landscape Study. 2003. Vol. 4. Pp. 25-32.
4. Khaidukova, A. Y., Kazantseva, M. N. Natural regeneration of woody plants in suburban forests of Tyumen // Current Issues of the Forest Complex. 2013. № 35. Pp. 135-138.
5. Gensiruk, S. A., Nizhnik, M. S., Wozniak, R. R. Recreational Use of Forests. Kiev: Vintage, 1987. 247 p.
6. Repshas, E. A. Optimization of Recreational Forest Management (by the Example of Lithuania). Moscow: Nauka, 1994. 240 p.
7. Kovalev, B. I. Assessment of the degree of change in the state forests // Forestry. 1999. № 2. Pp. 45-46.
8. Kozobrodov, A. S. The impact of recreational pressure on pine biogeocoenoses green zone in Murmansk // Ecological Problems in the European North. Archangelsk: AFTI, 1992. Pp. 27-30.
9. Tarasov, A. I. Recreational Forest. Moscow: Agropromizdat, 1986. 175 p.
10. Taran, I. V. Recreational Forests in Western Siberia. Novosibirsk: Nauka, 1985. 230 p.
11. Kazanskaya, N. S., Lanina, V. V., Marfenin, N. N. Recreational Forest. Moscow: Forestry, 1977. 96 p.
12. Guidelines for Reforestation in the Forests of Western Siberia. Moscow: Tipografiia TsBNTIleskhoza Publ., 1985. 71 p.

Авторы публикации

Мария Николаевна Казанцева — ведущий научный сотрудник ИПОС СО РАН, г. Тюмень, кандидат биологических наук

Анастасия Юрьевна Хайдукова — студентка II курса группы 38Бм139 Тюменского государственного университета магистерской программы «Экологическая генетика»

Authors of the publication

Maria N. Kazantseva — Cand. Biol. Sci., Leading Researcher, Institute of Problems of Development of North, Siberian Division of the Russian Academy of Sciences

Anastasia Yu. Khaidukova — Second-Year Student, Group 38Bm139, Master Degree Program "Ecological Genetics", Tyumen State University

© Т. В. СВИРИДЕНКО¹, Б. Ф. СВИРИДЕНКО²,
О. Е. ТОКАРЬ³, К. С. ЕВЖЕНКО⁴

¹НИИ экологии Севера Сургутского государственного университета

²НИИ экологии Севера Сургутского государственного университета

³Филиал Тюменского государственного университета в г. Ишиме

⁴Омский государственный педагогический университет

¹tatyanasv29@yandex.ru, ²bosviri@mail.ru, ³tokarishim@yandex.ru

УДК 581.9(574.2): 582.271

**РАСПРОСТРАНЕНИЕ, ЭКОЛОГИЯ И ЦЕНОТИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ
CHARA FRAGILIS DESVAUX (CHAROPHYTA)
НА ЗАПАДНО-СИБИРСКОЙ РАВНИНЕ**

**DISTRIBUTION, ECOLOGY AND COENOTIC VALUE OF CHARA
FRAGILIS DESVAUX (CHAROPHYTA) IN THE WEST SIBERIAN PLAIN**

На Западно-Сибирской равнине известно 70 местонахождений *Chara fragilis* Desvaux (= *C. globularis* Thuillier). Большинство популяций вида отмечено в степной, лесостепной зонах, а также на юге лесной зоны. Вид обитает в малых реках, старичных, долинных и водораздельных озерах, во временных и искусственных водоемах на глубинах 0,1-2,9 м. Вид связан с илистыми и песчано-илистыми грунтами, гораздо реже встречается на глинах, торфе, затопленной почве. В экотопах *C. fragilis* жесткость воды составляет 2,2-8,6 мг-экв/дм³, минерализация воды — 0,28-3,88 г/дм³, водородный показатель — рН 7,2-9,2. Растительные группировки с участием *C. fragilis* являются как временно существующими начальными стадиями гидрогенных сукцессий, развивающимися во вновь сформированных водных экотопах, так и стабильно существующими фитоценозами. В целом на Западно-Сибирской равнине *C. fragilis* проявляет преимущественно стратегию эксплорента и, реже — пациента, выполняя иногда функцию эдификатора устойчивых моноценозов.

In the West Siberian Plain, 70 locations of *Chara fragilis* (= *C. globularis* Thuillier) are known. Most of the species' populations were found in the steppe and the forest-steppe belts as well as in the south of the forest belt. The species lives in small rivers, meander and watershed lakes, in temporary and artificial water bodies at depths of 0.1 to 2.9 m. The species mostly occurs on muddy or sandy and muddy bottoms, more rarely on clays, peat and flooded soil. In the ecotopes of *C. fragilis*, water hardness is 2.2 to 8.6 meq/dm³, water salt content is 0.28 to 3.88 g/dm³, pH value is 7.2 to 9.2. Plant aggregations involving *C. fragilis* are temporary initial phases of hydrogenous successions developing in newly formed aquatic ecotopes, as well as permanent phytocoenoses. In general, in the West Siberian Plain, *C. fragilis* mostly exhibits the explerent strategy, less often the patient one, sometimes functioning as an edificator of permanent monocoenoses.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА. *Chara fragilis*, *Chara globularis*, Западно-Сибирская равнина, экология, распространение.

KEY WORDS. *Chara fragilis*, *Chara globularis*, West Siberian Plain, ecology, distribution.

Введение. Харовые водоросли совместно с цветковыми гидрофитами участвуют в формировании растительного покрова водных объектов Западно-Сибирской равнины. Эти водоросли оказывают влияние на формирование среды обитания гидробионтов, т. к. участвуют в аэрации воды, осаждают взвеси на своих талломах, трансформируют химический состав водной среды и донных грунтов, служат кормовыми объектами [1]. Накопление данных о распространении, условиях обитания, ценотической роли харофитов происходит медленно в связи с редкой встречаемостью этих растений. Впервые на Западно-Сибирской равнине образцы *Chara fragilis* (= *C. globularis* Thuillier) собраны в лесной зоне П. Н. Крыловым в 1886 г. [2]. За последовавший длительный период времени разными исследователями популяции *C. fragilis* обнаружены в степной, лесостепной зонах, в южной части лесной зоны, одна популяция — в средней части лесной зоны [2-18].

Целью настоящей работы является обобщение материалов о распространении, экологии и ценотическом значении *C. fragilis* на Западно-Сибирской равнине.

Материалы и методика. Авторские полевые исследования харовых водорослей Западно-Сибирской равнины выполнены в 1982-2012 гг.

В 1982-1994 гг. были обнаружены популяции *Chara fragilis* в степной зоне Казахстана (оз. Большой Тарангул, Башкирское, Загонное, Жаркаин, р. Камысакты), а также в нескольких пунктах лесостепной зоны (оз. Пестрое, Рыбное, временный водоем у г. Петропавловска) [6-8; 11] (рис. 1).

В 1998-2010 гг. образцы *C. fragilis* собраны были на территории Российской Федерации в различных временных водоемах лесостепной части Омской области: в г. Омске и его окрестностях, у пос. Новая Станица и у г. Называевска, а также в верховьях р. Яман [10; 11]. На юге Тюменской области О. Е. Токарь вид *C. fragilis* отмечен в долине р. Ишим: в старице Сухой в окрестностях пос. Новоселезнево [12] и в оз. без названия у пос. Большой Остров. В южной части лесной зоны популяция *C. fragilis* обнаружена в оз. Пахотное (окрестности пос. Пестово Тюменской обл.) [13] и 12 ценопопуляций найдены К. С. Евженко в оз. Шайтан, Белое, Себеляково, Кривуша, в старичных озерах без названий вблизи пос. Юрто-Уйск, Усть-Инцы, Ишеево, Низовое в Омской области [15; 16]. Самая северная популяция *C. fragilis*, расположенная в средней части лесной зоны, обнаружена А. Л. Васиной 16.08.2006 г. в оз. Копаное на территории заповедника «Малая Сосьва» в Ханты-Мансийском автономном округе-Югре Тюменской области [17]. В последнее время находки *C. fragilis* были выполнены в 2012 г. в степной зоне на территории Казахстана (водохранилище-охладитель Экибастузской ГРЭС-2) [18] и в 2013 г. в лесной зоне (пруд у пос. Бергамак, Омская область, Россия). В полевых условиях были получены данные о глубине распространения вида, проведено визуальное описание грунтов [19], определена активная реакция воды и выполнен химический анализ проб воды из местообитаний вида по стандартным методикам [20]. Всего составлено 84 описания группировок с участием *C. fragilis*, их дифференциация

на фитоценозы (стабильные группировки) и проценозы (кратковременно существующие группировки) выполнены на основе подходов, изложенных в работе В. Д. Александровой [21]. Методика классификации исследованных растительных группировок представлена в работе Б. Ф. Свириденко [22]. Названия видов сосудистых растений приведены по сводке С. К. Черепанова [23]. Таксономическая обработка харовых водорослей выполнена по определителю [1]. Всего на Западно-Сибирской равнине, с учетом литературных данных, обнаружено 70 местонахождений *C. fragilis* в 65 водных объектах (рис. 1). Суммарная солнечная радиация в районах распространения этого вида составляет (80–110 ккал/см² в год (с учетом самой северной популяции), однако на большей части территории составляет не менее 95 ккал/см² в год [24].

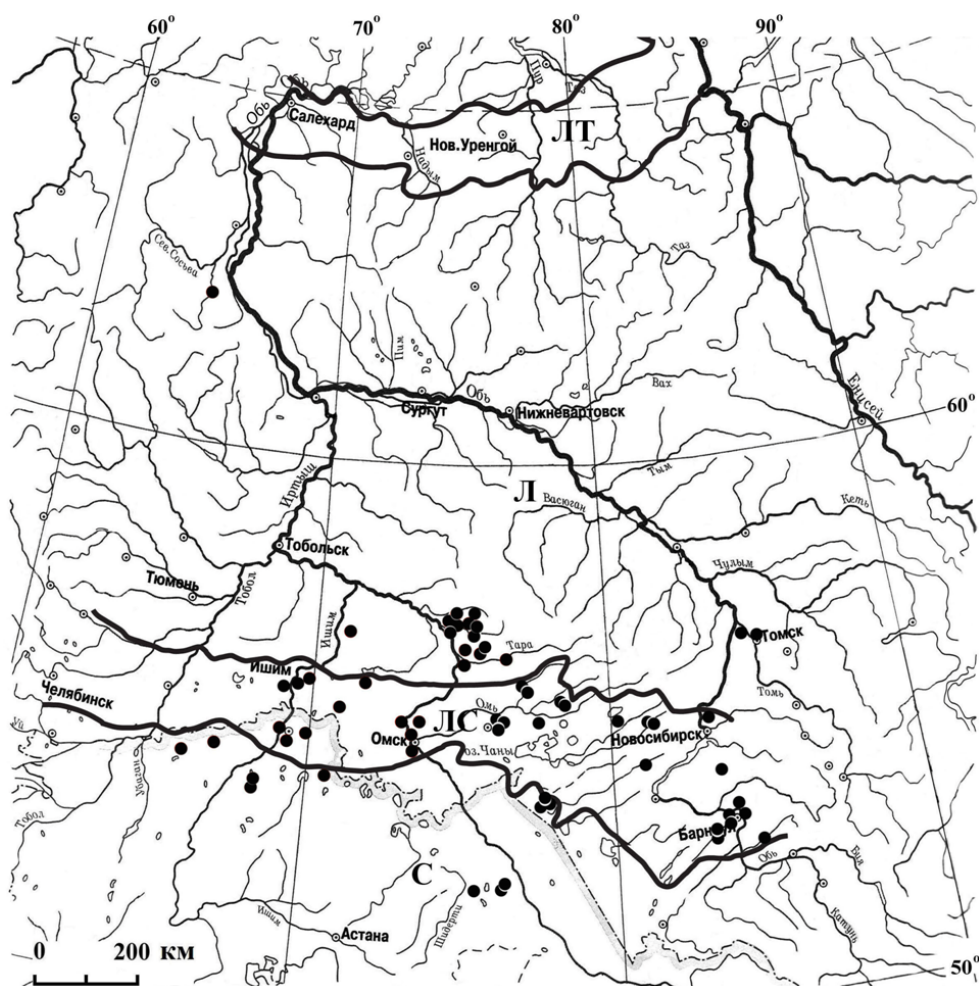


Рис. 1. Местонахождения *Chara fragilis* на Западно-Сибирской равнине (•).
Природно-климатические зоны: С — степная, ЛС — лесостепная, Л — лесная,
ЛТ — лесотундровая (границы зон выделены черными линиями)

Результаты исследования и их обсуждение. Полученные нами материалы свидетельствуют о том, что на Западно-Сибирской равнине *Chara fragilis* обитает в небольших реках, старичных, долинных и водораздельных озерах, во временных и искусственных водоемах (прудах, каналах). Общий диапазон глубин в экотопах вида составляет 0,1-2,9 м, большинство популяций обнаружено на глубинах свыше 0,5 м. На максимальной глубине популяции *C. fragilis* отмечены в крупных озерах Большой Тарангул, Башкирское, Жаркаин (Казахстан) и в оз. Шайтан (Омская область, Россия). Вид предпочитает илистые и песчано-илистые грунты (черные, темно-серые, светло-серые, серые илы, заиленные и чистые пески), гораздо реже встречается на глинах, торфе, затопленной почве с иловыми наносами. В пределах западносибирской части ареала *C. fragilis* развивается как в пресных, так и слабосоленоватых водах в диапазоне минерализации воды 0,28-3,88 г/дм³. По составу основных ионов вода пресноводных экотопов гидрокарбонатного класса групп кальция, магния, натрия, а также хлоридно-гидрокарбонатного класса группы натрия, реже хлоридного класса группы натрия. Общая жесткость находится в пределах 2,2-8,6 мг-экв/дм³, рН 7,2-9,2. Воды слабосоленоватых экотопов данного вида хлоридного класса группы натрия (оз. Жаркаин, Загонное). Жесткость в таких водах достигает 7,8-12,1 мг-экв/дм³ [6; 7; 11; 25]. Необходимо отметить, что габитус *C. fragilis* в различных местообитаниях значительно отличается. На глубинах более 2,0 м формируются крепкие талломы *C. fragilis*, достигающие в высоту от 0,4 до 1,5 м (рис. 2а). На глубинах до 0,4 м в полосе активной волновой деятельности талломы вида обычно низкорослые (рис. 2б).

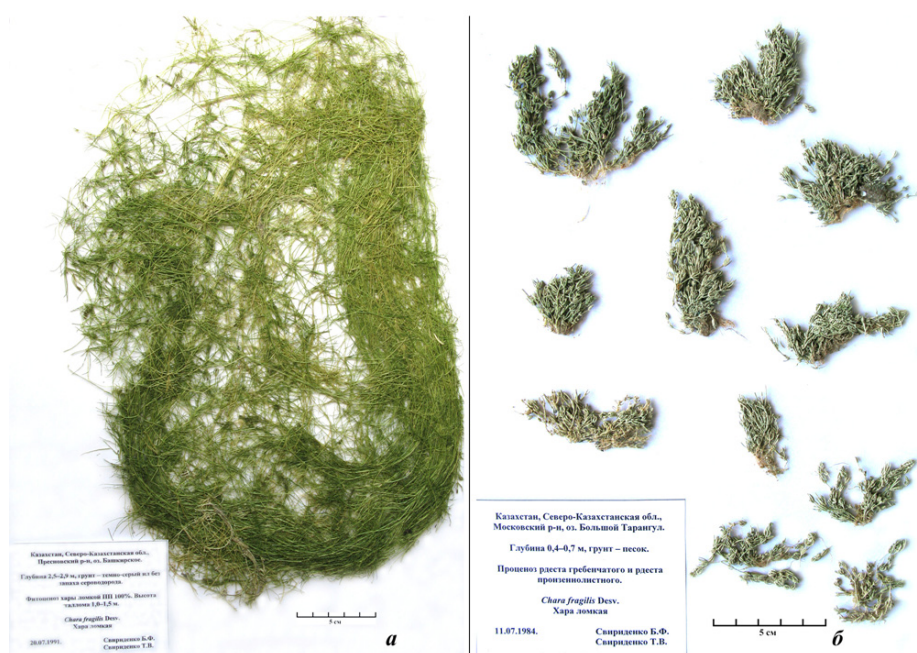


Рис. 2. Образцы талломов *Chara fragilis* из водных объектов на юге Западно-Сибирской равнины (Казахстан): а — оз. Башкирское (глубина 2,5-2,9 м), б — оз. Большой Тарангул (глубина 0,4-0,7 м)

Анализ гидрофильных группировок с участием 84 западносибирских ценопопуляций *Chara fragilis* позволил установить ряд особенностей ценокомплекса этого вида. Флористический состав ценокомплекса включает 60 видов, в том числе цветковых 41 вид (68,3%), макроскопических водорослей — 18 видов (30,0%), гидрофильных печеночников — 1 вид (1,7%). По числу видов в сложении группировок преобладают цветковые гидатофиты — 21 вид (35,0%): *Potamogeton pectinatus*, *P. perfoliatus*, *P. crispus*, *P. compressus*, *P. gramineus*, *P. berchtoldii*, *P. friesii*, *P. obtusifolius*, *P. pusillus*, *Myriophyllum spicatum*, *M. verticillatum*, *Elodea canadensis*, *Najas marina*, *Caulinia minor*, *Callitriche verna*, *C. hermaphrodita*, ***Batrachium circinatum***, ***Utricularia vulgaris***, ***Ceratophyllum demersum***, *Zannichellia palustris*, *Lemna trisulca*). Из цветковых гелофитов в группировках отмечено 15 видов (25,0%): *Phragmites australis*, *Typha angustifolia*, *T. laxmannii*, *Butomus umbellatus*, *Scirpus lacustris*, *S. tabernaemontani*, *Alisma gramineum*, *A. plantago-aquatica*, ***Bolboschoenus maritimus***, *Sagittaria sagittifolia*, *Carex atherodes*, *C. riparia*, *Eleocharis palustris*, *Sparganium erectum*, *S. emersum*. Цветковые плейстофиты представлены 5 видами (8,3%): *Persicaria amphibia*, *Potamogeton natans*, *Hydrocharis morsus-ranae*, *Lemna minor*, *Spirodela polyrrhiza*. Из 18 видов макроскопических водорослей 12 видов (20,0%) — представители отдела Charophyta: *Chara fragilis*, *C. altaica*, *C. aspera*, *C. contraria*, *C. neglecta*, *C. tomentosa*, *C. braunii*, *C. vulgaris*, *Tolypella prolifera*, *Nitella confervacea*, *N. hyalina*, *N. mucronata*. Из печеночников в группировках найден вид *Riccia fluitans*. В отличие от большинства известных на Западно-Сибирской равнине видов харовых водорослей, ценоотически связанных преимущественно с временно существующими группировками (проценозами), *C. fragilis* нередко участвует также в сложении стабильных сообществ — фитоценозов (41,5% от числа изученных группировок). Сообщества с участием *C. fragilis* являются маловидовыми, большинство из них образовано 2–5, реже 6–8 видами. Только 2 сообщества из числа анализируемых насчитывали более 10 видов. Основу ценокомплекса *C. fragilis* составляют группировки с доминированием гидатофитов (81,7%), в которых общее проективное покрытие варьирует от 5 до 100% (среднее 46%). В 37,8% таких группировок доминируют харофиты, в том числе *C. fragilis* доминирует в 26,8% от общего числа группировок с участием этого вида. Среди моновидовых ценозов *C. fragilis* отмечены как проценозы с очень разреженным проективным покрытием этого вида, так и стабильные фитоценозы с высоким проективным покрытием. В степной зоне (оз. Башкирское) открытую часть акватории с глубинами до 3 м занимал моноценоз *C. fragilis*, в котором высота основного яруса достигала 1,0–1,5 м (см. рис. 2а) при проективном покрытии до 100% [8]. Сомкнутые сообщества, в которых проективное покрытие *C. fragilis* достигает 40–80%, обнаружены также на глубинах от 0,5–0,7 м до 1,5–2,5 м в старичных озерах лесостепной зоны [12] и на юге лесной зоны [15; 26; 13] (табл. 1).

Всего в составе ценокомплекса *Chara fragilis* на Западно-Сибирской равнине отмечены растительные группировки, относящиеся к 22 станциям (основная единица классификации проценозов) и 18 ассоциациям из 24 формаций, 2 классов формаций и одного подтипа пресноводной макрофитной растительности. Анализ абиотических условий экотопов данного вида и экологических характеристик других видов гидромакрофитов из состава изученных группировок позволя-

ет считать *C. fragilis* слабосоленовато-пресноводным, псаммопелофильным, евтрофно-мезотрофным, олиго-бета-мезосапробным видом [22; 27; 28].

Таблица 1

Состав и проективное покрытие (%) видов в некоторых растительных группировках с доминированием *Chara fragilis* из водных объектов Западно-Сибирской равнины

Виды	Растительные группировки											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
<i>Phragmites australis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+
<i>Scirpus lacustris</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+
<i>Lemna minor</i>	-	-	-	-	-	+	+	+	-	-	+	-
<i>Spirodela polyrhiza</i>	-	-	-	-	-	-	+	+	-	-	+	-
<i>Potamogeton pectinatus</i>	-	-	-	+	-	-	20	-	-	-	-	-
<i>P. perfoliatus</i>	-	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>P. compressus</i>	-	-	-	+	-	-	+	-	-	-	10	-
<i>P. crispus</i>	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>P. friesii</i>	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Ceratophyllum demersum</i>	-	-	-	-	+	20	+	30	-	-	+	-
<i>Lemna trisulca</i>	-	+	-	-	+	+	+	+	+	-	+	-
<i>Chara fragilis</i>	100	80	80	60	50	40	40	40	30	20	20	15
<i>Mougeotia sp.</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10	-	-
<i>Spirogyra sp.</i>	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-
Количество видов	1	4	1	5	3	5	7	5	2	2	6	3

Примечание: распределение растительных группировок по водным объектам: 1 — оз. Башкирское, 2 — старица Сухая в окрестности пос. Новоселознево, 3 — оз. Шайтан, 4 — старица в окрестности пос. Большой Остров, 5, 7, 8, — старицы в окрестностях пос. Ишеево, 6, 11 — старицы в окрестностях пос. Усть-Инцы, 9, 10 — старицы в окрестностях пос. Юрто-Уйск, 12 — оз. Большой Тарангул. Знаком (+) отмечено проективное покрытие (ПП) до 5%, знак (-) означает отсутствие вида.

Выводы

1. На Западно-Сибирской равнине *Chara fragilis* обитает в водных объектах степной, лесостепной и южной части лесной зоны, одна популяция отмечена в средней части лесной зоны.

2. Для экотопов *C. fragilis* характерны глубины в пределах 0,1-2,9 м, илистые и песчано-илистые грунты (черные, темно-серые, светло-серые, серые илы, заиленные и чистые пески), гораздо реже глина, торф, затопленная почва с иловыми наносами. Вид *C. fragilis* развивается как в пресных, так и слабосоленоватых водах в диапазоне минерализации воды 0,28-3,88 г/дм³ и общей жесткости в пределах 2,2-8,6 мг-экв/дм³.

3. Флористический состав ценокомплекса *C. fragilis* включает 60 видов. Вид участвует в сложении как временно существующих группировок (проценозов), так и стабильных сообществ, проявляет преимущественно стратегию экспле-

рента и, реже — пациента, при этом иногда выполняя функцию эдификатора устойчивых моноценозов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Голлербах М. М., Красавина Л. К. Определитель пресноводных водорослей СССР. Харовые водоросли — Charophyta. Вып. 14. Л.: Наука, 1983. 190 с.
2. Вильгельм Я. Дополнение к изучению харовых водорослей СССР // Известия Главного Ботанического Сада СССР. Т. 29. Вып. 5-6. Л.: Издание Главного Ботан. сада СССР, 1930. С. 582-596.
3. Голлербах М. М. Систематический список харовых водорослей, обнаруженных в пределах СССР по 1935 г. включительно // Тр. Ботанического института АН СССР. Споровые растения. Сер. 11. Вып. 5. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1950. С. 20-94.
4. Ермолаев В. И. Фитопланктон оз. Студеного системы реки Карасук // Водоросли и грибы Западной Сибири. Труды ЦСБС. Вып. 10. Ч. 2. Новосибирск: СО АН СССР, 1965. С. 50-56.
5. Ермолаев В. И. Водоросли озер нижнего течения реки Карасук // Опыт комплексного изучения и использования Карасукских озер. Новосибирск: Наука, 1982. С. 69-79.
6. Свириденко Б. Ф., Свириденко Т. В. Харовые водоросли (Charophyta) во флоре Северо-Казахстанской и Кустанайской областей. Алма-Ата, 1985. Деп. в КазНИИНТИ 12.06.85. № 990 Ка-85 Деп. 22 с.
7. Свириденко Б. Ф., Свириденко Т. В. Харовые водоросли (Charophyta) Северного Казахстана // Ботанический журнал. 1990. Т. 75. № 4. С. 564-570.
8. Свириденко Б. Ф., Свириденко Т. В. Новые находки харовых водорослей (Charophyta) в Северном Казахстане // Ботанический журнал. 1995. Т. 80. № 9. С. 111-116.
9. Нурашов С. Б. Материалы к изучению харовых водорослей в Казахстане // Изучение растительного мира Казахстана и его охрана. Алматы, 2003. С. 94-97.
10. Свириденко Т. В., Свириденко Б. Ф. Харовые водоросли (Charophyta) в Омской области // Проблемы изучения растительного покрова Сибири: М-лы III Междунар. науч. конф., посвящ. 120-летию Гербария им. П. Н. Крылова Томского гос. ун-та. Томск: ТГУ, 2005. С. 185-186.
11. Свириденко Т. В., Свириденко Б. Ф. Гербарные материалы харовых водорослей (Charophyta) лаборатории гидроморфных экосистем НИИ природопользования и экологии Севера Сургутского государственного университета. Биологические ресурсы и природопользование: сб. науч. тр. Вып. 11. Сургут: Дефис, 2009. С. 64-100.
12. Токарь О. Е. Флора, растительность и фитоиндикация состояния водных экотопов реки Ишим и пойменных озер в пределах Тюменской области. Ишим: Изд-во ИГПИ, 2006. 208 с.
13. Токарь О. Е. Водная и прибрежно-водная флора озер левобережной части долины р. Ишим (Викуловский р-н, Тюменская обл.) // М-лы V Всеросс. конф. с междунар. участием «Флора и растительность Сибири и Дальнего Востока. Чтения памяти Л. М. Черепнина». Т. 1. Красноярск: Красноярский гос. пед. ун-т, 2011. С. 310-317.
14. Романов Р. Е., Киприянова Л. М. Видовой состав Charophyta водоемов лесостепи и степи Западно-Сибирской равнины // Ботанический журнал. 2009. Т. 94. № 11. С. 1632-1646.
15. Свириденко Т. В., Токарь О. Е., Евженко К. С., Ефремов А. Н., Свириденко Б. Ф. Новые местонахождения харовых водорослей (Charophyta) на Западно-Сибирской равнине // Экология и природопользование в Югре: м-лы науч.-практич. конф., посвящ. 10-летию кафедры экологии СурГУ. Сургут: СурГУ ХМАО-Югры, 2009. С. 99-100.
16. Евженко К. С. Флора и растительность водных объектов долины р. Тара (Омская область) // Вестник Томского гос. ун-та. Томск: ТГУ, 2010. С. 153-157.

17. Свириденко Б. Ф., Окуловская А. Г., Свириденко Т. В. Макроскопические водоросли Ханты-Мансийского автономного округа-Югры и проблема их охраны // Сб. тр. биол. фак. Вып. 8. Сургут: ИЦ СурГУ, 2011. С. 25-37.
18. Свириденко Б. Ф., Убаськин А. В., Свириденко Т. В. Водная макрофитная растительность водохранилища — охладителя Экибастузской ГРЭС-2 // Сб. тр. биол. фак. Сургут: ИЦ СурГУ, 2012. Вып. 9. С. 17-36.
19. Бахман В. И., Овсянникова К. А., Вадковская А. Д. Методика анализа лечебных грязей (пелоидов). М.: Московская правда, 1965. 142 с.
20. Руководство по химическому анализу поверхностных вод суши / под ред. А. Д. Семенова. Л.: Гидрометеиздат, 1977. 542 с.
21. Александрова В. Д. Классификация растительности. Обзор принципов классификации и классификационных систем в разных геоботанических школах. Л.: Наука, 1969. 275 с.
22. Свириденко Б. Ф. Флора и растительность водоемов Северного Казахстана. Омск: Изд-во ОмГПУ, 2000. 196 с.
23. Черепанов С. К. Сосудистые растения России и сопредельных государств (в пределах бывшего СССР). СПб.: Мир и семья, 1995. 992 с.
24. Мячкова Н. А. Климат СССР. М.: Изд-во МГУ, 1983. 192 с.
25. Свириденко Б. Ф., Свириденко Т. В. Солевыносливость водных макрофитов Северного Казахстана. Алма-Ата, 1986. Деп. в КазНИИНТИ 17.02.86. № 1186. 25 с.
26. Свириденко Т. В., Свириденко Б. Ф., Токарь О. Е., Евженко К. С., Ефремов А. Н. Харовые водоросли (Charophyta) в растительных группировках водных объектов Западно-Сибирской равнины // Природные ресурсы, биоразнообразие и перспективы естественно-научного образования: м-лы Междунар. науч.-практич. конф., посвящ. памяти И. В. Бекишевой — ученого и педагога. Омск: ОмГПУ, 2012. С. 81-87.
27. Свириденко Б. Ф., Мамонтов Ю. С., Свириденко Т. В. Использование гидромacroфитов в комплексной оценке экологического состояния водных объектов Западно-Сибирской равнины. Омск: Амфора, 2011. 231 с.
28. Свириденко Т. В., Свириденко Б. Ф. Экобиоморфы харовых водорослей (Charophyta) Западно-Сибирской равнины // М-лы Всеросс. конф. с междунар. участием «Биологическое разнообразие растительного мира Урала и сопредельных территорий». Екатеринбург: Изд-во УрО РАН, 2012. С. 300-301.

REFERENCES

1. Gollerbach, M. M., Krasavina, L. K. Freshwater Algae Indicator of the USSR — Charophyta. Leningrad: Nauka, 1983. Vol. 14. 190 p.
2. Vilgelm, Ya. A supplement to the study of Charophytes in the USSR // Proceedings of the Central Botanical Garden of the USSR. USSR Central Botanical Garden Press, 1930. Vol. 29. № 5-6. Pp. 582-596.
3. Gollerbach, M. M. A systematic list of Charophytes found in the USSR up to and including 1935 // Proceedings of the Botanical Institute of the Academy of Sciences of the USSR. Sporophytae. Moscow, Leningrad: USSR Academy of Sciences Publ., 1950. Series 11, Issue 5. Pp. 20-94.
4. Ermolaev, V. I. Phytoplankton of the Studenoe Lake of the Karasuk River system // Algae and Fungi of the West Siberia. Materials of the Central Siberian Botanical Garden. Novosibirsk: Siberian Branch of the Academy of Sciences of the USSR, 1965. No. 10, Part 2. Pp. 50-56.
5. Ermolaev, V. I. Algae of the lakes of the lower course of the Karasuk River // An Experience of a Complex Study of the Karasuk Lakes. Novosibirsk: Nauka, 1982. Pp. 69-79.
6. Sviridenko, B. F., Sviridenko, T. V. Charophyta in the Flora of the North Kazakhstan and the Kustanay Regions. Alma-Ata, 1985. Deposit manuscript of Kazakh Scientific Research

Institute of Scientific and Technical Information (KazNIINTI) 12 June 1985. № 990(Ka-85 Deposit). 22 p.

7. Sviridenko, B. F., Sviridenko, T. V. Charophyta of the North Kazakhstan // Botanical Journal, 1990. Vol. 75. № 4. Pp. 564-570.

8. Sviridenko, B. F., Sviridenko, T. V. News findings of Charophyta in North Kazakhstan // Botanical Journal, 1995. Vol. 80. № 9. Pp. 111-116.

9. Nurashov, S. B. Materials on the research of Chara algae in Kazakhstan // Study and Protection of the Flora in Kazakhstan. Almaty, 2003. Pp. 94-97.

10. Sviridenko, T. V., Sviridenko, B. F. Charophyta in the Omsk Region // Issues of Siberian Vegetation Study: Proceedings of the III International scientific conference on the 120-th anniversary of the P.N. Krylov's Herbarium, Tomsk State University. Tomsk: TSU, 2005. Pp. 185-186.

11. Sviridenko, T. V., Sviridenko, B. F. Herbarium materials of Charophyta by the Laboratory of Hydromorphic Ecosystems of the Scientific Research Institute of Nature Management and Ecology of the North, Surgut State University // Biological Resources and Nature Management. Collection of scientific works. Surgut: Defis, 2009. Vol. 11. Pp. 64-100.

12. Tokar, O. E. Flora, Vegetation and Phytoindication of Aquatic Ecotopes of the Ishim River and Floodplain Lakes in the Tyumen Region. Ishim: Ishim State Pedagogical University Press, 2006. 208 p.

13. Tokar, O. E. Aquatic and bank flora in the lakes of the left bank of the Ishim River valley (Vikulovsky District, Tyumen Region) // Flora and Vegetation of Siberia and Far East. Readings to commemorate L.M. Cherepnin. Proceedings of V All-Russian international conference. Krasnoyarsk: Krasnoyarsk State Pedagogical University, 2011. Vol. 1. Pp. 310-317.

14. Romanov, R. E., Kipriyanova, L. M. Species composition of Charophyta in the forest-steppe and steppe in the West Siberian Plain // Botanical Journal, 2009. Vol. 94. № 11. Pp. 1632-1646.

15. Sviridenko, T. V., Tokar, O. E., Evzhenko, K. S., Efremov, A. N., Sviridenko, B. F. New locations of Charophyta in the West Siberian Plain // Ecology and Nature Management in Yugra. Proceedings of Applied scientific conference devoted to the 10th anniversary of the Ecology Department of Surgut State University. Surgut: Surgut State University, Khanty-Mansiisk Autonomous District—Yugra, 2009. Pp. 99-100.

16. Evzhenko, K. S. Flora and vegetation of water objects of the Tara River valley // Tomsk State University Journal. Tomsk: TSU, 2010. No. 333 Pp. 153-157.

17. Sviridenko, B. F., Okulovskaya, A. G., Sviridenko, T. V. Macroscopic algae of the Khanty-Mansiysk Autonomous District and Yugra and their protection // Materials of the Biological Department. Surgut: Surgut State University Information Center, 2011. № 8. Pp. 25-37.

18. Sviridenko, B. F., Ubaskin, A. V., Sviridenko, T. V. Aquatic macro-phyte vegetation of the cooling reservoir of the Ekibastuz GRES-2 power plant // Materials of the Biological Department. Surgut: Surgut State University Information Center, 2012. № 9. Pp. 17-36.

19. Bakhman, V. I., Ovsyannikova, K. A., Vadkovskaya, A. D. Methodology of the Analysis of Therapeutic Muds (Peloids). Moscow: "Moskovskaya Pravda" Publishing, 1965. 142 p.

20. Guide to Chemical Analysis of Land Surface Waters / Semenov A. D., editor. Leningad: Gidrometeoizdat, 1977. 542 p.

21. Aleksandrova, V. D. Classification of Vegetation. Review of Classification Principles and Classification Systems among Different Geobotanical Schools. Leningrad: Nauka, 1969. 275 p.

22. Sviridenko, B. F. Flora and Vegetation of the Water Bodies of the North Kazakhstan. Omsk: OGPU Press, 2000. 196 p.

23. Cherepanov, S. K. Tracheophytes of Russia and Adjacent Countries (within the Former USSR). Saint-Petersburg: Mir i semya, 1995. 992 p.

24. Myachkova, N. A. Climate of the USSR. Moscow: Moscow State University Press, 1983. 192 p.

25. Sviridenko, B. F., Sviridenko, T. V. Salt Endurance of Aquatic Macrophytes of the North Kazakhstan. Alma-Ata, 1986. Deposit manuscript of Kazakh Scientific Research Institute of Scientific and Technical Information (KazNIINTI) 17 February 1986; № 1186. 25 p.

26. Sviridenko, T. V., Sviridenko, B. F., Tokar, O. E., Evzhenko, K. S., Efremov, A. N. Charophyta in the plant agglomerations of the water bodies in the West Siberian Plain // Natural Resources, Biodiversity and Prospects of Natural Scientific Education. Proceedings of International scientific practical conference to commemorate I.V. Bekisheva, scientist and educator. Omsk: OmGPU, 2012. Pp. 81-87.

27. Sviridenko, B. F., Mamontov, Yu. S., Sviridenko, T. V. The Use of Hydromacrophytes in a Comprehensive Evaluation of the Ecological Condition of Water Bodies of the West Siberian Plain. Omsk: Amfora, 2011. 231 p.

28. Sviridenko, T. V., Sviridenko, B. F. Ecobiomorphs of Charophyta in the West Siberian Plain // Proceedings of all-Russian international conference "Biological Diversity of the Flora of Ural and Adjacent Territories". Ekaterinburg: Ural Branch of RAS Press, 2012. Pp. 300-301.

Авторы публикации

Татьяна Викторовна Свириденко — старший научный сотрудник НИИ экологии Севера Сургутского государственного университета

Борис Федорович Свириденко — директор НИИ экологии Севера Сургутского государственного университета, профессор, доктор биологических наук

Ольга Егоровна Токарь — доцент кафедры биологии, географии и методики их преподавания филиала Тюменского государственного университета (г. Ишим), кандидат биологических наук

Константин Сергеевич Евженко — старший преподаватель Омского государственного педагогического университета, кандидат биологических наук

Authors of the publication

Tatyana V. Sviridenko — Senior Researcher, Scientific Research Institute of the Ecology of North, Surgut State University

Boris F. Sviridenko — Professor, Director of the Scientific Research Institute of the Ecology of North, Surgut State University

Olga E. Tokar — Ph.D. (Biology), Associate Professor, Department of Biology, Geography and Their Methods of Teaching, Ishim Branch of Tyumen State University

Konstantin S. Yevzhenko — Ph.D. (Biology), Assistant Professor, Omsk State Pedagogical University

© М. С. ШАРАФУТДИНОВА, Б. С. ХАРИТОНЦЕВ

Тюменский государственный университет
mauliha@yandex.ru, xaritoncev52@mail.ru

УДК 58.009

**ОСОБЕННОСТИ ФЛУКТУИРУЮЩЕЙ АСИММЕТРИИ
БИЛАТЕРАЛЬНЫХ ПРИЗНАКОВ ЛИСТА ПОПУЛЯЦИЙ *TILIA*
CORDATA L. В УСЛОВИЯХ ЮГА ТЮМЕНСКОЙ ОБЛАСТИ**

**FEATURES OF FLUCTUATING ASYMMETRY IN BILATERAL SHAPES
OF THE LEAF OF *TILIA CORDATA* L. IN CONDITIONS
OF THE SOUTH OF TYUMEN REGION**

Показаны особенности флуктуирующей асимметрии листа *Tilia cordata* L. в естественных местах произрастания в условиях юга Тюменской области. Выявлены особенности распределения количественных показателей пяти промеров (признаков) листа с помощью коэффициентов асимметрии As и эксцесса Ex . Изучены направленность-ненаправленность асимметрии признаков листа с помощью критерия Вилкоксона. Корреляционный анализ Спирмена определен с использованием отношения величин асимметрии признака ($L-R$) к размерам признака на обеих сторонах листа ($(L-R)/2$). Проведен анализ изменчивости признаков листовой пластинки. Анализ пяти промеров листа *Tilia cordata* L. выявил высокую степень близости результатов, однотипность выборок в пределах популяции, но гораздо отличающихся в межпопуляционном плане. Флуктуирующая асимметрия листьев *T. cordata* L. в популяциях трех районов исследования (Вагайский, Тобольский, Ярковский) соответствуют данным, выявленным в природных популяциях при отсутствии видимых отрицательных факторов (например, на особо охраняемых природных территориях) [10].

The features of leaf fluctuating asymmetry of *Tilia cordata* L. in natural areas of growth in the conditions of the south of the Tyumen region are observed. Features of distribution of quantitative measurements of five shapes of the leaf were studied using the skewness As and Ex . The directed and non-directed asymmetry signs were studied using Wilcoxon test. Spearman's correlation analysis determined the ratio of the asymmetry feature ($L-R$) concerning the size of the shape on both sides ($(L-R)/2$). Analysis of the variability of traits of the leaf blade was conducted. The analysis of five measurements revealed a high degree of closeness between these results, and the same type of samples within a population, but it is much different between populations. Fluctuating asymmetry of the leaves *T. cordata* L. in the three areas of research (Vagaysky district, Tobolsk, Yarkovskiy district) correspond to those identified in natural populations in the absence of apparent negative factors (eg. in specially protected areas).

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА. Флуктуирующая асимметрия, лина сердцелистная, интегральный показатель.

KEY WORDS. Fluctuating asymmetry, *Tilia cordata* L., integral indicator.

Краткое введение. Флуктуирующая асимметрия (ФА) — небольшие или частичные отклонения от определенной двусторонней симметрии, которые могут проявляться при нарушении стабильности развития организма и выражаются тем ярче, чем сильнее внешние воздействия со стороны факторов среды [2; 5; 7; 9; 11]. Флуктуирующая асимметрия является чувствительным показателем состояния природных популяций в конкретной фитосреде [3; 5].

Целью нашего исследования является определение изменчивости показателей флуктуирующей асимметрии листьев *T. cordata* L. в условиях липняков на территории юга Тюменской области.

Экспериментальная часть. Сбор материала проводился летом 2014 г. в Вагайском, Тобольском и Ярковском районах Тюменской области и включал 33 выборки из 7 популяций. Всего было проанализировано 330 листьев *T. cordata* L. по следующим 5 промерам (признакам): 1) ширина левой и правой сторон листа; 2) длина жилки второго порядка, второй от основания листа; 3) расстояние между основаниями первой и второй жилок второго порядка; 4) расстояние между концами этих же жилок; 5) угол между главной жилкой и второй от основания листа жилкой второго порядка [7].

Вычисления сделаны при помощи измерительного циркуля, линейки и транспортира. Флуктуирующая асимметрия (ФА) листовой пластинки *T. cordata* L. вычислена при помощи методики оценки состояния природных популяций по стабильности развития организмов [7-8].

В начале исследований был проведен статистический анализ каждого промера (признака) по рекомендациям, описанным в работах Д. Б. Гелашвили [1]. Выяснен флуктуирующий характер асимметрии всех 5 признаков перед количественной оценкой нестабильности развития через ФА [1; 7; 10]. С этой целью был сделан анализ индивидуальных признаков с помощью коэффициентов эксцесса E_x и асимметрии A_s , корреляционного анализа Спирмена, критерия Вилкоксона, анализа вариабельности признаков листовой пластинки слева и справа [1; 9]. Величина ФА вычислена с помощью интегрального показателя. Расчеты проведены с применением статистического пакета Statistica 8.0 и Excel 2007.

Изменчивость морфометрических параметров изучена на уровне признаков сторон листа слева и справа. При определении закономерностей внутривидовой изменчивости использованы основные принципы методики С. А. Мамаева [6]. Рассмотрены амплитуды изменчивости признаков, представленные коэффициентом вариации ($V\%$). Уровни изменчивости выявлены в соответствии со следующей шкалой: очень низкий (до 7%), низкий (7-12%), средний (13-20%), высокий (21-40%) и очень высокий (более 40%).

Результаты и обсуждение. В начале был сделан анализ типа распределения асимметрии всех 5 признаков (рис. 1). В ходе непараметрического статистического анализа выяснено, что 1-4 признака листа по значениям A_s имеют сходное положительное нормальное распределение. По 5 признаку выявлены существенные отличия для Вагайского района ($A_s = -0,21$) и Ярковского района ($A_s = -1,46$). Коэффициенты E_x практически во всех районах имеют отрицательные значения по трем признакам (ширина левой и правой сторон листа, длина жилки второго порядка и расстояние между основаниями первой и второй жилок второго порядка). В Ярковском районе признак расстояния между концами жилок имеет очень высокий показатель — $E_x = 8,16$ (рис. 1). Положительные значения по

признаку угла между главной жилкой и второй от основания листа характерны для листьев в популяциях *T. cordata* L. Тобольского ($E_x = 1,47$) и Ярковского ($E_x = 2,27$) районов.

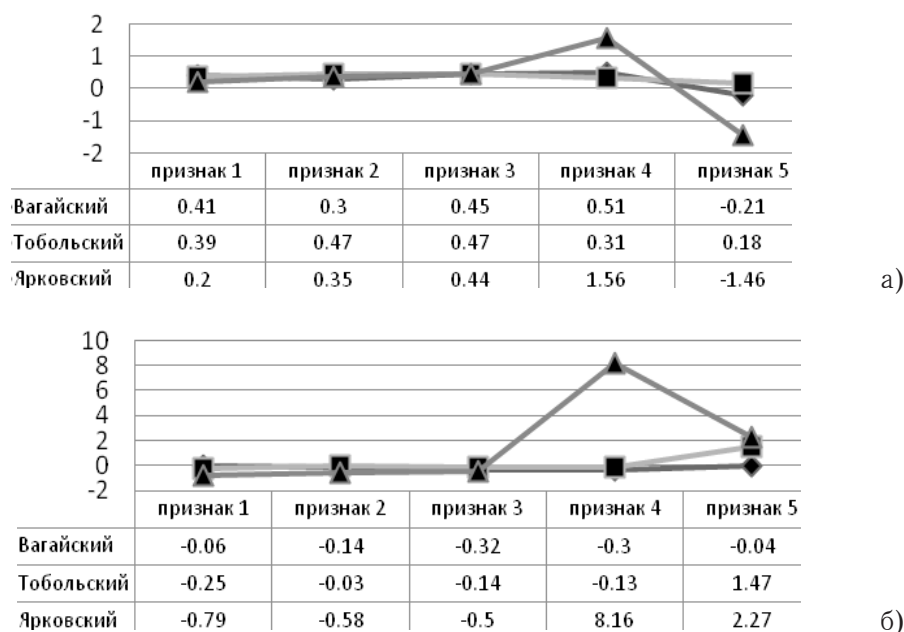


Рис. 1. Анализ нормальности распределения показателей асимметрии билатеральных признаков листа *T. cordata* L: а) коэффициенты A_s ; б) коэффициенты E_x

По критерию Вилкоксона, определяющего направленность-ненаправленность асимметрии, также анализированы все признаки (табл. 1). Исходя из результатов анализа можно сказать, что в трех случаях (признак расстояния между концами первой и второй жилок второго порядка — Ярковский район; признак угла между главной жилкой и второй от основания листа жилкой второго порядка — Вагайский и Ярковский районы) обнаружены статистически значимые ($p < 0,05$) отличия в величине признака на левой и правой стороне листа. По другим признакам статистически значимых отличий в величине признаков на разных сторонах листа нами не установлено. Например, по признаку длины жилки второго порядка, второй от основания листа (в Вагайском районе $t = 777$; в Тобольском районе $t = 3076$; в Ярковском районе $t = 1302$).

Для анализа взаимосвязи величин был применен коэффициент ранговой корреляции Спирмена. Устанавливалась связь между значениями асимметрии ($R-L$) со средним размером признака $(L+R/2)$ [1]. Результаты вычислений приведены в табл. 2, которые показывают очень высокую корреляцию параметров у трех анализируемых признаков 1-3. Во всех районах исследования коэффициент ранговой корреляции изменяется от 0,9 до 1,0. 4 признак (расстояние между концами жилок) и 5 признак (угол между главной жилкой и второй жилкой) имеют высокую корреляционную взаимосвязь, варьирующую от 0,7 до 0,8.

Таблица 1

Статистические показатели направленности-неаправленности асимметрии билатеральных признаков *Tilia cordata* L. (критерии Вилкоксона)

Район исследования	1			2			3			4			5		
	<i>t</i>	<i>z</i>	<i>p</i>	<i>t</i>	<i>z</i>	<i>p</i>	<i>t</i>	<i>z</i>	<i>p</i>	<i>t</i>	<i>z</i>	<i>p</i>	<i>t</i>	<i>z</i>	<i>p</i>
Вагайский	870	0,945	0,34	777	0,18	0,86	631	0,063	0,95	423	1,07	0,28	546	3,44	0,0006
Тобольский	2817	0,858	0,39	3076	0,57	0,57	1593	1,52	0,13	736	1,13	0,26	1717	1,65	0,10
Ярковский	1077	0,387	0,70	1302	0,067	0,95	729	1,37	0,17	222	2,16	0,03	561	4,57	0,00005

Примечание: жирный шрифт — уровень значимости различий ($p < 0,05$) при сравнении величины признака на левой и правой стороне листа.

Таблица 2

Статистический анализ корреляции между величинами асимметрии и средней величиной признака *Tilia cordata* L. (коэффициент ранговой корреляции Спирмена, R)

Район исследования	1 признак	2 признак	3 признак	4 признак	5 признак
Вагайский	R=0,9	R=1,0	R=0,9	R=0,7	R=0,8
Тобольский	R=0,9	R=1,0	R=0,9	R=0,8	R=0,8
Ярковский	R=0,9	R=0,9	R=0,9	R=0,7	R=0,7

Изучение вариабельности признаков листовой пластинки показало (табл. 3), что наиболее изменчивыми признаками во всех районах исследования являются расстояние между основаниями 1-й и 2-й жилок справа и слева (высокий уровень изменчивости). Коэффициенты вариации по всем признакам изменяются от $V = 10\%$ (Вагайский район, угол между главной и 2-й жилкой справа) до $V = 35\%$ (Вагайский район, расстояние между основанием 1-й и 2-й жилок второго порядка). *T. cordata* L., произрастающая в Вагайском районе, имеет изменчивые параметры по длине 2-й жилки справа и слева ($V = 21 - 22\%$ — высокий уровень), в Ярковском районе отличается по признаку расстояния между концами 1-й и 2-й жилок справа ($V = 22\%$ — высокий уровень). Наименее изменчивыми признаками являются угол между главной жилкой и второй от основания листа жилкой второго порядка ($V = 10 - 12\%$ — низкий уровень изменчивости).

Для всех признаков величина асимметрии листа *Tilia cordata* L. вычислена как различие в промерах слева и справа, отнесенное к сумме промеров на двух сторонах листа. Интегральным показателем стабильности развития для всех соразмерных признаков является средняя величина относительного различия между сторонами на признак. Выявленные величины интегрального показателя флуктуирующей асимметрии листьев данного вида представлены на рис. 2.

Таблица 3

Показатели исследуемых признаков листа слева и справа
в 33 выборках *Tilia cordata* L.

Признак	Вагайский			Тобольский			Яровский		
	Мсм	σ	V%	Мсм	σ	V	Мсм	σ	V
Ширина листовой пластинки справа	2,6	0,46	18	2,8	0,47	17	3,0	0,57	19
Ширина листовой пластинки слева	2,6	0,46	18	2,8	0,46	16	3,0	0,56	19
Длина 2-й жилки 2-го порядка справа	3,9	0,81	21	3,9	0,74	19	4,4	0,87	20
Длина 2-й жилки 2-го порядка слева	3,9	0,84	22	3,9	0,73	19	4,4	0,88	20
Расстояние между основаниями 1-й и 2-й жилок справа	1,2	0,42	35	1,2	0,33	28	1,3	0,39	30
Расстояние между основаниями 1-й и 2-й жилок слева	1,2	0,40	33	1,2	0,35	29	1,3	0,39	30
Расстояние между концами 1-й и 2-й жилок справа	0,8	0,13	16	0,8	0,15	19	0,9	0,20	22
Расстояние между концами 1-й и 2-й жилок слева	0,8	0,14	18	0,8	0,15	19	0,9	0,14	16
Угол между главной и 2-й жилкой справа	46	4,8	10	46	6,12	13	47	6,31	13
Угол между главной и 2-й жилкой слева	45	5,3	12	47	5,28	11	49	5,28	11

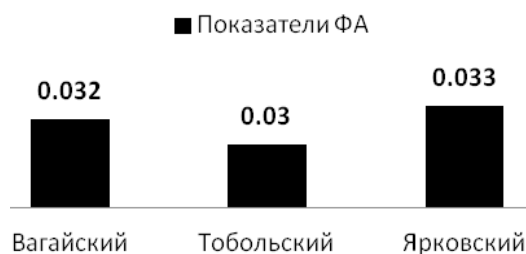


Рис. 2. Интегральные показатели ФА

Стабильность развития растений *T. cordata* L. зависит от состояния окружающей среды. Обратимся к шкале оценки стабильности развития организмов. Балл до 0,040 показывает (Вагайский — 0,032, Тобольский — 0,030, Яровский — 0,033), что растения во всех трех районах находятся в благоприятных условиях произрастания — качество факторов среды хорошее и соответствует условной норме.

Выводы

1) Вычисленные коэффициенты E_x и A_s показали сходность флуктуирующей асимметрии листьев в популяциях *T. cordata* L. по следующим признакам: ширине левой и правой сторон листа, длине жилки второго порядка, расстоянию между основаниями первой и второй жилок второго порядка. Выявлены существенные отличия по признакам расстояния между концами жилок и углом между главной жилкой и второй от основания листа жилкой второго порядка. Например, коэффициент A_s по пятому признаку для популяций: Ярковский район ($A_s = -1,46$) — Вагайский ($A_s = -0,21$) — Тобольский ($A_s = 0,18$).

2) Анализ пяти признаков на основе критерия Вилкоксона показал незначительные различия в величинах левой и правой сторон листа *T. cordata* L. Например, по признаку расстояния между концами первой и второй жилок второго порядка — Ярковский район ($t = 222$) и по признаку угла между главной жилкой и второй от основания листа жилкой второго порядка — Вагайский ($t = 546$) и Ярковский районы ($t = 561$) выявлены статистически значимые отличия в величине признака на левой и правой стороне листа.

3) Найденные величины коэффициента ранговой корреляции Спирмена указали на различную степень корреляции значений симметрии признаков в разных популяциях *T. cordata* L. Например, величины коэффициентов по признаку расстояния между концами жилок изменялись в популяциях Вагайского района — $R = 0,69$, Тобольского района — $R = 0,83$, Ярковского района — $R = 0,74$.

4) Параметры признаков правой и левой сторон листа *T. cordata* L. внутри популяций в трех районах исследования отразили сходство величин M , σ , V и в то же время они существенно отличились в межпопуляционном плане. Например, параметры ширины листовой пластинки в Вагайском районе — $M = 2,6 \pm 0,46$ см, $\sigma = 0,46$ см, $V = 18\%$; Тобольском — $M = 2,8 \pm 0,47$ см, $\sigma = 0,47$ см, $V = 17\%$; Ярковском — $M = 3,0 \pm 0,57$ см, $\sigma = 0,57$ см, $V = 19\%$.

5) Величины интегрального показателя ΦA (Вагайский — $\Phi A = 0,032$, Тобольский — $\Phi A = 0,030$, Ярковский — $\Phi A = 0,033$) указывают на благоприятные условия произрастания *Tilia cordata* L. в трех районах исследования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гелашвили Д. Б., Чупрунов Е. В., Иудин Д. И. Структурно-информационные показатели флуктуирующей асимметрии билатерально симметричных организмов // Журн. общ. биол. 2004. Т. 65. № 4.
2. Захаров В. М. Асимметрия животных. М.: Наука, 1987. 216 с.
3. Захаров В. М., Чубинишвили А. Т., Дмитриев С. Г. и др. Здоровье среды: практика оценки. М.: Центр экологической политики России, 2000. 318 с.
4. Кожара А. В. Структура показателя флуктуирующей асимметрии и его пригодность для популяционных исследований // Биологические науки. 1985. № 6. С. 100-103.
5. Лакин Г. Ф. Биометрия: учеб. пособие для биол. специальностей вузов. 4-е изд., перераб. и доп. М.: Высшая школа, 1990. 352 с.
6. Мамаев С. А. Формы внутривидовой изменчивости древесных растений (на примере сем. Pinaceae на Урале). М.: Наука, 1973. 282 с.
7. Мелехова О. П., Егорова Е. И., Евсеева Т. И. Биологический контроль окружающей среды: биоиндикация и биотестирование. М.: Издательский центр «Академия», 2007. 288 с.

8. Методические рекомендации по выполнению оценки качества среды по состоянию живых существ (оценка стабильности развития живых организмов по уровню асимметрии морфологических структур): Распоряжение Росэкологии от 16.10.2003. № 460-р. 28 с.

9. Савинцева Л. С., Егошина Т. Л., Ширяев В. В. Оценка качества урбаноcреды г. Кирова на основе анализа флуктуирующей асимметрии листовой пластинки березы повислой (*Betula pendula roth*). Вестник Удмуртского университета, 2012. Вып. 2. С. 31-37.

10. Хузина Г. Р. Характеристика флуктуирующей асимметрии билатеральных признаков листа липы мелколистной (*Tilia cordata L.*). Вестник Удмуртского университета. 2011. Вып. 3. С. 47-52.

11. Palmer A. R., Strobeck C. Fluctuating Asymmetry: Measurement, Analysis, Patterns // Ann. Rev. Ecol. Syst. 1986. № 17. P. 391-421.

REFERENS

1. Gelashvili, D. B., Chuprunov, E. V., Iudin, D. I. Structural and informational indices of fluctuating asymmetry in bilaterally symmetric organisms // Journal of General Biology. 2004. Vol. 65. № 4 (in Russian).

2. Zakharov, V. M. Animals Asymmetry. Moscow: Nauka, 1987. 216 p. (in Russian).

3. Zakharov, V. M., Chubinishvili, A. T., Dmitriev, S. G. et al. Environmental Health: Practical Aspects of Assessment. Moscow: Tsentr ekologicheskoi politiki Rossii [Center of Russian Environmental Policy], 2000. 318 p. (in Russian).

4. Kozhara, A. V. The structure of the index of fluctuating asymmetry and its efficiency in population research // Biological Sciences. 1985. № 6. Pp. 100-103. (in Russian).

5. Lakin, G. F. Biometry: A guide for students of biology in higher educational institutions / 4th ed., rev. and extended. Moscow: Vysshiaia shkola, 1990. 352 p. (in Russian).

6. Mamaev, S. A. Forms of Intraspecific Variation of Woody Plants (by the example of the family Pinaceae in the Urals). Moscow: Nauka, 1973. 282 p. (in Russian).

7. Melekhova, O. P., Egorova, E. I., Evseeva, T. I. Biological Control of the Environment: Bioindication and Biotesting. Moscow: Publishing Center "Academia", 2007. 288 p. (in Russian).

8. Guidelines to the Implementation of Environmental Quality Assessment on the basis of Living Organisms (Evaluation of the Stability of Development of Living Organisms by Asymmetry of Morphological Structures): Order of Rosecology dated 16 October 2003. № 460. 28 p. (in Russian).

9. Savintseva, L. S., Egoshina, T. L., Shiryayev, V. V. Assessment of the quality of the urban environment in Kirov based on the analysis of fluctuating asymmetry of the leaf blade of the silver birch (*Betula pendula roth*) // Bulletin of Udmurt University, 2012. Issue 2. Pp. 31-37. (in Russian).

10. Huzina, G. R. Characteristics of fluctuating asymmetry of bilateral features of leaf of the linden (*Tilia cordata L.*) // Bulletin of Udmurt University, 2011. Issue 3. Pp. 47-52. (in Russian).

11. Palmer, A. R., Strobeck, C. Fluctuating Asymmetry: Measurement, Analysis, Patterns // Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics. 1986. № 17. Pp. 391-421.

Авторы публикации

Маулиха Сабировна Шарафутдинова — аспирант Тюменского государственного университета

Борис Степанович Харитонцев — профессор кафедры биологии, экологии и методики преподавания естествознания Тюменского государственного университета

Authors of the publication

Mauliha S. Sharafutdinova — Postgraduate student, Tyumen State University

Boris S. Kharitontsev — Dr. Sci. (Biol.), Professor of the Department of Biology, Ecology and Their Methods of Teaching, Tyumen State University

© С. А. БАНАРЬ¹, В. А. ГОРСКАЯ², Н. В. КОБЕЛЕВА³

^{1,3}Институт наук о Земле СПбГУ,

²Национальный минерально-сырьевой университет «Горный»
svetlana-banar@mail.ru

УДК 574.21

СОДЕРЖАНИЕ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ В ВЫСШИХ ВОДНЫХ РАСТЕНИЯХ ОЗЕР БОЛЬШОГО СОЛОВЕЦКОГО ОСТРОВА

THE LEVEL OF CHEMICAL ELEMENTS IN HIGHER AQUATIC PLANTS OF LAKES OF THE BIG SOLOVSKI ISLAND

Рассмотрено содержание микроэлементов (Fe, Mn, Zn, Cu, Sr, Rb) и макроэлементов (K, Ca, P, S) в ряде высших водных растений озер Большого Соловецкого острова. Дана характеристика биогеохимических особенностей макрофитов разных экологических групп — гигрофитов (осока, сабельник), гидрофитов (рдест) и аэрогидатофитов (кубышка), произрастающих в исследованных озерах. Обсуждены коэффициенты биологического накопления химических элементов у изученных растений. Полученные данные о содержании микро- и макроэлементов в исследованных макрофитах сопоставляются с элементным составом высших водных растений озер Ленинградской области.

The article examines the level of trace elements (Fe, Mn, Zn, Cu, Sr, Rb) and macroelements (K, Ca, P, S) in a range of higher aquatic plants of lakes of the Big Solovki Island. We characterized biogeochemical features of macrophytes of different ecological groups - hygrophytes (*Carex acuta* L., *Comarum palustre* L.), hydrophytes (*Potamogeton perfoliatus* L.) and aerogidatophytes (*Nuphar lutea* (L.) Smith.) growing in the studied lakes. Coefficients of biological accumulation of chemical elements of the studied plants were discussed. The obtained data regarding the content of trace elements and macroelements in the investigated macrophytes are compared to element composition of aquatic plants of lakes in the Leningrad region.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА. Макрофиты, водные экосистемы, биогеохимия.

KEY WORDS. Biogeochemistry, macrophytes, water ecosystems.

Введение. Соловецкие острова высоких широт можно рассматривать как удобный (при этом слабоизученный) модельный объект для проведения широкого спектра экологических исследований. Они обладают достаточно высокой природно-ландшафтной репрезентативностью для характеристики структуры и состояния природных сообществ Севера России.

Водоемы, занимающие среднюю площадь 0,076 км², что составляет 12-15% территории архипелага, являются одним из ключевых средообразующих компонентов природной среды Соловков, на которые приходится основная рекреационная нагрузка [8]. Поэтому, несомненно, актуально изучение состояния водных

экосистем в условиях северных ландшафтов, которые наиболее чувствительны к происходящим изменениям.

Принимая во внимание специфику организации, структуры и функционирования водных экосистем Соловецких островов, целесообразно предложить в качестве индикатора макрофиты и их сообщества. Высшая водная растительность является одной из самых перспективных групп для фитомониторинга. Неоспоримое значение макрофитной растительности как индикатора тех или иных процессов, происходящих в водоеме, подчеркивалось многими исследователями [2; 5-7; 9].

Отсутствие литературных сведений о высших водных растениях озер Соловецких островов подтверждает актуальность выбранной тематики.

В задачи настоящего исследования входило рассмотрение биогеохимической деятельности макрофитов разных эколого-морфологических групп в отношении аккумуляции ими ряда химических элементов.

Материалы и методы исследования. Объектами исследования явились четыре вида макрофитов, произрастающих в озерах Большого Соловецкого острова, и относящихся к экологическим группам прибрежно-водных укореняющихся гидрофитов (осока острая *Carex acuta* L. и сабельник болотный *Comarum palustre* L.), погруженных укореняющихся гидрофитов (рдест пронзеннолистный *Potamogeton perfoliatus* L.) и аэрогидатофитов (кубышка желтая *Nuphar lutea* (L.) Smith.). Выбор растений определялся их распространенностью и высокой численностью в пределах исследуемых озер.

Пробы растений (литья) отбирали сопряженно с пробами воды в озерах Долгое (1), Большое Карзино (2), Плотище (3), Щучье (4), Круглое Орлово (5), Средний Перт (6), Святое (7), Большое Лобское (8) и Западное Лобское (9), Нижний Перт (10) в июне 2013 г. (см. рис.).

Концентрации Fe, Mn, Zn, Cu, Sr, Rb, K, Ca, P и S в растительных пробах определяли бесстандартным рентгеноспектральным методом. Бесстандартный метод фундаментальных параметров предназначен для определения количественного состава анализируемого образца (массовых долей составляющих его химических элементов) на основании измеренных интенсивностей линий рентгеновской флуоресценции этих элементов. Пробы растений перед проведением анализов высушивали, измельчали и озоляли при температуре 450 °C в муфельной печи.

Результаты и обсуждение. Химический анализ отобранных растений показал, что концентрации химических элементов в листьях макрофитов исследованных озер Большого Соловецкого острова варьируют в широких пределах в зависимости как от их видовой принадлежности, так и среди растений одного вида, произрастающих в разных водоемах.

Валовое содержание микроэлементов у различных видов и экологических групп макрофитов показано в табл. 1.

По содержанию в растениях химические элементы подразделяются на три группы: элементы повышенной концентрации (Mn, Fe), средней (Zn, Sr, Rb) и низкой (Cu).



Рис. Объекты исследования Большого Соловецкого острова
Масштаб: 1:90000

В общем виде ряд накоплений химических элементов в макрофитах Соловецких озер можно представить следующим образом: *Nuphar lutea* — Fe > Mn > Rb > Sr > Zn > Cu, *Potamogeton perfoliatus* — Fe > Mn > Sr > Zn > Rb > Cu, *Carex acuta* — Mn > Fe > Zn > Rb > Sr > Cu, *Comarum palustre* — Mn > Fe > Sr > Zn > Rb > Cu.

Из этого следует, что стабильными для всех исследуемых видов являются элементы повышенной концентрации (Fe, Mn), в отличие от других химических элементов в ряде накоплений их макрофитами, которые не имеют строгих последовательностей и пределов аккумуляирования и зависят от видовой принадлежности растений.

Особенно высокие показатели накопления и наибольший размах их колебаний в пределах вида были установлены для Fe и Mn. Для этих же металлов отмечались и наибольшие межвидовые различия в их аккумуляции растениями. Концентрации Mn и Fe, обнаруженные у рдеста пронзеннолистного, достигали 2565,8 и 16373,6 мг/кг сухого вещества соответственно.

Таблица 1

Диапазоны концентраций микроэлементов, мг/кг сухого вещества, в листьях макрофитов (в числителе приведены минимальная и максимальная концентрация для данного вида, в знаменателе — средняя концентрация)

Растение	Fe	Mn	Zn	Cu	Sr	Rb
Кубышка	601,4-2109 990	412,7-1753,9 824,1	113-195,3 148,1	24,5-45,9 34,6	81,6-355,1 206,9	172,3-546,7 262
Рдест	23391,1-16373,6 9356,4	696-2565,8 1630,9	371,4-524,9 448,2	91,3-118,2 104,8	692-832,4 762,2	639-151,9 395,5
Осока	376,8-561,6 469,2	499,4-649 574,2	177,1-193,5 185,3	36,3-37,5 36,9	54,5-87,4 71	154,4-162,3 158,4
Сабельник	1287-3258 2409,3	1969,2-3792,6 2848,7	227,6-464,4 336,2	80,7-464,4 102,3	60,2-528,5 356,4	103,2-345 244,8

Диапазоны варьирования Zn, Sr и Rb оказались более узкими, чем для Fe и Mn. Можно отметить высокие содержания Zn (524,9 и 195,3 мг/кг у рдеста и кубышки), наблюдаются также высокие концентрации Sr (832,4 и 528,5 мг/кг у рдеста и сабельника) и Rb (639 и 546,7 мг/кг у рдеста и кубышки). Содержание Cu у обследованных растений было наименьшим по отношению к другим химическим элементам и изменялось от 34,6 мг/кг у кубышки до 104,8 мг/кг у рдеста.

Важной составляющей биогеохимической деятельности водных растений в природных условиях является аккумуляция и депонирование ими биогенных элементов. Проведенное исследование показало, что из четырех изученных элементов (K, Ca, P, S) в листьях макрофитов наиболее интенсивно аккумулируются Ca и K, содержание которых у кубышки составляло 50 528,7 мг/кг и 20 120,5 мг/кг соответственно (табл. 2). У осоки и сабельника концентрации макроэлементов убывали в ряду K > Ca > P > S, у кубышки — Ca > K > P > S, у рдеста — Ca > K > S > P. Подобная закономерность в целом отвечает уровням физиологической востребованности данных микроэлементов у макрофитов [5].

Таблица 2

Среднее содержание макроэлементов в макрофитах озер Большого Соловецкого острова (мг/кг сухого вещества)

Название растения	P	S	K	Ca
Кубышка	4747,3	1264,4	20120,5	50528,7
Рдест	3460,4	3972,5	23211,3	26300,5
Осока	1664,0	1269,6	28861,5	6784,5
Сабельник	3571,8	1364,8	39876	18324,4

Коэффициент биологического накопления (КБН₁), представляющий собой отношение концентрации элемента в растении к кларку литосферы [8], выявляет общие закономерности видовой специфики накопления химических элементов растениями. Относительно кларка в литосфере во всех изученных высших вод-

ных растениях накапливались следующие элементы: Mn, Cu, Zn, Sr. Самые высокие значения КБН₁ демонстрируют рдест пронзеннолистный (цинк — 40, медь — 16, стронций — 16,8) и сабельник болотный (цинк — 60, медь — 29,8, стронций — 13,5).

Такой же порядок накопления элементов относительно кларка в литосфере был выявлен в водоемах Ленинградской области [3]. Возможно, это связано с тем, что медь, цинк и марганец относятся к химическим элементам, которые входят в состав ферментных комплексов любых растений не зависимо от географического положения, несмотря на его содержание в среде [7].

В свою очередь макрофиты обеднены железом (КБН₁ < 1). Накопление железа относительно кларка в литосфере отсутствует не только в исследованных озерах Большого Соловецкого острова, но и в изученных водоемах Ленинградской области [3].

Таблица 3

Содержание химических элементов, мг/кг сухого вещества, в макрофитах озер Ленинградской области и озер Большого Соловецкого острова

Элемент	Озера Ленинградской области по [1]	Озера Большого Соловецкого острова
Fe	1231,9	3306,2
Mn	1252,6	1469,5
Zn	159,7	279,5
Cu	253,8	69,7
Sr	351,4	349,1
P	4743,3	3360,9
S	1264,4	1967,8
K	20120,5	28017,3
Ca	50528,7	25484,5

Сопоставление полученных результатов по содержанию химических элементов в листьях исследованных водных растений с элементным составом макрофитов озер Ленинградской области показывает, что **Fe, Mn, Zn, S, K** накапливают в большей степени макрофиты, произрастающие в озерах Большого Соловецкого острова, а **Cu, P, Ca** — **высшие водные растения водоемов Ленинградской области** (табл. 3).

Установленные при этом различия в аккумулярующей деятельности представителей гигрофитов и гидрофитов оцениваются с позиций их биогеохимической специализации и исходя из представлений о «барьерном» или «безбарьерном» типах накопления химических элементов в растениях [7]. Проведенные исследования на изученных озерах Большого Соловецкого острова подтверждают эту закономерность: средние концентрации химических элементов последовательно возрастают в ряду: гигрофиты — аэрогидатофиты — погруженные гидрофиты.

Выводы. На основании полученных данных было установлено, что различные виды высших водных растений избирательно накапливают химические элементы. Наибольшая концентрация микро- и макроэлементов зарегистрирована в листьях рдеста пронзеннолистного, кубышки желтой и сабельника болотного.

Коэффициенты биологического накопления выявляют определенные закономерности в приоритетах поглощения микроэлементов различными видами макрофитов. Так, цинк, марганец, медь и стронций имеют наиболее высокие значения КБН_д, в то время как железо слабо вовлекается в биологический круговорот веществ.

Анализ степени накопления химических элементов видами макрофитов, которые относятся к разным экологическим группам (аэрогидатофиты, гидрофиты, гигрофиты), показывает определенные различия. Полученные результаты подтвердили ранее отмеченные закономерности, что химические элементы более накапливают погруженные гидрофиты, в меньшей степени аэрогидатофиты и гигрофиты [7].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Банарь С. А., Горская В. А., Бердник К. А. Биогеохимия макрофитов водоемов Ленинградской области // Антропогенная трансформация геопространства: история и современность. Волгоград, 2014. С. 10-14.
2. Бурдин К. С., Золотухина Е. Ю. Тяжелые металлы в водных растениях (аккумуляция и токсичность). М.: Диалог-МГУ, 1998. 202 с.
3. Горская В. А., Банарь С. А. Оценка экологического состояния водоемов методом биоиндикации // Новое слово в науке и практике: гипотезы и апробация результатов исследования. 2012. № 1. Новосибирск. С. 30-34.
4. Кочеткова А. И. О некоторых закономерностях накопления тяжелых металлов высшей водной растительностью на Волгоградском водохранилище // Вестник Волгоградского государственного университета. Сер. 3. Экон. Экол. 2012. № 1. С. 11-15.
5. Куриленко В. В., Осмоловская Н. Г. Биоиндикаторная роль высших водных растений при диагностике загрязнений водных экосистем на примере малых водоемов г. Санкт-Петербурга // Водные ресурсы. 2007. Т. 34. № 6. С. 757-764.
6. Куриленко В. В., Зайцева О. В., Новикова Е. И. Основы экогеологии, биоиндикации и биотестирования водных экосистем / под ред. В. В. Куриленко. СПб.: Изд-во СПбГУ, 2004. 448 с.
7. Лычагина Н. Ю., Касимов Н. С., Лычагин М. Ю. Биогеохимия макрофитов дельты Волги // Геология Прикаспия. 1998. Вып. 4. 83 с.
8. Малюга Д. П. Биогеохимический метод поисков рудных месторождений. М., 1963. 264 с.
9. Натыйник А. А., Никишин Н. А. Озерно-канальные водохозяйственные системы Соловецких островов памятники истории и культуры в гидросфере // Изучение памятников истории и культуры. М., 1990. Вып. 1. С. 124-140.
10. Панин М. С., Свицерский А. К. Поиск гидатофитов как объекта биогеохимического мониторинга тяжелых металлов в водотоках (на примере рек бассейна Иртыша) // Сиб. экол. журн. 2001. Т. 8. № 2. С. 205-211.

REFERENCES

1. Banar, S. A., Gorskaya, V. A., Berdnik, K. A. Biogeochemistry of macrophytes of ponds in Leningrad region // Anthropogenic Transformation of Geospace: Past and Present. Volgograd. 2014. Pp. 10-14.
2. Burdin, K. S., Zolotukhina, E. Yu. Heavy Metals in Aquatic Plants (Accumulation and Toxicity). Moscow: Dialog-MGU, 1998. 202 p.
3. Gorskaya, V. A., Banar, S. A. Assessment of the ecological state of ponds by the method of the bioindicathion // New Word in Science and Its Application: Hypothesis and Testing Results of the Research. 2012. № 1. Novosibirsk. Pp. 30-34.

4. Kochetkova, A. I. Some regularities of heavy metal accumulation by the aquatic vegetation at the Volgograd Reservoir // Bulletin of Volgograd State University. Series 3. Economy. Ecology. 2012. № 1. Pp. 11-15.
5. Kurylenko, V. V., Osmolovskaia, N. G. Bioindicator role of higher aquatic plants in the diagnosis of contamination of aquatic ecosystems on the example of small water ponds in St. Petersburg // Water Resources 2007. Vol. 34. № 6. Pp. 757-764.
6. Kurylenko, V. V., Zaitseva, O. V., Novikova, E. I. Basis of ecogeology, bioindication and biological testing of aquatic ecosystems / Ed. V. V. Kurylenko. Saint Petersburg: Publishing House of St. Petersburg State University, 2004. 448 p.
7. Lychagina, N. Y., Kasimov, N. S., Lychagin, M. Y. Biogeochemistry of macrophytes of the Volga delta \ Geology of the Caspian Sea Region. 1998. Vol. 4. Pp. 83.
8. Malyuga, D. P. Biogeochemical Method of Live Ore Find. Moscow, 1963. 264 p.
9. Natytnik, A. A., Nikishin, N. A. Lake-channel water systems of Solovki islands: historical and cultural monuments in the hydrosphere // Study of historical and cultural monuments. Moscow, 1990 Issue 1. Pp. 124-140.
10. Panin, M. S., Svidersky, A. K. Finding gidatophytes as objects of biogeochemical monitoring of heavy metals in water streams (by the example of the Irtysh river basin) // Siberian Ecological Journal. Vol. 2001. 8. № 2. Pp. 205-211.

Авторы публикации

Светлана Александровна Банарь — доцент кафедры биogeографии и охраны природы Института наук о Земле СПбГУ, г. Санкт-Петербург, кандидат географических наук

Валентина Алексеевна Горская — аспирант кафедры гидрогеологии и инженерной геологии НМСУ «Горный», г. Санкт-Петербург

Нэллi Васильевна Кобелева — доцент кафедры биogeографии и охраны природы Института наук о Земле СПбГУ, г. Санкт-Петербург, кандидат биологических наук

Authors of the publication

Svetlana A. Banar — Cand. Geogr. Sci., Associate Professor, Department of Biogeography, Saint Petersburg State University

Valentina A. Gorskaya — postgraduate student, Department of Hydrogeology and Engineering Geology, National Mineral Resources University «Mining University»

Nelli V. Kobeleva — Cand. Biolog. Sci., Associate Professor, Department of Biogeography, Saint Petersburg State University

© И. А. ЗУБАНЬ¹, В. С. ВИЛКОВ²

¹Тюменский государственный университет, ²Северо-Казахстанский
государственный университет им. М. Козыбаева
zuban_ia@mail.ru

УДК 598.252.2

**МОНИТОРИНГ ГУСЯ-ПISКУЛЬКИ НА ВОДОЕМАХ
СЕВЕРО-КАЗАХСТАНСКОЙ ОБЛАСТИ В 2014 г.***

**MONITORING THE LESSER WHITE-FRONTED GOOSE
IN WATER LANDS OF NORTH KAZAKHSTAN IN 2014**

В работе рассматриваются результаты изучения весенней и осенней миграции гуся-пискульки через Северо-Казахстанскую область в 2014 г. В ходе полевых работ обследовано в общей сложности 65 водоемов: весной — 29 и осенью — 36. В работе представлена их география, даты обследования, а также информация о характере водного режима в период наблюдений. По материалам учетов 2014 г. определены сроки весенней и осенней миграции рассматриваемого вида. Установлены даты первой и последней регистрации весной и осенью. Выявлены ключевые места остановок на отдых, а также места кормежки. В работе приводятся данные по численности и возрастной структуре гуся-пискульки, ее доля к общему количеству учтенных белолобых и серых гусей, краснозобых казарок: в весеннее время она составила 0,06%, осенью — 0,14. Отмечено, что весной рассматриваемый вид летит моновидовыми стаями чаще, чем осенью.

In the article results of the study of lesser white-fronted geese migrating via North-Kazakhstan region in the spring and fall of 2014 are given. During the field works we examined a total of 65 ponds: 29 in spring and 36 in Autumn. In the article we describe their geography, the dates of the survey, as well as information on the nature of the water regime within the observation period. Based on the survey frame for the spring and autumn of 2014 time frames of migration of the species are stated. We set the first and last date of registration in the spring and fall. Also, we identified key stopping places for rest and feeding. The data on population size and age structure of the lesser white-fronted goose, its proportion to the total number of registered white-fronted and graylag geese, and Red-Breasted goose in the spring time are given. It amounted to 0.06% in spring and 0.14% in autumn. It is noted that in spring the studied species prefers mono-species type of pack-formation more frequently than in the fall.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА. Мониторинг, гусь, Казахстан, миграции.

KEY WORDS. Monitoring, goose, Kazakhstan, migration.

* Исследование проведено при поддержке АЕWA и Казахстанской Ассоциации сохранения биоразнообразия.

Северо-Казахстанская область является составной частью Сибирско-Казахстанско-Черноморско-Средиземноморского пролетного пути, где на сравнительно небольшой территории в огромном количестве концентрируются как глобально угрожаемые (гусь-пискулька — *Anser erythrorus*, краснозобая казарка — *Rufibrenta ruficollis*), так и охотничьи виды гусей и казарок. Этот сравнительно узкий миграционный коридор играет важнейшую роль в системе миграций гусеобразных птиц Палеарктики, связывая места зимовок гусей и казарок в Западной и Центральной Европе и их гнездовые участки в тундровой и лесотундровой зонах Арктики [7-10]. На массовый пролет водоплавающих птиц по этому маршруту оказывают влияние крайне благоприятные биотопические условия. Прежде всего, это огромная сеть различных по минерализации и флористическому составу озер (более 3 тыс.) [4; 6], расположение которых в целом соответствует общему направлению маршрута миграции птиц [2], а также значительные запасы кормовых ресурсов (зерновые поля), используемые водоплавающими птицами в качестве мест жировок.

Актуальность мониторинга состояния пискульки определяется катастрофическим снижением ее численности в западной части ареала в течении второй половины XX в. По данным ряда авторов, основными причинами падения ее численности являются плохие условия и пресс охоты на путях миграции [11]. Естественной угрозой ключевым местам обитания пискульки в Казахстане является нестабильный гидрологический режим [13], т. к. большинство водоемов Северного Казахстана пополняются только за счет весенних талых вод. Данные спутникового мечения показали, что исследуемая область, а также прилегающие Кустанайская и Акмолинская являются последней совместной остановкой пискулек из разных областей гнездования [10], что еще раз подчеркивает важность данной территории для рассматриваемого вида.

Материалы и методы

В работе представлен материал, собранный авторами, в ходе планового мониторинга состояний популяций мигрирующих гусей на территории Северо-Казахстанской области в весенний — осенний периоды 2014 г.

Весенние работы проведены с 25 апреля по 20 мая на территории 8 административных районов области: Жамбылский, Мамлютский, Тимирязевский, Аккайынский, Тайыншинский, М. Жумабаева, Есильский и Шал акына. Полевыми выездами охвачено 29 озер (табл. 1). Также обследовано 8 временных разливов на пшеничных полях, на которых были встречены гуси.

Осенний мониторинг проведен с 20 сентября по 17 октября, в границах 6 административных районов: Жамбылский, Мамлютский, Тимирязевский, Аккайынский, Тайыншинский и М. Жумабаева. Полевыми выездами охвачено 36 озер (табл. 2). Состояние осмотренных водоемов имело динамику гидрологического режима, связанную с повышением уровня водного зеркала. Причиной этому послужили: повышение уровня поступившей талой воды в весенний период, дождливая весна, лето, а также первая декада осени. В сравнении с осенью 2013 г., уровень воды в озерах повысился в среднем на 0,8 см. На тростниковых озерах еще больше увеличились площади мелководий и начали сокращаться заросли жесткой надводной растительности [3].

Таблица 1

Расписание наблюдений на водоемах СКО весной 2014 г.

№ п/п	Обследованные пункты	Координаты		Дата(ы)	Наличие воды в водоемах
		широта	долгота		
1	Оз. Шаглытениз	54°09'52,6"	69°50'20,3"	25.04, 13.05	+
2	Оз. Альва	54°23'12,1"	71°11'07,0"	26.04	+
3	Оз. Мал. Балыкты	54°16'54,1"	69°18'55,6"	01.05	+
4	Оз. Узынколь	54°09'11,8"	69°04'26,8"	01.05	+
5	Оз. Кумдыколь	54°04'17,7"	69°55'38,4"	01.05, 08.05	+
6	Оз. Переранское	54°30'32,9"	68°17'38,7"	01.05	+
7	Бол. Красная Шляпа	54°33'07,6"	68°20'49,2"	01.05	+
8	Оз. Балыкты	54°05'41,2"	68° 55'39,7"	02.05, 07.05	+
9	Оз. Алуа	54°22'0,6"	68°17'06,6"	02.05	+
10	Оз. Сарыколь	54°08'55,6"	68°31'42,3"	02.05	+
11	Оз. Б. Тарангул	54°02'41,8"	68°23'37,6"	02.05	+
12	Урочище Каратау	54°24'14,3"	68°38'06,6"	02.05	+
13	Оз. Б. Как	54°36'49,4"	66°13'19,7"	07.05	+
14	Оз. Аксуат	53°39'45,1"	66°27'45,6"	08.05	+
15	Оз. Альпаш	54°07'06,1"	66°27'50,1"	08.05	+
16	Оз. М. Как	53°43'39,2"	66°48'18,7"	08.05	+
17	Оз. Узунколь	54°09'11,8"	69°04'26,8"	08.05	+
18	Оз. Жалтыр	53°59'32,3"	67°17'26,1"	09.05	+
19	Оз. Карасор	54°09'55,3"	69°12'02,9"	09.05	+
20	Оз. Питное	54°50'36,3"	69°55'38,4"	16.05	+
21	Оз. Половинное	54°50'58"	70°10'4,2"	16.05	+
22	Оз. Камышлово	54°51' 52"	70°13'41,8"	16.05	+
23	Бол. Сухое	54°51'12,1"	70°15'15,8"	16.05	+
24	Оз. Большое Соленое	54°51'52"	70°13'41,8"	17.05	+
25	Оз. Чистовское	54°52'59"	70°36'46,8"	17.05	+
26	Оз. Соленое близ с. Карагуга	54°58'20,6"	70°50'01,3"	17.05	+
27	Оз. Тайнча	54°08'13,6"	70°15'29,1"	17.05	+
28	Оз. Майбалык	54°17'10,2"	70°29'04,2"	17.05	+
29	Оз. Карабул	54°25'31,8"	70°27'48,4"	18.05	+

Таблица 2

Расписание наблюдений на водоемах СКО осенью 2014 г.

№ п/п	Обследованные пункты	Координаты		Дата(ы)	Наличие воды в водоемах
		широта	долгота		
1	Оз. Балыкты	54°15'41,2"	68°55'39,7"	21.09	+
2	Оз. Кумдыколь	54°04'17,7"	69°55'38,4"	22.09	+
3	Оз. Питное	54°50'36,3"	69°55'38,4"	21.09	+
4	Оз. Половинное	54°50'58"	70°10'4,2"	22.09	+
5	Оз. Тайнча	54°08'13,6"	70°15'29,1"	25.09	+
6	Оз. Карабул	54°25'31,8"	70°27'48,4"	26.09	+
7	Оз. б/н у с. Симаки	54°43'30,8"	67°48'17,7"	28.09	+
8	Оз. Альва	54°23'12,1"	71°11'07,0"	28-29.09	+
9	Оз. Курганское	54°40'37,2"	66°43'17,2"	29.09	+
10	Оз. Займище	54°43'04,5"	67°20'26,2"	30.09	+
11	Оз. Кельтесор	54°34'21,6"	71°05'24,3"	30.09	+
12	Оз. Питное	54°50'36,3"	69°55'38,4"	02.10	+
13	Оз. Половинное	54°50'58"	70°10'04,2"	02.10	+
14	Оз. Камышлово	54°51'52"	70°13'41,8"	02.10	+
15	Бол. Сухое	54°51'28,3"	70°14'36,8"	02.10	+
16	Оз. Менгисер	54°51'52"	70°13'41,8"	02.10	+
17	Оз. Б. Соленое	54°51'52"	70°13'41,8"	03.10	+
18	Оз. Соленое	54°57'40,3"	70°51'01,8"	03.10	+
19	Оз. Лебяжье	54°51'14,5"	67°44'05,8"	04.10	+
20	Оз. Узынколь	54°09'11,8"	69°04'26,8"	04-05.10	+
21	Оз. Кумдыколь	54°04'17,7"	69°55'38,4"	04-05.10	+
22	Оз. Б. Тарангул	54°02'41,8"	68°23'37,6"	05.10	+
23	Оз. Сарыколь	54°08'55,6"	68°31'42,3"	05.10	+
24	Оз. Сладкое	54°38'52,9"	66°19'15,7"	05.10	+
25	Оз. Крутое	54°32'34,0"	66°22'42,2"	05.10	+
26	Оз. Ястребиное	54°37'55,8"	66°14'07,2"	06.10	+
27	Оз. Алуа	54°23'02,6"	68°17'29,2"	05.10	+
28	Оз. Шаглытениз	54°09'52,6"	69°50'20,3"	08-09.10	+
29	Оз. Соленое (с. Мирное)	54°32'26,3"	67°19'22,6"	12.10	+
30	Оз. Б. Как	54°36'49,4"	66°13'19,7"	12.10	+
31	Оз. Узунколь	54°09'11,8"	69°04'26,8"	13.10	+
32	Оз. Аксуат	53°39'45,1"	66°27'45,6"	13.10	+
33	Оз. Майбалык	54°17'10,2"	70°29'04,2"	14.10	+
34	Оз. М. Как	53°43'39,2"	66°48'18,7"	14.10	+
35	Оз. Б. Тарангул	54°02'41,8"	68°23'37,6"	16.10	+
36	Оз. М. Тарангул	53°42'21,7"	67°49'50,8"	17.10	+

Учет гусей осуществлялся с использованием биноклей 10×50 и подзорных труб с увеличением 20×60 и 20×100, а для более детальной оценки видового состава, возрастной структуры и численности стай гусей применяли фотосъемку камерами Canon 660D, объектив 55-300 мм и Nikon 3100, объективы 18-55 и 55-300 мм. Учеты птиц проводились в утренние и вечерние часы, во время разлета на кормовые поля, а также при возвращении на водоем. Для получения более точной информации, при возможности проводился учет птиц на зерновых полях и непосредственно на самом водоеме.

При недостаточном освещении в пасмурную погоду, в утреннее или вечернее время, а также в очень крупных стаях, использовалась выборочная серийная фотосъемка для последующего определения численности, видового состава и процентного соотношения видов. Использование фотоаппаратуры значительно повысило качество определения пискульки в смешанных стаях белолобых гусей и краснозобых казарок.

Погодные условия в период проведения работ

Весна 2014 г. была ранней: таять начало в начале марта. К середине месяца снега на открытых местах уже не было. Среднесуточные плюсовые температуры наступили 12-14 апреля. После этого, вплоть до начала выездов, температура дневная и ночная — повышались. Так, 23.04 днем она составила +17 °С. К 26-27 апреля дневная температура вновь понизилась до +6 - -1 °С. Усилившийся ЮЗ ветер порывами достигал 15-20 м/с. Весь день 26.04 бушевала метель. Сугробы местами достигали 0,5-0,7 м. С 28.04 началось резкое потепление и к началу мая температура вновь повысилась: 2 мая она составила +21 - +24 °С днем и +15 - +20 °С ночью. В последующие дни происходило постепенное ее понижение. Преобладали ветра З, ЮЗ румбов, 1-8 м/с. Было малооблачно, без осадков. С 7 по 9 мая температура колебалась от +15 до +24 °С. 7 мая преобладал ЮВ ветер, 5-9 м/с, а 8-9 мая — ЗСЗ, 4-11 м/с. Наблюдалась облачность, без существенных осадков. С 16 по 18 мая температура колебалась от +12 до +29 °С днем и от +11 до +25 °С ночью, с постепенным понижением к 18 мая. Ветер: 16-17 мая — ССЗ, ССВ, 2-8 м/с; 18 мая — ВЮВ, 5-6 м/с. Переменная облачность, без существенных осадков.

Осень 2014 г. была облачной, сравнительно холодной с обильными осадками. В период с 20 сентября по 17 октября 2014 г. температура поступательно понижалась. Если к концу сентября дневные температуры колебались от 8 до 18 °С, то к 10 октября они не превышали 6 °С, а ночью понижались до -6 °С. В период мониторинговых работ очень часто шли кратковременные дожди, иногда с мокрым снегом.

Результаты исследований

Весенняя миграция. Весенний полевой сезон характеризовался массовым пролетом гусей по всей территории области. Первые стаи появились в середине апреля. Так, со слов егеря областного общества охотников и рыболовов О. А. Плаксина около 200 белолобых гусей 16 апреля отмечены на зерновых полях у оз. Шаглытениз. Интенсивная миграция началась с 25 апреля, а ее пик пришелся на 9-13 мая. Самые крупные скопления от 4300 до 92 000 особей отмечены на оз. Балыкты, Узынколь и Кумдыколь, Алуа, Альва, разливе

возле с. Чириковки (Каратау), М. Как, Жалтырь, Карасор, Б. Соленое, Соленое (Карагуга). Гуси были отмечены и на большинстве остальных обследованных водоемов, но в меньшем количестве. Общая численность учтенных гусей составила — 343 775 особей гусей и казарок.

Присутствие пискулек в смешанных стаях гусей и казарок или в отдельных скоплениях отмечено в 11 из 29 (37,9%) пунктах наблюдений. Общее количество учтенных особей составило 100. Первую пискульку наблюдали 1 мая на оз. М. Балыкты (Аккайынский район): одна взрослая особь обнаружена при осмотре стаи белолобых гусей (*Anser albifrons*) на берегу озера перед вечерним вылетом птиц на кормежку (табл. 3). В этот же день 11 пискулек наблюдали на оз. Кумдыколь. Еще 2 пискульки и один белолобый гусь отмечены в полете над оз. Перерванское.

Таблица 3

Численность гуся-пискульки на водоемах Северо-Казахстанской области весной 2014 г.

Наименование водоема	Дата наблюдения	Численность, особ.
Оз. М. Балыкты	01.05.2014	1
Оз. Кумдыколь	01.05.2014	11
Оз. Перерванское	01.05.2014	2
Оз. Балыкты	02.05.2014	15
Оз. Б. Тарангул	02.05.2014	8
Оз. Балыкты	07.05.2014	34
Оз. М. Как	08.05.2014	7
Оз. Шаглытениз	13.05.2014	8
Оз. Большое Соленое	17.05.2014	7
Оз. Тайнча	17.05.2014	2
Оз. Майбалык	17.05.2014	2
Оз. Карабул	18.05.2014	3
Итого		100

Второго мая 15 пискулек отмечено на оз. Балыкты. В этот же день 6 птиц были сфотографированы в совместных стаях белолобых гусей и краснозобых казарок, возвращающихся с полей на оз. Б. Тарангул. Еще 2 особи отмечены в стае белолобых гусей (9 особей), отдыхавших на льду водоема. В последующие дни число встреченных особей рассматриваемого вида увеличилось: на оз. Балыкты 8 мая в стаях белолобых гусей (1384) и краснозобых казарок (75), возвращающихся с утренней кормежки, было отмечено 27 пискулек; еще 7 птиц обнаружено в стае белолобых гусей на берегу озера; в этот же день группа пискулек в 7 особей отмечена в стае отдыхавших на берегу гусей на оз. М. Как. Через 5 дней — 13 мая — еще 8 птиц отмечены в стаях белолобых гусей, возвращавшихся с утренней кормежки на оз. Шаглытениз.

17 мая на берегу оз. Б. Соленое в стае из 120 белолобых гусей и 57 краснозобых казарок отдыхали 7 пискулек. В тот же день 2 пары пискулек наблюдали на берегу оз. Тайнча и в полете над зерновым полем северо-восточнее с. Сейфулино. Группу из 3 пискулек удалось рассмотреть в стае из 23 белолобых гусей при возвращении с вечерней кормежки на оз. Карабул.

Таким образом, из общего количества 31 пискулька отмечена в моновидовых стаях или группах (31%). Основное количество птиц мигрировало в совместных стаях с белолобым гусем, иногда с присутствием краснозобой казарки.

Осенняя миграция. Как и в полевой сезон 2013 г., больших и долговременных скоплений пролетных гусей и казарок на территории области зарегистрировано не было [5]. Самые крупные скопления от 1500 до 15 000 особей отмечены, как и в предыдущем осеннем полевом сезоне, только на оз. Балыкты и Кумдыколь. На большинстве остальных водоемов гуси либо вообще не отмечены, либо отмечались в очень небольшом количестве. Общая численность учтенных гусей и казарок в осенний период составила — 32 649 особей.

Присутствие пискулек в смешанных стаях гусей и казарок или в отдельных скоплениях отмечено всего в 3 пунктах наблюдений из 49, в количестве 22 особи (табл. 4). Первых пискулек наблюдали 20 сентября на оз. Балыкты: моновидовая стая из 18 пискулек рассмотрена в подзорную трубу на юго-западном берегу озера (птицы отдыхали на мелководьях в 150-200 м от серых гусей); 2 пискульки, летевшие в совместной стае из 18 краснозобых казарок, отмечены 22 сентября над оз. Кумдыколь. Спустя 5 дней среди отдыхающих на берегу оз. Альва (район М. Жумабаева) белолобых гусей и казарок обнаружены две пискульки.

Из всего указанного следует, что доля моновидовых групп рассматриваемого вида осенью составила 81,8%, что почти в 3 раза больше, чем весной. Но, учитывая небольшую выборку, данное утверждение нуждается в дальнейшей проверке.

По отношению к общему количеству учтенных белолобых и серых гусей и краснозобых казарок (32 649), в стаях которых она встречается осенью, доля пискульки составила 0,14%. В весеннее время данный показатель был равен 0,06%.

Таблица 4

Численность гуся-пискульки на водоемах Северо-Казахстанской области осенью 2014 г.

Наименование водоема	Дата наблюдения	Численность, особ.
Оз. Балыкты	20.09-04.10.2014	18
Оз. Кумдыколь	22.09.-05.10.2014	2
Оз. Альва	27.09.2014	2
Итого		22

Помимо учета численности, в период наблюдений проведена оценка возрастной структуры мигрирующих пискулек. Оценка гусей проводилась по соотношению молодых и взрослых особей в сидящих или пролетающих группах. Анализ выборок в весенний период показал, что доля молодых птиц составила 6,8% (n = 98). В осенний период из 20 осмотренных пискулек 17 являлись взрослыми (85%) и 3 молодыми, что составило 15%.

Несколько выше данный показатель в этом же году был отмечен на осеннем пролете в Кустанайской области, где на долю молодых пискулек пришлось 19,9% [12].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аарвак Т., Вилков В., Ерохов С., Петков Н., Розенфельд С., Тимошенко А. Основные результаты мониторинга сезонных миграций гусей и состояния мест их обитания в Северном и Северо-Западном Казахстане в 2011 г. // Зоологические и охотоведческие исследования в Казахстане и сопредельных странах: Материалы международной научно-практической конференции, посвященной 100-летию со дня рождения чл.-корр. КазССР А. А. Слудского. Алматы, 2012. С. 208-213.
2. Брагин Е. А., Брагина Т. М. Водно-болотные угодья в системе природных комплексов Северного Казахстана. Общая характеристика и природоохранное значение. Важнейшие водно-болотные угодья Северного Казахстана (в пределах Костанайской и западной части Северо-Казахстанской областей) / ред. Т. М. Брагина, Е. А. Брагин. М.: Русский университет, 2002. С. 1-156.
3. Вилков В. С. Мониторинг гусей в Северо-Казахстанской области осенью 2013 года // Материалы V Международной научно-практической конференции «Эколого-экономическая эффективность природопользования на современном этапе развития Западно-Сибирского региона». Ч. 1. Омск, 2014. С. 23-26.
4. География Северо-Казахстанской области: учеб. пособие для студ. вуза / под общ. ред. В. И. Дробовцева. Петропавловск: СКГУ им. М. Козыбаева, 2009. 125 с.
5. Зубань И. А., Вилков В. С., 2013. Осенний мониторинг гуся-пискульки (*Anser erythropus*) и других гусей и казарок на водоемах Северо-Казахстанской области — Отчет в рамках работ проекта АСБК/АЕВА «Сокращение угроз от нелегальной охоты для водоплавающих птиц на севере Казахстана». Рукопись, Петропавловск. С. 1-9.
6. Информационный бюллетень о состоянии окружающей среды Северо-Казахстанской области, департамент природных ресурсов и регулирования природопользования Северо-Казахстанской области. Петропавловск, 2008. 52 с.
7. Кищинский А. А. Результаты кольцевания серых гусей в Польше и СССР. Общая картина сезонного размещения популяций // Миграции птиц Восточной Европы и Северной Азии: Аистообразные; Пластинчатоклювые. М.: Наука, 1979. С. 98-122.
8. Лебедева М. И. Миграции белолобых гусей по данным, полученным в СССР // Миграции птиц Восточной Европы и Северной Азии: Аистообразные — пластинчатоклювые. М.: Наука, 1979. С. 131-142.
9. Лебедева М. И. Миграции гуменников по данным кольцевания, полученным в СССР // Миграции птиц Восточной Европы и Северной Азии: Аистообразные — пластинчатоклювые. М.: Наука, 1979. С. 150-160.
10. Литвин К. Е. Новые данные о миграциях гусей, гнездящихся в России. Обзор результатов дистанционного прослеживания. Казарка. 14. 2014. С. 13-45.
11. Морозов В. В., Сыроечковский Е. Е. Пискулька на рубеже тысячелетий. Казарка. 8. 2002. С. 233-276.
12. Тимошенко А. Ю., Волков С. В. 2014. Осенний мониторинг гуся-пискульки (*Anser erythropus*) и других гусей и казарок на водоемах Костанайской области и прилегающих территорий. Отчет в рамках работ проекта АСБК/АЕВА «Сокращение угроз от нелегальной охоты для водоплавающих птиц на севере Казахстана». Рукопись, Костанай. С. 1-20.
13. Розенфельд С. Б., Тимошенко А. Ю., Салемгареев А. Р. 2009. Осенний пролет гусей и казарок в Костанайской области, Казахстан, в 2008 г. Казарка, 12(2): 2009. С. 114-138.

REFERENCES

1. Aarvak, T., Vilkov, V., Yerokhov, S., Petkov, N., Rosenfeld, S., Timoshenko, A. The main results of monitoring of seasonal geese migration and the state of their habitat in North and North-West Kazakhstan in 2011 // Proceedings of the International scientific and practical conference "Zoological and Hunting Studies in Kazakhstan and Neighbor Countries", devoted

to the 100th anniversary of A. A. Sludski, Corresponding Member of the Kazakhstan Soviet Social Republic Academy. Almaty, 2012. Pp. 208-213.

2. Bragin, Y. A., Bragina, T. M. Wetlands in the System of Nature Complexes in North Kazakhstan. General Characteristics and Nature Protection Value. The Most Important Wetlands of North Kazakhstan (within the Borders of Kostaniy Region and Western Part of North Kazakhstan) / ed. by T. M. Bragina, Y. A. Bragin. Moscow: Russkii universitet, 2002. Pp. 1-156.

3. Vilkov, V. S. Geese monitoring in North Kazakhstan in autumn, 2013 // Proceedings of the 5th International scientific and practical conference "Ecologic and Economic Effectiveness of the Nature Use at the Contemporary Stage of Development Of West Siberian Region": Part 1. Omsk, 2014. Pp. 23-26.

4. Geography of North Kazakhstan: a study manual for university students/ ed. by V. I. Drobvtsev. Petropavlovsk: NKSU, 2009. 125 p.

5. Zuban, I. A., Vilkov, V. S. Autumn Monitoring of the Lesser White-Fronted Goose, Brent and Other Geese at the Water Reservoirs of North Kazakhstan: A report in the frameworks of ACBK/AEWA project "Decrease of Threats in Illegal Waterfowling in North Kazakhstan". Manuscript, Petropavlovsk: 1-9.

6. Information bulletin on North Kazakhstan ecology, Department of Nature Resources and Nature Use Regulation of North Kazakhstan — Petropavlovsk, 2008. 52 p.

7. Kishinski, A. A. Results of greylag geese (*Anser anser*) ringing in Poland and the USSR. A general survey of seasonal settling of the species // East European and North Asian Birds Migration: Cicomiiformes and Lamelliostres. Moscow: Nauka, 1979. Pp. 98-122.

8. Lebedeva, M. I. The white-fronted goose migrations — on the basis of the USSR data // East European and North Asian Birds Migration: Cicomiiformes and Lamelliostres. Moscow: Nauka, 1979. Pp. 131-142.

9. Lebedeva, M. I. Bean goose migrations — on the basis of the USSR ringing data // East European and North Asian Birds Migration: Cicomiiformes and Lamelliostres. Moscow: Nauka, 1979. Pp. 150-160.

10. Litvin, K. Y. New Data on the Migration of Geese, Settling in Russia. The Survey Results of a Distant Monitoring. Kazarka, Issue 14, 2014. Pp. 13-45.

11. Morozov, V. V., Siroyechkovskiy, Y. Y. Anser *Erythropus* at the Turn of the Millennium. Kazarkha, Issue 8, 2002. Pp. 233-276.

12. Timoshenko, A., Volkov, C. Y. Autumn Monitoring of the Lesser White-Fronted Goose, Brent and Other Geese at the Water Reservoirs of Kostanay Region and Adjacent Territories: A report in the frameworks of ACBK/AEWA project "Decrease of Threats in Illegal Waterfowling in North Kazakhstan". Manuscript, Kostanai: 1-20.

13. Rosenfeld, S. B., Timoshenko, A. Yu., Salemgarev, A. R. Autumn Flight of Geese and Brents in Kostanai Region, Kazakhstan in 2008. Kazarkha, Issue 12(2): 2009. Pp. 114-138.

Авторы публикации

Иван Александрович Зубань — аспирант кафедры зоологии и эволюционной экологии животных Института биологии Тюменского государственного университета

Владимир Семенович Вилков — доцент кафедры «Общая биология» Северо-Казахстанского государственного университета им. М. Козыбаева (Казахстан), кандидат биологических наук

Authors of the publication

Ivan Aleksandrovich Zuban — Research Student, Department of Zoology and Evolutionary Ecology of Animals, Institute of Biology, TSU

Vladimir Semenovitch Vilkov — Cand. Sci. (Biol.), Associate Professor, Department of General Biology, M. Kozibayev North Kazakhstan State University

© М. Г. МИТРОПОЛЬСКИЙ

Узбекское зоологическое общество
max_raptors@list.ru

УДК 591.526

**СИЗОВОРОНКА CORACIAS GARRULUS: ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ
ОСОБЕННОСТИ ВИДА ПО АНАЛИЗУ СБОРОВ ПЛЕЧЕВЫХ КОСТЕЙ**
**THE ROLLER CORACIAS GARRULUS: ECOLOGICAL CHARACTERISTICS
OF THE SPECIES BY THE ANALYSIS OF HUMERUS**

В данной работе приведены морфологические и морфометрические характеристики плечевой кости сизоворонки *Coracias garrulous*. Материал был собран на территории Узбекистана в период с 1998 по 2013 г. Всего было собрано 20 плечевых костей от сизоворонок, погибших по естественным — 11 птиц (55,0%) и по антропогенным — 9 птиц (45,0%) причинам. У собранных птиц пол был определен только в 30,0% случаев. Остальные определения пола сделаны по анализу плечевых костей. Далее в работе приведены экологические характеристики вида, с использованием анализа плечевых костей. Впервые, применяя методику определения пола по плечевым костям, удалось безошибочно показать, что самки сизоворонок крупнее самцов. Ранее в литературе эти данные варьировали с большой степенью перекрытия признаков. Данные признаки были показаны как на целых костях, так и на их отдельных частях. Названная методика позволила показать половозрастную выборочность факторов смерти сизоворонок, в том числе и в питании филина.

The article presents morphological and morphometric characteristics of the humerus of the roller *Coracias garrulous*. The material was collected in Uzbekistan in the period from 1998 to 2013. There were 20 humerus collected from rollers killed by natural causes — 11 birds (55.0%) and anthropogenic ones — 9 birds (45.0%). Sex of birds was defined only in 30.0% of cases. The rest of sex determination was made on the analysis of humerus. Environmental characteristics of the species, using the analysis of humerus, are given in the article. It is the first time when, applying the method to determine sex using humerus, we managed to correctly show that females of rollers are larger than males. These data varied with a high degree of overlapping features in the previous literature. These features have been shown for whole bones and their parts. The analysis showed age and gender selectivity factors of death, including the nutritional factor of eagle owl.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА. Сизоворонка, факторы смертности, плечевые кости, половой диморфизм, экологический мониторинг вида.

KEY WORDS. Roller, mortality factors, humerus, sexual dimorphism, environmental monitoring of species.

В период с 1998 по 2013 г. на территории Узбекистана были собраны 20 плечевых костей от сизоворонок, погибших по естественным — 11 птиц

(55,0%) (из них 2 (18,2%) погибли в природе, 9 (81,8%) — из погадок филина) и по антропогенным причинам — 9 птиц (45,0%) (из них 5 птиц (55,6%) отстрелено и 4 птицы (44,4) сбиты на шоссе). Среди собранных птиц, с определенным полом оказалось 6 экземпляров (30,0%), для остальных экземпляров пол определен позже по анализу плечевых костей (табл. 1).

Таблица 1

Морфометрия плечевых костей сизоворонки *Coracias garrulus*

Номер сбора	Дата	Пол	1.0	2.0	3.0	4 а - в	$\Sigma 4 а + b$	$\Sigma 1.0 - 4a$	Фактор гибели
1	16.05.1998	(♀ аhy)	54,1	10,5	9,2	3,6-3,0	6,6	77,4	Отстрел
2	27.05.1999	(♀ аhy)	55,1	10,7	8,9	3,6-3,0	6,6	78,3	Погибла в природе
3	10.05.2000	♂ аhy	52,7	10,2	8,7	3,6-3,0	6,6	75,2	На шоссе
4	05.2001	(♀ аhy)	53,7	11,1	9,2	3,7-3,1	6,8	77,7	Погибла в природе
5	11.06.2003	(♀ аhy)	53,7	10,5	9	3,7-3,1	6,8	76,9	На шоссе
6	09.2004	(♂ hy)	51,6	9,7	8,6	3,5-3,0	6,5	73,4	На шоссе
7	17.07.2013	(♂ hy)	50,8	10	8,1	3,4-2,8	6,2	72,3	Из погадок
8	17.07.2013	(♀ hy)		10,8	8,5	3,3-3,1	6,4		Из погадок
9	17.07.2013	(♂ hy)			8	3,0-2,6	5,6		Из погадок
10	17.07.2013	(♂ hy)				3,3-2,9	6,2		Из погадок
11	17.07.2013	(♂ hy)			8	3,1-2,7	5,8		Из погадок
12	17.07.2013	(♂ hy)			8,1	3,3-2,7	6,0		Из погадок
13	17.07.2013	(♀ hy)		10,8		3,3-3,1	6,4		Из погадок
14	17.07.2013	(♂ hy)		9,8		3,4-2,8	6,2		Из погадок
15	17.07.2013	(♂ hy)		9,8	8,5	3,1-2,6	5,7		Из погадок
16	22.07.2010	♂ hy	51,7	10,2	8,6	3,5-2,9	6,4	74	Отстрел
17	22.07.2010	♀ аhy	53,7	10,8	9,6	3,8-3,1	6,9	76,9	Отстрел
18	22.07.2010	♂ hy	51,3	10,2	8,6	3,6-3,1	6,7	73,7	Отстрел
19	22.07.2010	♀ аhy	53,5	10,6	8,9	3,9-3,4	7,3	76,9	Отстрел
20	09.06.2007	♂ аhy	52,8	10,3	8,5	3,5-2,9	6,4	75,1	На шоссе

Примечание: в скобках указание пола, определенного по костям.

Диагноз плечевой кости сизоворонки. Кости длиной от 50,8 до 55,1 мм — промер 1,0, с шириной проксимального (от 9,7 до 11,1 мм) — промер 2,0 и с

шириной дистального (от 8,0 до 9,6 мм) — промер 3,0 эпифизов. Общий вид кости имеет утонченную (промер диафиза 4 а-в) бобовидную, слегка с-образно изогнутую форму. По морфометрическим признакам с костями сизоворонки схожи плечевые кости мелких сов (сычи, совки), удонов, кукушек, однако ряд особенностей морфологического строения проксимального и дистального эпифизов выделяют их видоспецифичность.

На проксимальном эпифизе *Tuberculum ventralis* с латеральной стороны имеет хорошо выраженную бороздками шаровидную форму, с медиальной стороны спускается отдельным гребнем к диафизу. Здесь же с медиальной стороны *Tuberculum intermedium*, переходя в *Crista tuberculi dorsalis*, образуют хорошо выраженную «площадку» для прикрепления мышц. *Fossa pneumatica* одиночное закрытое с питательным отверстием.

Дистальный эпифиз заужен в форме неравнобокой трапеции. Отличительной особенностью является то, что *Epicondylum ulnaris* выступает ниже *Condylus ulnaris*. *Impresio musculi brachialis* имеет веретенообразную форму, вытянутую вдоль диафиза, тогда как у мелких совиных и козодоев *Impresio musculi brachialis* имеет форму параллелограмма и относительно диафиза расположено под углом до 15°.

Половозрастной диморфизм сизоворонки по плечевым костям.

В литературных сводках при описании морфологии сизоворонок неоднократно приводились данные по промерам длины крыла и массе тела, по материалам которых отмечались значительные перекрытия показателей между полами.

При анализе размеров крыла (мм) самцов и самок из различных мест ареала в России и сопредельных странах получалось, при сильном перекрытии преобладание в пользу самцов [1; 3; 7-10]: длина крыла самцов (n = 184) — 180-210, среднее — 195,9; длина крыла самок (n = 156) — 181-207, среднее — 191,5, тогда как при анализе массы тела (г) преобладание было в пользу самок [1; 7; 9; 10]: масса самцов (n = 48) — 118,2-185,0, средняя — 140,3; масса самок (n = 43) — 105,2 - 182,6, средняя — 144,5.

Половой диморфизм по анализу морфометрических признаков плечевых костей, собранных сизоворонок показал, что самки крупнее самцов и эти данные без перекрытий (рис. 1а, б). Причем как у взрослых, так и у молодых птиц (рис. 2а, б).

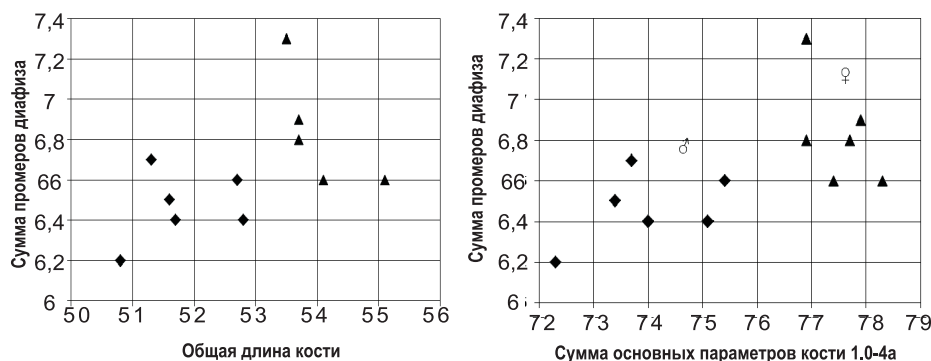


Рис. 1. Морфометрические признаки полового диморфизма плечевых костей сизоворонки: а) отношения длины кости к сумме промеров диафиза; б) отношение суммы основных промеров кости 1.0-4а к сумме промеров диафиза

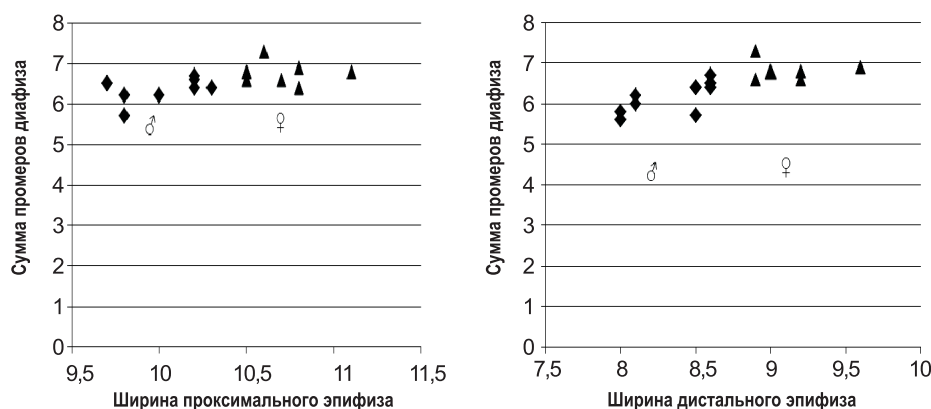


Рис. 2. Морфометрические признаки полового диморфизма отдельных частей плечевых костей сизоворонки: а) отношения ширины проксимального эпифиза к сумме промеров диафиза; б) отношение ширины дистального эпифиза к сумме промеров диафиза

Следует отметить, что для самцов удалось показать и возрастные рамки: с длиной кости до 50 мм и суммой промеров до 73 — ювинальные; до 52 мм и 74 соответственно — молодые, до 53 мм и 76 — взрослые птицы. Тогда как у самок, ввиду отсутствия целых костей молодых птиц, такого рода дифференцировку провести не удалось.

Здесь же следует отметить, что определение пола, как видно из рис. 2а, б, возможно и при фрагментации кости по промерам соотношения ширины проксимального эпифиза к сумме промеров диафиза и соотношениям ширины дистального эпифиза к сумме промеров диафиза. Так, ширина проксимального эпифиза самцов не превышает 10,3 мм, тогда как у самок минимальная ширина проксимального эпифиза — 10,5; ширина дистального эпифиза самцов не превышает 8,7 мм, тогда как у самок эта величина 8,9 мм и выше. Аналогичным методом нами ранее были идентифицированы половозрастные характеристики плечевых костей зимородка в погадках ушастых сов [5].

Таким образом, анализ морфометрии плечевых костей сизоворонок позволил установить различия в половом диморфизме, который в предыдущие исследования по внешней морфологии не имел однозначных показателей, а также определить пол остальных 14 птиц из анализа (см. табл. 1).

Применение анализа плечевых костей сизоворонки в экологическом мониторинге в системе «хищник-жертва» в погадках филина из Узбекистана. По данным [2] сизоворонок находили в кормовых остатках сапсана, балобана, степного орла, подорлика, филина. Однако более подробных данных в очерке по филину не приводится [6]. Нами при анализе питания филина в Узбекистане [4] сизоворонки ни разу до настоящего времени не отмечались, в связи с чем стали интересными сборы погадок у гнезда филина в Зерабулакских горах (Самаркандская область, Узбекистан). Объем сборов оказался небольшой. Удалось извлечь костные останки 21 особи млекопитающих (61,8%) и 13 особей птиц (38,2%), среди которых 9 (69,3%) были сизоворонки.

В отношении сизоворонок все птицы были идентифицированы по костям посткраниального скелета и, в частности, по наиболее полно сохранившимся плечевым костям. Применяя вышеописанную методику, даже по сохранившимся дистальным и проксимальным эпифизам плечевых костей удалось идентифицировать половозрастную принадлежность съеденных птиц. Так, из 9 особей, 7 оказались молодые самцы и лишь 2 — самки. Все птицы — только вылетевшие из гнезда особи с колоний сизоворонок в этом же ущелье, что еще раз подчеркивает исключительную пластичность филина в трофических связях, использование массового и доступного корма, как описывалось ранее [6].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Богданов О. П. Отряд Ракши // Фауна Узбекской ССР. Ташкент, 1956. Т. 2. Ч. 2. С. 31-81.
2. Дементьев Г. П. Отряд Совы // Птицы Советского Союза. Т. 1. М., 1951. С. 343-429.
3. Корелов М. Н. Отряды: Козодои, Сизоворонки // Птицы Казахстана. Т. 3. Алма-Ата, 1970. С. 22-77.
4. Митропольский М. Г., Солдатова Н. В. Питание филина в экоцентре «Джейран» // Selevinia. Казахстанский зоологический ежегодник. Алматы, 2004. С. 228-229.
5. Митропольский М. Г., Фундукчиев С. Э. Зимородок *Alcedo atthis* в питании ушастой совы *Asio otus*, зимующей в Самарканде // Русский орнитологический журнал. 2010. № 541. С. 15-17.
6. Пукинский Ю. В. Филин — *Bubo bubo* (Linneus 1758) // Птицы России и сопредельных регионов: Рябкообразные, Голубеобразные, Кукушкообразные, Совеобразные. Т. 5. М.: Наука, 1993. С. 270-290.
7. Рустамов А. К. Сизоворонка *Coracias garrulus* Linneus 1758 // Птицы России и сопредельных регионов: Совеобразные, Козодоеобразные, Стрижеобразные, Ракшеобразные, Удодообразные, Дятлообразные. Т. 6. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2005. С. 182-193.
8. Судиловская А. М. Отряд сизоворонок или ракши *Coracia* или *Coraciiformes* // Птицы Советского Союза. Т. 1. М., 1951. С. 486-546.
9. Федюшин А. В., Долбик М. С. Птицы Белоруссии. Минск, 1967. 520 с.
10. Янушевич А. И., Тюрин П. С., Яковлева И. Д., Кыдыралиев А., Семенова Н. И. Птицы Киргизии. Т. 2. Фрунзе, 1960. 273 с.

REFERENCES

1. Bogdanov, O. P. *Coraciiformes* // Fauna of Uzbek SSR. Tashkent, 1956. Vol. 2. Part 2, Pp. 31-81.
2. Dementiev, G. P. *Owls* // Birds of the Soviet Union. Moscow, 1951. Vol. 1. Pp. 343-429.
3. Korelov, M. N. Orders: *Caprimulgiformes*, *Rollers* // Birds of Kazakhstan. Alma-Ata, 1970. Vol. 3. Pp. 22-77.
4. Mitropolsky, M., Soldatov, N. V. Nutrition of Eurasian eagle-owl in «Dzheiran» // Selevinia. Kazakhstan Zoological Annual. Almaty, 2004. Pp. 228-229.
5. Mitropolsky, M. G., Fundukchiev, S. E. Common kingfisher *Alcedo atthis* in nutrition of Long-eared owl *Asio otus*, wintering in Samarkand // Russian Ornithological Journal. St. Petersburg, 2010. № 541. Pp. 15-17.
6. Pukinskiy, U. V. Eurasian eagle-owl — *Bubo bubo* (Linneus 1758) // Birds of Russia and Adjacent Regions: Sandgrouses, *Columbiformes*, *Cuculiformes*, *Owls*. Moscow, 1993. Vol. 5. Pp. 270-290.

7. Rustamov, A. K. Roller *Coracias garrulus* Linneus 1758 // Birds of Russia and Adjacent Regions: Owls, Caprimulgiformes, Apodiformes, Coraciiformes, Upupiformes, Piciformes. Moscow, 2005. Vol. 6. Pp. 182-193.
8. Sudilovskaya, A. M. The order of Rollers or Kingfishers *Coracia* or *Coraciiformes* // Birds of the Soviet Union. Moscow, 1951. Vol. 1. Pp. 486-546.
9. Fedyushin, A. V., Dolbik, M. S. Birds of Belorussia. Minsk, 1967. 520 p.
10. Yanushevich, A. I., Tyurin, P. S., Yakovleva, I. D., Kydyraliev, A., Semenov, N. I. Birds of Kyrgyzstan. Frunze, 1960. Vol. 2. 273 p.

Автор публикации

Максим Гайратович Митропольский — заместитель председателя Узбекского зоологического общества (Узбекистан)

Author of the publication

Maxim G. Mitropolskiy — Deputy Chairman of the Uzbek Zoological Society

© И. И. РУДНЕВА, В. Г. ШАЙДА

Институт биологии южных морей им. А. О. Ковалевского
svg-41@mail.ru

УДК 577.3

ВЛИЯНИЕ ВОДЫ, ПОДВЕРГНУТОЙ ДЕЙСТВИЮ ПОСТОЯННОГО МАГНИТНОГО ПОЛЯ, НА ДИАПАУЗИРУЮЩИЕ ЦИСТЫ АРТЕМИИ

IMPACT OF WATER, EXPOSED TO A STATIC MAGNETIC FIELD, ON THE DIAPAUSING ARTEMIA CYSTS

Биологическим эффектам взаимодействия физических полей с биологическими объектами уделяется достаточно много внимания вследствие их широкого применения в различных областях деятельности человека. Исследовали влияние воды, подвергнутой действию постоянного магнитного поля (0,108 Тл и 0,208 Тл) с учетом северного (N-группа) и южного (S-группа) полюсов, на вылупление науплиев из цист артемии и хемилюминесценцию (ХЛ) их экстрактов. Не установлено существенных различий значений вылупления науплиев во всех опытных вариантах, за исключением достоверного увеличения этого показателя в намагниченной при большей индукции ПМП у северного полюса воде. Значения ХЛ экстрактов вылупившихся в намагниченной воде (0,108 Тл) науплиев были достоверно ниже контроля, тогда как при увеличении индукции ПМП до 0,208 Тл обнаружена противоположная зависимость. Обсуждаются возможные механизмы опосредованного влияния ПМП на активацию вылупления и ХЛ науплиев артемии.

Physical fields play an important role in human activity. The influence of water exposed to 0.108 T and 0.208 T static magnetic field (SMF), including north (N-group) and south (S-group) poles on Artemia cysts hatching rate and chemiluminescence (ChL) parameters of nauplia extracts was studied. No significant differences were observed in hatching rate values in all experimental groups with the exception of a considerable increase of this parameter in N-group exposed to a higher strength SMF. ChL values of the nauplia extracts in experimental groups with water exposed to 0.108 T were significantly lower as compared with the control, while at the higher SMF strength the ChL values were larger. Possible mechanisms of indirect impact of SMF on hatching stimulation and ChL of Artemia are discussed.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА. Артемия, вылупление, постоянное магнитное поле, хемилюминесценция

KEY WORDS. Artemia, hatching rate, static magnetic field, chemiluminescence.

В настоящее время проблеме взаимодействия физических полей с биологическими объектами уделяется достаточно много внимания вследствие их широкого применения в различных областях деятельности человека, а также разнообразным модифицирующим эффектам, которые они оказывают на ор-

ганизмы. При этом физические поля могут непосредственно влиять на живые системы и опосредованно, в результате изменения свойств среды обитания. Проявление биологических эффектов постоянного магнитного поля (ПМП) зависит от его индукции, напряженности, градиента, вектора, экспозиции. При изменении этих параметров свойства тестируемых биологических объектов могут значительно различаться качественно и количественно. Существует несколько теорий, описывающих возможные механизмы действия ПМП на организм, а именно: взаимодействие с чувствительными к магнитному воздействию компонентами ткани, взаимодействие с органами и тканями, которые движутся в ПМП, нарушение потока ионов через мембранные каналы, изменение скорости химических реакций и пространственной ориентации фосфолипидов мембран, повышение уровня свободных радикалов [1-4].

В последние 20 лет исследования действия МП на организмы на разных уровнях их биологической организации интенсивно развиваются. Удобными объектами являются семена растений [5] и яйца беспозвоночных [6; 7]. Экспериментально было показано, что после экспозиции семян и яиц насекомых в ПМП различной индукции происходят изменения времени и количества проросших семян и вылупившихся из яиц личинок, проявляются особенности раннего онтогенеза и дальнейшего развития, отмечена специфичность некоторых метаболических процессов. При этом исследователи в качестве объектов в основном использовали яйца насекомых (дрозофилы, москитов), тогда как водным организмам было уделено меньше внимания.

Одним из интересных и перспективных объектов для изучения механизмов действия ПМП на гидробионтов является артемия, различные жизненные стадии которой широко применяются для оценки влияния химических и физических факторов, в том числе антропогенного происхождения. Рачок, обитающий в гиперсоленых водоемах, благодаря своим уникальным качествам служит удобной моделью для выяснения механизмов ответных реакций организмов на разные воздействия и потому является популярным объектом экотоксикологии. В то же время артемия — один из самых эффективных кормов в аквакультуре, который применяется для выращивания более 85% культивируемых в искусственных условиях организмов [8]. Несмотря на то, что цисты артемии могут в течение длительного времени сохранять жизнеспособность и из них вылупляются личинки, используемые в качестве стартового корма, однако со временем при хранении качество цист снижается и показатели вылупления падают. В связи с этим существуют методы, способствующие поддержанию качества цист в течение длительного периода и получению из них достаточного количества науплиев: декапсуляция, стимулирование вылупления с помощью различных химических веществ и физических факторов, включая температуру, корпускулярное излучение, электромагнитные воздействия и др.

В то же время артемия — древний организм, и изучение ее адаптационных свойств представляет интерес с точки зрения эволюции жизни на планете. В этом отношении исследование влияния магнитного поля на развитие артемии может привнести дополнительную информацию в решение этих проблем, т. к. постоянное магнитное поле модифицирует многие биологические процессы на разных уровнях организации живого, в том числе механизмы, задействованные в развитии. Исследования показали, что цисты артемии являются очень чув-

ствительными к действию слабых импульсных магнитных полей [9] и электромагнитных воздействий [10]. Вместе с тем вопросы влияния среды обитания, предварительно подвергнутой действию физических полей на живые объекты, рассмотрены недостаточно. На этом основании целью настоящей работы явилось исследование действия воды, предварительно обработанной постоянным магнитным полем, величина индукции которого составила 0,108 Тл и 0,208 Тл, на вылупление науплиев артемии и оценка в них интенсивности свободнорадикальных процессов.

Материалы и методы. Исследования проводили на цистах артемии, собранных в прудах-испарителях Сасык-Сивашского солепромысла (п-ов Крым) в 2014 г. Цисты отмывали и высушивали в соответствии со стандартной методикой [8], после чего сухие цисты подвергали исследованию. Стеклянные бюксы, заполненные стерилизованной морской водой соленостью 35‰, устанавливали непосредственно около стационарных магнитов с учетом расположения северного (N) и южного (S) полюсов. Индукция постоянного магнитного поля составила 0,108 Тл и 0,208 Тл. Через 24 ч в бюксы помещали цисты артемии, которые инкубировали в течение 48 ч, после чего проводили подсчет вылупившихся науплиев согласно стандартной методике [8] в четырех экспериментальных группах: в группах N₁ и N₂ инкубацию осуществляли в воде, экспонированной у северного полюса магнитов с индукцией поля 0,108 Тл и 0,208 Тл соответственно, S₁ и S₂ — то же у южного полюса магнитов.

Полученных науплиев отбирали с помощью сита, промывали дистиллированной водой и гомогенизировали в стеклянном гомогенизаторе с холодным 0,85%-м раствором NaCl, после чего центрифугировали 15 мин. при 5000 g. Показатели хемилюминесценции экстрактов науплиев артемии определяли на Хемилюминометре 2011 (LKB, Швеция), иницируя свечение 3%-й перекисью водорода в присутствии FeSO₄ [11]. Оценивали величину пика ХЛ в условных единицах, для чего регистрируемое значение интенсивности светосуммы максимума ХЛ делили на концентрацию белка в образце, которое определяли с помощью стандартного набора реагентов фирмы Филисит (Украина).

Эксперимент осуществляли в трех повторностях, в каждой группе проводили по 4-5 определений. Сравнительный анализ данных подопытных и контрольной групп проводили с использованием t-критерия Стьюдента. Результаты считали достоверными в случае, если $p \leq 0,05$ [12].

Результаты и их обсуждение. Результаты исследований не выявили достоверных различий показателей вылупления науплиев артемии в воде, подвергнутой в течение 24 часов действию ПМП, индукция которого составила 0,108 Тл, по отношению к контролю (рис. 1). Однако при увеличении индукции магнитного поля до 0,208 Тл процент вылупления науплиусов из цист достоверно превысил ($p < 0,05$) соответствующие значения в контроле. При сравнении числа вылупившихся науплиусов из двух экспериментальных групп было отмечено достоверное увеличение данного показателя ($p < 0,05$) в варианте опыта с северным полюсом магнита (N₂), индукция которого составила 0,208 Тл. Существенных различий между показателями вылупления науплиев в воде, намагниченной у южного полюса при обоих значениях индукции поля, не отмечено. Таким образом, наиболее выражен эффект вылупления науплиев при инкубации цист

артемии в воде, подвергнутой воздействию магнитного поля, индукция которого составила 0,208 Тл около северного полюса (группа N_2).

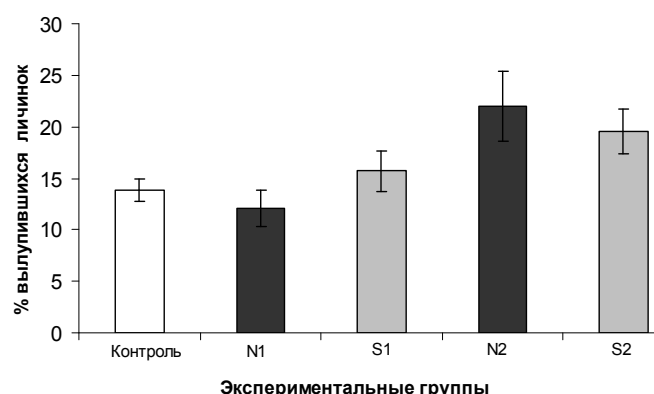


Рис. 1. Вылупление науплиев артемии в воде, предварительно подвергнутой в течение 24 ч действию постоянного магнитного поля

Примечание: S_1 и S_2 — южный полюс магнитов, N_1 и N_2 — северный полюс магнитов (индукция 0,108 Тл и 0,208 Тл соответственно).

На рис. 2 приведены показатели ХЛ экстрактов науплиев артемии, вылупившихся в воде, предварительно подвергнутой действию ПМП. Изменение показателей ХЛ были неоднозначны в различных опытных вариантах. В варианте опыта с водой, экспонированной в ПМП, индукция которого 0,108 Тл, свечение экстрактов науплиев достоверно снижалось по отношению к величинам контроля, при усилении индукции магнитного поля до 0,208 Тл — достоверно увеличивалось. В обоих случаях эффект в большей степени был выражен в опытных вариантах, где вода подвергалась воздействию северного полюса магнитного поля (группы N_1 и N_2 , $p < 0,001$) по сравнению с результатами ХЛ экстрактов науплиев, полученных из цист, инкубированных в воде, намагниченной у южного полюса (группы S_1 и S_2 , $p < 0,05$). Таким образом, результаты исследований позволили обнаружить противоположную направленность значений ХЛ экстрактов науплиев, выклюнувшихся из цист в воде, подвергнутой действию ПМП разной интенсивности: снижение свечения при меньшей индукции поля и увеличение — при повышенной.

Таким образом, во всех опытных группах отмечено достоверное изменение показателей ХЛ по отношению к контролю, что особенно выражено при более высокой индукции магнитного поля у северного полюса.

Установленные в наших исследованиях изменения интенсивности вылупления науплиев из цист артемии в предварительно намагниченной воде, а также возрастание параметров ХЛ экстрактов личинок, полученных из этих цист, свидетельствует о том, что вода оказала стимулирующее действие на процесс вылупления. Известно, что вода, экспонированная в магнитном поле разной интенсивности, изменяет свои физические и химические свойства. В частности, возрастает ее энергия, изменяются поверхностное натяжение, поглощение света, дзета-потенциал, pH, скорость протекающих в ней химических реакций, увеличивается способность осаждать различные химические компоненты, в том числе тяжелые металлы [13; 14].

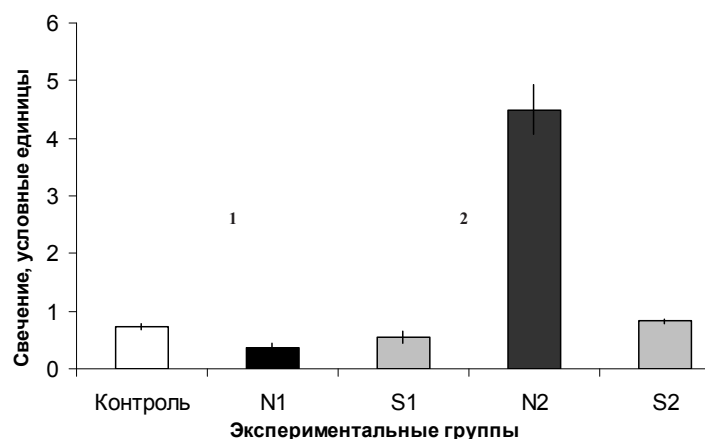


Рис. 2. Показатели ХЛ экстрактов науплиев артемии, вылупившихся в воде, предварительно подвергнутой в течение 24 ч действию постоянного магнитного поля (остальные обозначения те же, что на рис. 1)

Под действием магнитного поля в среде могут образовываться свободные радикалы, избыток которых способен существенным образом модифицировать метаболические процессы животных и растений [15]. Кроме того, сигналы, исходящие от магнитных частиц, оказывают непосредственное влияние на клетки и жизненные функции организмов [16]. В связи с этим отмеченное в нашем исследовании увеличение количества вылупившихся науплиев в воде, подвергнутой действию ПМП интенсивностью 0,208 Тл у северного полюса, может быть обусловлено стимулирующим действием инкубационной среды, изменившей свои свойства после воздействия. Это привело к активной гидратации и поглощению кислорода цистами, ускорению метаболических процессов развивающихся эмбрионов и возрастанию количества вылупившихся науплиев. Сходные эффекты были отмечены при инкубации диапаузирующих цист артемии в среде, предварительно обработанной слабыми импульсными магнитными полями (СИМП) [9]. Кроме того, можно предположить, что повышение в намагниченной среде уровня свободных радикалов также оказывает стимулирующий эффект на процессы развития цист артемии, выполняя при этом роль своеобразного «триггера». Совершенно очевидно, что наблюдаемые эффекты зависят от индукции поля и влияния полюсов, что отмечают и другие исследователи [7; 17].

Усиление под действием ПМП свободнорадикальных реакций как в среде, так и в организме, способно нарушить соотношение существующего в системе баланса прооксидантных и антиоксидантных процессов [1-4; 7]. Одним из эффективных индикаторов интенсивности свободнорадикального окисления (СРО) является ХЛ, при этом чем выше показатели свечения, тем больше свободных радикалов присутствует в анализируемом объекте, и тем активнее происходят процессы СРО [11]. В наших исследованиях установлено снижение показателей ХЛ экстрактов науплиев артемии, полученных после инкубации цист в экспонированной при индукции 0,108 Тл ПМП среде. При увеличении индукции магнитного поля отмечена противоположная зависимость, особенно четко проявившаяся в варианте, где вода была экспонирована у северного по-

люса магнита (N_2). Можно заключить, что при меньшей индукции ПМП среда инкубации способствовала снижению уровня свободнорадикальных процессов и усилению антиоксидантных защитных механизмов в развивающихся науплиусах, тогда как при повышении индукции поля происходила обратная реакция, что еще раз подтверждает неоднозначность биологических эффектов ПМП у живых организмов. Особо следует отметить различия, которые обнаружены в экспериментальных группах, отнесенных к разным полюсам ПМП. Наиболее высокие показатели свечения были отмечены в группе N_2 , что свидетельствует о сдвиге проокислительно-антиоксидантного баланса в сторону процессов усиления свободнорадикальных реакций и, вероятно, развитии окислительного стресса. Сходные эффекты обнаружены при исследовании активности антиоксидантных ферментов дрозофилы *D. subobscura*, яйца которой были подвергнуты воздействию ПМП с величиной индукции 2,4 Тл у северного и южного полюсов [7]. При этом у мушек, полученных из яиц, экспонированных у северного полюса магнита, отмечено уменьшение активности супероксиддисмутазы (СОД) и содержания глутатиона, что может быть связано со снижением эффективности защитной антиоксидантной системы у опытных насекомых по отношению к контрольным.

Таким образом, полученные результаты свидетельствуют о модифицирующем действии намагниченной воды на вылупление и обменные процессы науплиев артемии, полученных из цист, инкубированных в этой среде. Исследования действия физических полей на водные организмы представляют интерес не только в плане решения проблем эволюции и раскрытия механизмов адаптаций организмов к действию природных и антропогенных физических факторов, но и могут иметь практическое значение, обусловленное использованием магнитных воздействий для улучшения экологического состояния среды обитания и повышения резистентности гидробионтов к неблагоприятным воздействиям.

Авторы выражают благодарность зав. кафедрой физики Таврического федерального университета им. В. И. Вернадского доктору физико-математических наук В. Н. Добжанскому и сотруднику кафедры А. И. Горбованову за помощь в калибровке используемых в эксперименте магнитов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Чехун В. Ф., Демаш Д. В., Налескина Л. А. Оценка биологических эффектов и возможных механизмов действия постоянного магнитного поля // Физиологический журнал. 2012. Т. 58. № 3. С. 85-94.
2. Miyakoshi J. Effects of static magnetic fields at the cellular level // Prog. Biophys. Molecula Biol. 2005. Vol. 87. Pp. 212-223.
3. Rosen A. D. Mechanism of action of moderate-intensity static magnetic fields on biological systems // Cell Biochemistry and Biophysics. 2003. Vol. 39. Pp. 163-173.
4. Rosen A. D. Studies on the effect of static magnetic fields on biological systems // PIERS Online. 2010. Vol. 6. № 2. Pp. 133-136.
5. Shine M. B., Guruprasad K. N., Anand A. Effect of stationary magnetic field strengths of 150 and 200mT on reactive oxygen species production in soybean // Bioelectromagnetics. 2012. Vol. 33. № 5. Pp. 428-437.
6. Pan H., Liu X. Apparent biological effect of strong magnetic field on mosquito egg hatching // Bioelectromagnetics. 2004. Vol. 25. Pp. 84-91.
7. Todorovich D., Peric-Mataruga V., Mircic D., Ristic-Djurovic J., Prolic Z., Petkovic D., Savie T. Estimation of changes in fitness components and antioxidant defense of *Drosophila*

subobscura (Insecta, Diptera) after exposure to 2.4 T strong magnetic field // Environ. Sci. Pollut. Res. 2015. Vol. 27. № 7. Pp. 5305-5314.

8. Van Stappen G. Use of cysts // FAO Fisheries Technical Paper. 1996. № 36. Pp. 102-123.

9. Селюков А. Г., Солодилов А. И., Елькин В. П. Слабые взаимодействия и гомеостаз живых систем. Тюмень: Изд-во Тюменского государственного университета, 2008. 191 с.

10. Shckorbatov Yu., Rudneva I. I., Pasiuga V., Grabina V., Kolchigin N., Ivanchenko D., Kazanskiy O., Shaida V., Dumin O. Electromagnetic field effects on *Artemia* hatching and chromatin state // Central European Journal of Biology. 2010. Vol. 5. № 6. Pp. 785-790.

11. Владимиров Ю. А. Активированная хемилюминесценция и биолюминесценция как инструмент в медико-биологических исследованиях // Соросовский образовательный журнал. 2001. Т. 7. С. 16-20.

12. Халафян А. А. Статистика. Статистический анализ данных. Глава 8. Анализ вариаций. М.: Бином, 2008. С. 133-152.

13. Alkhazan M. M. K., Saddiq A. A. N. The effect of magnetic field on the physical, chemical and microbiological properties of the lake water in Saudi Arabia // Journal of Evolutionary Biology Research. 2010. Vol. 2(1). Pp. 7-14.

14. Zeilinski M., Debowski M., Krzymieniewski M., Dudek M., Grala A. Effect of constant magnetic field (CMF) with various values of magnetic induction on effectiveness of dairy wastewater treatment under anaerobic conditions // Pol. J. Environ. Stud. 2014. Vol. 23. № 1. Pp. 255-261.

15. Lesser M. P. Oxidative stress in marine environments: biochemistry and physiological ecology // Ann. Rev. Physiol. 2006. Vol. 68. Pp. 253-278.

16. Smirnov J. V. BioMagnetic hydrology. The Effect of a Specially Modified Electromagnetic Field on the Molecular Structure of Liquid Water // Global Quantec. Inc. U. S. A. 2003. Pp. 122-125.

17. Moon J. D., Chung H. S. Acceleration of germination of tomato seed by applying an electric and magnetic field // J. Electro-Statistics. 2000. Vol. 48. Pp. 103-114.

REFERENCES

1. Chekhun, V. F., Demash, D. V., Naleskina, L. A. Evaluation of biological effects and possible mechanisms of action of static magnetic fields // Physiological Journal. 2012. Vol. 58. № 3. Pp. 85-94. (in Ukrainian)

2. Miyakoshi, J. Effects of static magnetic fields at the cellular level // Progress in Biophysics and Molecular Biology. 2005. Vol. 87. Pp. 212-223.

3. Rosen, A. D. Mechanism of Action of moderate-intensity static magnetic fields on biological systems // Cell Biochemistry and Biophysics. 2003. Vol. 39. Pp. 163-173.

4. Rosen, A. D. Studies on the effect of static magnetic fields on biological systems // PIERS Online. 2010. Vol. 6. № 2. Pp. 133-136.

5. Shine, M. B., Guruprasad, K. N., Anand, A. Effect of stationary magnetic field strengths of 150 and 200mT on reactive oxygen species production in soybean // Bioelectromagnetics. 2012. Vol. 33. № 5. Pp. 428-437.

6. Pan, H., Liu, X. Apparent biological effect of strong magnetic field on mosquito egg hatching // Bioelectromagnetics. 2004. Vol. 25. Pp. 84-91.

7. Todorovich, D., Peric-Mataruga, V., Mircic, D., Ristic-Djurovic, J., Prolic, Z., Petkovic, D., Savie, T. Estimation of changes in fitness components and antioxidant defense of *Drosophila subobscura* (Insecta, Diptera) after exposure to 2.4 T strong magnetic field // Environmental Science and Pollution Research. 2015. Vol. 27. № 7. Pp. 5305-5314.

8. Van Stappen G. Use of cysts // FAO Fisheries Technical Paper 1996. № 36. Pp. 102-123.

9. Selyukov, A. G., Solodilov, A. I., Elkin, V. P. Low intensity interactions and regomeostasis of living systems. Tyumen: Publishing house of TSU, 2008. 191 p. (in Russian).
10. Shckorbatov, Yu., Rudneva, I. I., Pasiuga, V., Grabina, V., Kolchigin, N., Ivanchenko, D., Kazanskiy, O., Shaida, V., Dumin, O. Electro-magnetic field effects on *Artemia* hatching and chromatin state // Central European Journal of Biology. 2010. Vol. 5. № 6. Pp. 785-790.
11. Vladimirov, J. A. Activated chemiluminescence and bioluminescence as a tool in medical — biological investigations // Soros Educational Journal. 2001. Vol. 7. Pp. 16-20 (in Russian).
12. Halafyan, A. A. STATISTICA. Data statistic processing. Chapter 8. Analysis of Variance. Moscow, Binom, 2008, pp. 133-152 (in Russian).
13. Alkhazan, M. M. K., Saddiq, A. A. N. The effect of magnetic field on the physical, chemical and microbiological properties of the lake water in Saudi Arabia // Journal of Evolutionary Biology Research. 2010. Vol. 2. № 1. Pp. 7-14.
14. Zeilinski, M., Debowski, M., Krzymieniewski, M., Dudek, M., Grala, A. Effect of constant magnetic field (CMF) with various values of magnetic induction on effectiveness of dairy wastewater treatment under anaerobic conditions // Polish Journal of Environmental Studies. 2014. Vol. 23. № 1. Pp. 255-261.
15. Lesser, M. P. Oxidative stress in marine environments: biochemistry and physiological ecology // Annual Review of Physiology. 2006. Vol. 68. Pp. 253-278.
16. Smirnov, J. V. Biomagnetic hydrology. The effect of a specially modified electromagnetic field on the molecular structure of liquid water // Global Quantec, Inc., USA. 2003. Pp. 122-125.
17. Moon, J. D., Chung, H. S. (2000). Acceleration of germination of tomato seed by applying an electric and magnetic field // Journal of Electro-Statistics. 2000. Vol. 48. Pp. 103-114.

Авторы публикации

Ирина Ивановна Руднева — ведущий научный сотрудник Института биологии южных морей им. А. О. Ковалевского, г. Севастополь, профессор, доктор биологических наук

Валентин Григорьевич Шайда — инженер, зав. отделом связи и передачи информации Института биологии южных морей им. А. О. Ковалевского, г. Севастополь

Authors of the publication

Irina I. Rudneva — Dr. Biol. Sci., Professor, Leading Researcher, A. O. Kovalevsky Institute of Biology of the Southern Seas

Valentin G. Shaida — Engineer, Head of the Department of Communication and Information Transfer, A. O. Kovalevsky Institute of Biology of the Southern Seas

МЕДИЦИНСКИЕ НАУКИ И ЭКОЛОГИЯ ЧЕЛОВЕКА

© Р. И. АЙЗМАН, А. П. ГАЙДАРОВА, Г. А. КОРОЩЕНКО,
А. В. САХАРОВ

Новосибирский государственный педагогический университет
roman.aizman@yandex.ru

УДК 591.133+591.149.2

ВЛИЯНИЕ ПОРОШКА КОРНЕВИЩА CURCUMA LONGA НА МОРФОФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ПОЧЕК КРЫС С ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ МОДЕЛЬЮ САХАРНОГО ДИАБЕТА*

INFLUENCE OF RHIZOME POWDER OF CURCUMA LONGA ON MORPHOFUNCTIONAL PARAMETERS OF KIDNEYS OF RATS WITH EXPERIMENTAL MODEL OF DIABETES MELLITUS

В экспериментах на крысах с аллоксан-индуцированной моделью сахарного диабета 1 типа (СД) изучено влияние порошка корневища куркумы (*Curcuma longa*) на состояние водно-минерального баланса, морфологическую структуру и функции почек. Показано, что у животных с СД как на стандартной диете, так и после приема куркумы, происходит достоверное увеличение концентрации креатинина и мочевины в плазме крови, что свидетельствует о развитии умеренной почечной недостаточности. При этом гидро- и ионоуретическая функции почек в условиях спонтанного мочеотделения в обеих экспериментальных группах крыс с СД по сравнению с контролем изменяется незначительно, вероятно, вследствие компенсаторных реакций и включения резервных нефронов. В то же время в почках крыс с СД отмечается характерное повреждение исследуемой ткани, заключающееся в появлении в просвете между листками капсулы Шумлянско-Боумана белка, коллагена, сульфатированных гликозаминогликанов и склероза почечных телец. Использование куркумы оптимизирует течение морфологических процессов в почках и снижает уровень структурных повреждений в почечном тельце.

In experiments on rats with alloxan-induced model of type 1 diabetes (DM) the effect of turmeric rhizome powder (Curcuma longa) on the state of water and mineral balance, morphological structure and function of the kidneys was studied. It is shown, that in animals with DM both on a standard diet, and after curcuma intake, there is a significant increase of creatinine and urea concentration in blood plasma that testifies to

* Исследование выполнено в рамках государственного задания на оказание услуг (код проекта 3111).

development of moderate renal insufficiency. Thus hydro- and ionuretic kidney functions in the conditions of spontaneous diuresis in both experimental groups of rats with DM in comparison with the control, changes slightly, possibly, due to compensatory responses and inclusion of reserve nephrons. At the same time in kidneys of rats with DM the characteristic damage of an investigated tissue consisting in occurrence between leaves of Shumljansky-Boumen' capsule of protein, fiber, collagen, sulfatic glycosaminoglycans and a sclerosis of nephritic little bodies is marked. The use of turmeric optimizes the morphological processes in the kidney of animals with diabetes mellitus and reduces structural damage in the renal bodies.

It is shown that the use of turmeric optimizes the morphological processes in the kidney of animals with diabetes mellitus and reduces structural damage in the renal bodies. At the same time it does not cause the distinct functional changes of kidneys and water-salt metabolism in diabetic rats compared with a standard rat diet.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА. Почка, водно-солевой обмен, сахарный диабет, куркума, крыса.

KEY WORDS. Kidney, water-salt metabolism, diabetes, turmeric, rat.

Введение. Заболеваемость сахарным диабетом (СД) занимает третье место после сердечно-сосудистой и онкопатологии, значительно опережая их по темпам роста. В настоящее время в мире насчитывается более 347 млн больных СД и ежегодно вновь регистрируется более 609 тыс. случаев заболевания. По прогнозам ВОЗ, к 2030 г. общее число больных СД на планете достигнет 380 млн [1].

СД приводит к возникновению диабетической нефропатии, которая, в свою очередь, является причиной развития терминальной хронической почечной недостаточности и приводит к высокой смертности больных [2].

В настоящее время при СД и почечной недостаточности в клинике используется в основном медикаментозная фармакологическая коррекция нарушений гомеостатических показателей и функций органов-мишеней, ответственных за них — поджелудочной железы и почек. В то же время имеются сведения о применении биоактивных добавок для уменьшения гомеостатических нарушений [3; 4], что может привести к улучшению качества жизни пациентов. Отечественные и зарубежные исследования о возможности применения порошка корневища куркумы (*Curcuma longa*) для коррекции нарушений углеводного обмена при СД [4-7] ставят на повестку дня вопрос о возможности применения данного фитопрепарата для улучшения функций почек и водно-минерального баланса при этой патологии. Поэтому **целью** работы явилось изучение влияния куркумы на состояние водно-минерального баланса, морфологическую структуру и функции почек крыс с экспериментальной моделью СД 1 типа.

Экспериментальная часть. Эксперимент проводили на самцах линии Wistar массой 200-250 г. Все крысы находились на стандартном водно-питьевом и пищевом режимах. Животные (n = 30) были поделены на три группы. Первая группа являлась контрольной, которую составляли интактные животные. У животных 2-й и 3-й групп моделировали аллоксановый диабет путем введения 10% раствора аллоксана из расчета 0,1 мл/100 г массы тела. Животные 1-й и 2-й групп содержались на стандартном корме, тогда как в корм животных 3-й группы добавляли порошок корневища куркумы из расчета 2% от массы корма.

На 6 сутки животных высаживали в обменные клетки для сбора мочи в течение 6 ч путем спонтанного мочеотделения. В конце эксперимента у всех животных под эфирным наркозом из нижней полой вены брали пробы крови для последующего определения ионно-осмотических показателей, а также образцы тканей почек для последующего морфологического анализа.

Все эксперименты выполняли в соответствии с Международными рекомендациями по проведению биомедицинских исследований с использованием животных, принятыми Международным советом научных обществ (CIOMS) в 1985 г., со ст. XI Хельсинской декларации Всемирной медицинской ассоциации (1964 г.) и правилами лабораторной практики в РФ (Приказ МЗ РФ от 19.06.2003, № 267).

Концентрацию ионов Na^+ и K^+ в моче и плазме крови определяли методом пламенной фотометрии с использованием фотометра «BMW Technologies» (США).

Концентрацию креатинина и мочевины в плазме и моче определяли методом спектрофотокolorиметрии с использованием фотоэлектроколориметра «Spekol» при длине волн 490 ± 5 нм и 434 нм соответственно.

Парциальные функции почек рассчитывали по общепринятым формулам [8].

Для светооптического исследования образцы почек фиксировали в 10% растворе нейтрального формалина, обезживали в серии спиртов возрастающей концентрации и заключали в парафин. Срезы толщиной 5-6 микрон окрашивали гематоксилином Майера, эозином, ализановым синим, по Маллори и заключали в канадский бальзам.

Статистический анализ результатов исследования проводили на основе определения средних арифметических (M) и их ошибок ($\pm m$). Различия показателей оценивали методами вариационной статистики по непараметрическому критерию Вилкоксона-Манна-Уитни для независимых выборок и считали достоверными при $p \leq 0,05$. Расчеты производили по общепринятым формулам с использованием стандартных программ пакета Statistica 7.0.

Результаты и их обсуждение. На первом этапе исследования оценивали влияние порошка корневища куркумы на ионно-осмотические показатели плазмы крови крыс (табл. 1).

Таблица 1

Ионно-осмотические показатели плазмы крови крыс ($M \pm m$)

Показатель, ммоль/л	Контроль	СД	СД+куркума
Концентрация натрия (P_{Na})	138,8 $\pm$ 2,70	137,8 $\pm$ 2,04	137,4 $\pm$ 1,33
Концентрация калия (P_{K})	5,0 $\pm$ 0,63	5,7 $\pm$ 0,13	5,8 $\pm$ 0,10
Концентрация креатинина (P_{creat})	0,8 $\pm$ 0,01	1,4 $\pm$ 0,08*	1,5 $\pm$ 0,06*
Концентрация мочевины (P_{urea})	18,2 $\pm$ 1,61	29,5 $\pm$ 3,19*	29,5 $\pm$ 1,68*

Примечание (здесь и далее): * — достоверные отличия от аналогичных показателей контроля ($p \leq 0,05$).

Из таблицы 1 видно, что на фоне СД концентрация натрия и калия не изменялись, а содержание мочевины и уровень креатинина были достоверно выше аналогичных показателей здоровых животных. Полученные изменения могут

свидетельствовать о нарушении функционального состояния почек и развитии почечной недостаточности в условиях СД. При этом отличий среди животных с аллоксан-индуцированным диабетом, находившимися на стандартном корме, и крысами, потреблявшими куркуму, не обнаружено.

Таблица 2

Гидро- и ионоуретическая функции почек крыс ($M \pm m$)

Показатель	Контроль	СД	СД+куркума
Диурез (V , мл/100г*час)	0,2±0,03	0,6±0,1*	0,4±0,08*
Скорость клубочковой фильтрации (СКФ, мл/100г*час)	26,6±4,5	24,2±3,3	20,0±2,5*
Относительная реабсорбция жидкости (R_{H_2O} , %)	99,2±0,1	97,3±0,7	98,2±0,1
Осмотическое очищение (C_{osm} , мл/100г*час)	0,9±0,1	1,9±0,6	1,7±0,2
Экскреция натрия ($U_{Na} \cdot V$, мкмоль/100г*час)	10,8±2,0	20,3±3,8*	23,9±3,2*
Экскреция калия ($U_K \cdot V$, мкмоль/100г*час)	35,4±2,7	44,8±5,3	35,2±5,8
Экскретируемая фракция натрия (EF_{Na} , %)	0,4±0,11	0,6±0,09	0,7±0,1*
Экскретируемая фракция калия (EF_K , %)	22,2±4,9	27,3±3,0	27,7±3,8

Примечание: см. таблицу 1.

Изучение гидро- и ионоуретической функций почек позволило выявить увеличение уровня диуреза на фоне СД как во 2-й, так и 3-й группе (табл. 2). Скорость клубочковой фильтрации и уровень канальцевой реабсорбции достоверно не отличались между группами СД и контроля. Параллельно возрастала экскретируемая фракция калия и натрия, что, вероятнее всего, отражало снижение реабсорбции ионов (ионоурез имел лишь тенденцию к увеличению или достоверно возрастал). Аналогичная динамика наблюдалась и в группе животных, потреблявших с кормом куркуму.

Таким образом, куркума не вызывала отчетливых функциональных изменений почек и водно-солевого обмена при СД по сравнению со стандартным питанием.

Поскольку функциональные изменения органа обусловлены изменением его морфологической структуры, на следующем этапе нашего исследования был проведен анализ морфологической структуры почек животных.

При исследовании гистологических препаратов почек крыс с аллоксановой моделью СД следует обратить внимание на полиморфизм нефронов в образцах почек всех крыс данной группы по сравнению с контрольными образцами. Вероятно, это связано с индивидуальной реакцией крыс на введение аллоксана.

Характерное повреждение исследуемой ткани животных данной группы является типичным для модели СД и согласуется с результатами других авторов [9; 10].

Наличие в просвете между листками капсулы Шумлянско-Боумана белка (рис. 1А) является доказательством повреждения компонентов базальной гло-

мерулярной мембраны почечного тельца. В терминальной стадии повреждение данной структуры приводит к значительному снижению ширины мочевого пространства. Как видно на препарате, это обусловлено главным образом за счет активного синтеза мезангиальными клетками коллагена и сульфатированных гликоаминогликанов (сГАГ) (рис. 1Б). Данное состояние приводит к склерозу почечного тельца. При постановке реакции на сГАГ (рис. 1В) матрикс характеризуется альцианпозитивной реакцией, что особенно заметно при сравнении с аналогичными образцами почек крыс интактной группы.

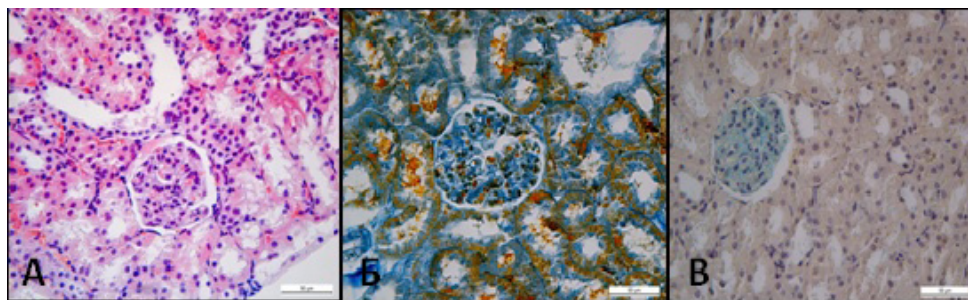


Рис. 1. Структурные элементы нефрона почки крыс с аллоксановой моделью СД

Примечание: А — окрашивание гематоксилином и эозином для изучения общей морфологической картины; Б — окрашивание по Маллори на выявление коллагена; В — окрашивание альциановым синим по Стивидмену на выявление сГАГ.

Исследование препаратов животных, которые на фоне аллоксановой модели СД получали с кормом куркуму, показало, что, по сравнению с аналогичными образцами 2-й группы, степень выраженности признаков повреждения нефронов снизилась (рис. 2А) за счет уменьшения экспрессии мезангиальными клетками коллагена, что приводит к уменьшению формирования складчатости сосудов клубочка. Это отчетливо видно на препаратах, окрашенных альциановым синим на сГАГ и коллаген по Маллори (рис. 2Б, В). В результате общее количество нефронов, имеющих признаки поражения, значительно меньше, чем во 2-й группе и образцы почек по тинкториальным свойствам приближаются к аналогичным образцам контрольной группы.

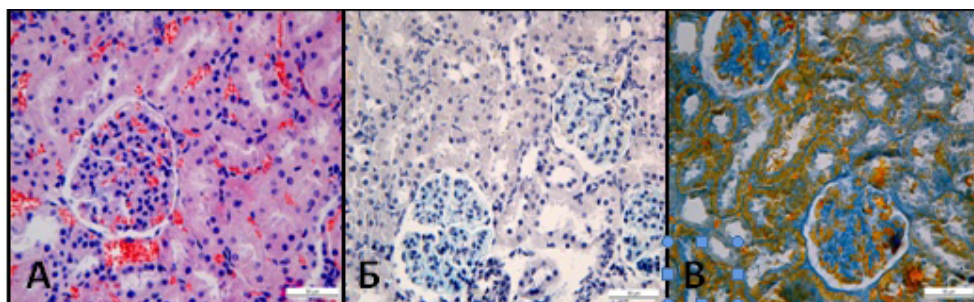


Рис. 2. Структурные элементы нефрона почки крыс с аллоксановой моделью СД на фоне приема *Curcuma longa*

Примечание: см. рис. 1.

Закключение. Таким образом, полученные результаты морфогистохимического и функционального анализа почек позволяют считать, что использование куркумы оптимизирует течение морфологических процессов в почках животных при СД и снижает уровень структурных нарушений в почечном тельце, но не вызывает существенных изменений функций почек в условиях спонтанного мочеотделения. Возможно, описанные позитивные морфологические изменения могут проявиться в условиях водно-солевых нагрузочных проб, когда требуется включение резервных нефронов для стабилизации водно-солевого обмена [11; 12].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. who.int/mediacentre/factsheets/fs312.ru [интернет]. Всемирная организация здравоохранения [доступ от 13.02.2014]. Доступ по ссылке <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs312.ru>.
2. Балаболкин М. И. Сосудистые осложнения сахарного диабета // Клиническая Эндокринология. 2000. № 1. С. 62-71.
3. Герасев А. Д., Луканина С. Н., Святаш Г. А., Айзман Р. И. Влияние природных цеолитов на функции почек крыс в условиях острой почечной недостаточности // Нephрология и диализ. 2000. Т. 2. № 4. С. 277.
4. Корощенко Г. А., Суботялов М. А., Герасев А. Д., Айзман Р. И. Влияние корневища растения *Curcuma Longa* на углеводный обмен крыс в эксперименте // Бюллетень СО РАМН. 2011. Т. 31. № 3. С. 92-96.
5. Гайдарова А. П., Корощенко Г. А., Айзман Р. И. Влияние куркумы и куркумина на углеводный обмен при аллоксан-индуцированном сахарном диабете у крыс // Современные проблемы науки и образования. № 5. 2014.
6. Mehta K., Pantazis P., McQueeb T., Aggarwal B. Antiproliferative effects of curcumin (diferuloylmethane) against human breast tumor cell lines // Anti-cancer Drugs. 1997. № 8. Pp. 470-481.
7. Ghatak N., Basu N. Sodium curcumin as an effective anti-inflammatory agent // Indian J Exp Biol. 1972. Vol. 1. № 3. Pp. 235-236.
8. Наточин Ю. В. Физиология почки: формулы и расчеты. Л.: Наука, 1974. 60 с.
9. Бондарь И. А., Климонтов В. В., Рогова И. П., Надеева А. П. Почки при сахарном диабете: патоморфология, патогенез, ранняя диагностика, лечение: монография. Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2008. 272 с.
10. White K. E., Marshall S. M., Bilous R. W. Are glomerular differences between type 1 and type 2 diabetic patients pathologically significant? // Diabetologia. 2007. Vol. 50. № 5. Pp. 906-912.
11. Айзман Р. И., Великанова Л. К. Оценка водно-солевого обмена и функции почек с помощью нагрузочных проб // Новые методы научных исследований в клинической и экспериментальной медицине. Новосибирск. 1980. С. 5-13.
12. Берхин Е. Б., Иванов Ю. И. Методы экспериментального исследования почек и водно-солевого обмена. Барнаул, 1972. 199 с.

REFERENCES

1. Diabetes // World Health Organization Media Center. <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs312> [last access date: 13 February 2014]
2. Balabolkin, M. I. Vascular complications of diabetes // Clinical Endocrinology. 2000. № 1. Pp. 62-71.
3. Gerashev, A. D., Lukanina, S. N., Svyatash, G. A., Aizman, R. I. The influence of natural zeolites on renal function of rats with acute renal failure // Nephrology and Dialysis. 2000. Vol. 2. № 4. Pp. 277.

4. Koroschenko, G. A., Subotyalov, M. A., Gerashev, A. D., Aizman, R. I. Effect of the rootstock of *Surcuma Longa* on carbohydrate metabolism in an experiment on rats // Bulletin of the Siberian Branch of RAMS. 2011. Vol. 31. № 3. Pp. 92-96.
5. Gaydarova, A. P., Koroschenko, G. A., Aizman, R. I. Effect of turmeric and curcumin on carbohydrate metabolism in alloxan-induced diabetes in rats // Modern Issues of Science and Education. Vol. 5. 2014.
6. Mehta, K., Pantazis, P., McQueeb, T., Aggarwal, B. Antiproliferative effects of curcumin (diferuloilmethane) against human breast tumor cell lines // Anti-cancer Drugs. 1997. № 8. Pp. 470-481.
7. Ghatak, N., Basu, N. Sodium curcumin as an effective anti-inflammatory agent // Indian Journal of Experimental Biology. 1972. Vol. 1. № 3. Pp. 235-236.
8. Natchin, Y. Physiology of the Kidney: Formulas and Calculations. Leningrad: Nauka, 1974. 60 p.
9. Bondar, I. A., Klimontov, V. V., Rogov, I. P., Nadeeva, A. P. Kidneys in Diabetes: Patomorfologija, Pathogenesis, Early Diagnosis, Treatment: A monograph. Novosibirsk, Publishing House of NSTU, 2008. 272 p.
10. White, K. E., Marshall, S. M., Bilous, R. W. Are glomerular differences between type 1 and type 2 diabetic patients pathologically significant? // Diabetologia. 2007. Vol. 50. № 5. Pp. 906-912.
11. Aizman, R. I., Velikanova, L. K. Evaluation of water-salt metabolism and kidney function using stress tests // New Methods of Research in Clinical and Experimental Medicine. Novosibirsk, 1980. Pp. 5-13.
12. Berkhin, E. B., Ivanov, Y. I. Methods of Experimental Studies of Kidneys and Water-Salt Metabolism. Barnaul, 1972. 199 p.

Авторы публикации

Роман Иделевич Айзман — зав. кафедрой анатомии, физиологии и безопасности жизнедеятельности Новосибирского государственного педагогического университета, г. Новосибирск, профессор, доктор биологических наук

Анна Павловна Гайдарова — аспирант кафедры анатомии, физиологии и безопасности жизнедеятельности Новосибирского государственного педагогического университета, г. Новосибирск

Галина Анатольевна Корощенко — доцент кафедры анатомии, физиологии и безопасности жизнедеятельности Новосибирского государственного педагогического университета, г. Новосибирск, кандидат биологических наук

Андрей Валентинович Сахаров — зав. кафедрой зоологии и методики обучения биологии Новосибирского государственного педагогического университета, г. Новосибирск, профессор, доктор биологических наук

Authors of the publication

Roman I. Aizman — Professor, Head of the Department of Anatomy, Physiology and Life Safety, Novosibirsk State Pedagogical University, Novosibirsk

Anna P. Gaydarova — Graduate student, Department of Anatomy, Physiology and Life Safety, Novosibirsk State Pedagogical University, Novosibirsk

Galina A. Koroschenko — Cand. Sci. (biol.), Associate Professor, Department of Anatomy, Physiology and Life Safety, Novosibirsk State Pedagogical University, Novosibirsk

Andrei V. Sakharov — Professor, Head of the Department of Zoology and Methods of Teaching Biology, Novosibirsk State Pedagogical University, Novosibirsk

**© Н. В. ЛОГИНОВА, С. В. СОЛОВЬЕВА, Е. Ф. ТУРОВИНИНА,
Н. В. БАБИНОВА**

*Тюменская государственная медицинская академия
nvlog@mail.ru, Svsolov@mail.ru, e_turov@mail.ru, nadinbab@mail.ru*

УДК 75.08 [56.128+53.647]

**ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ЦЕРЕБРАЛЬНОЙ
ГЕМОДИНАМИКИ У СПОРТСМЕНОВ С НЦД ПРИЗНАКАМИ
ПСИХО-ФИЗИЧЕСКОГО ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЯ**

**FEATURES OF CEREBRAL HEMODYNAMICS IN ATHLETES WITH
NEUROCIRCULATORY DYSTONIA AND SIGNS
OF PSYCHO-PHYSICAL STRESS**

Настоящая работа посвящена важному клинико-диагностическому аспекту экологии человека — вопросу объективной оценки функционального состояния центральной гемодинамики, как индикатора психо-физического напряжения организма спортсмена с целью предупреждения развития патологических состояний. Контингент обследованных составили 120 спортсменов, занимающихся различными видами спорта, имеющие диагноз нейроциркуляторная дистония, легкого течения в фазе ремиссии в возрасте от 17 до 30 лет со стажем занятий спортом от 3 до 12 лет. Для выявления степени психо-физического напряжения использовались методы общеклинического осмотра с оценкой и анализом показателей центральной гемодинамики, реоэнцефалографического исследования. По результатам исследования установлено преобладание в клинической картине НЦД общевегетативного синдрома с наличием повышенной возбудимости, раздражительности. Результаты реоэнцефалографического исследования показали, что признаки изменения церебральной гемодинамики выявлены у большинства обследуемых спортсменов.

The present work is devoted to important clinical and diagnostic aspects of human ecology – the question of objective assessment of the functional state of Central hemodynamics, as an indicator of mental and physical stress of the athlete's body, to prevent development of pathological conditions. Contingent surveyed amounted to 120 athletes engaged in different sports diagnosed with neurocirculatory dystonia, with an easy flow in remission at the age from 17 to 30 years with experience in sports from 3 to 12 year period. To determine the extent of psycho-physical stress, we used methods of clinical examination with evaluation and analysis of parameters of Central hemodynamics, and a rheoencephalography study. The results of the study established the prevalence of the clinical picture of NDC observations syndrome with the presence of increased excitability, irritability. The results of rheoencephalography studies have shown that signs of changes in cerebral hemodynamics were detected in the majority of the surveyed athletes.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА. Психо-физическое перенапряжение, реабилитация спортсменов, реоэнцефалография.

KEY WORDS. *Psycho-physical stress, rehabilitation of athletes, rheoencephalography.*

Высокая распространенность функциональных расстройств нервной и сердечно-сосудистой систем среди спортсменов молодого возраста поддерживает активность врачей и ученых в исследовании патогенетических механизмов их развития и стимулирует к поиску современных методов диагностики, определению диагностических критериев и новых способов коррекции препатологических состояний. Исследование влияния различных экологических и антропогенных факторов риска развития препатологических и патологических изменений состояния центральной нервной и сердечно-сосудистой систем позволяет выявить авторам некоторые закономерности [1; 2]. Отдельно активно подвергаются изучению соматометрические особенности организма лиц юношеского возраста, оценивается реакция юношеского организма на воздействующий комплекс факторов окружающей среды, включающий экологические факторы, а также факторы учебного и спортивного процессов [3; 4].

К препатологическим состояниям, которые могут возникнуть при нерациональном использовании физических нагрузок и наличии сопутствующих факторов риска, принято относить перенапряжение. Это состояние, возникающее при наложении явлений утомления, когда организм спортсмена в течение определенного времени не восстанавливается от одного занятия или соревнования к другому. Переутомление проявляется в более длительном, чем обычно, сохранении после нагрузки чувства усталости, ухудшении самочувствия, сна, повышенной утомляемости, неустойчивом настроении.

Известно, что спортивная работоспособность может в целом остаться без существенных изменений либо незначительно снизиться, но становится заметным затруднение в образовании новых двигательных навыков, решении сложных тактических задач, появляются технические погрешности [5].

Расстройства функционального состояния нервной системы в спортивной практике изучены недостаточно, и в еще меньшей степени они учитываются при составлении программ охранных и восстановительных мероприятий атлетов. В этой связи разработка новых подходов в трактовке результатов показателей функции центральной гемодинамики в организации оздоровительно-профилактической помощи спортсменам (с учетом специфичности их вида деятельности) может внести весомый вклад в сохранение и укрепление здоровья людей, занимающихся спортом.

Одним из факторов, определяющих спортивную работоспособность, является адекватное кровоснабжение мозга, нарушения которого сопровождают дизадаптацию организма спортсменов [6; 7]. При изучении резервных возможностей организма под воздействием восстановительных мероприятий особой информативностью обладает метод реоэнцефалографии (РЕГ).

Из современных литературных источников и практической деятельности исследователей известно, что срыв адаптации вегетативной нервной системы может приводить к нейроциркуляторной дистонии (НЦД), протекающей по гипертоническому (чаще у юношей и мужчин), гипотоническому (чаще у женщин) или нормотоническому типу [8-10].

Под наблюдением в процессе динамических исследований находились 120 спортсменов разных видов спорта (бокс, хоккей, легкая атлетика) с диагнозом нейроциркуляторная дистония, легкого течения в фазе ремиссии в возрасте от 17 до 30 лет со стажем занятий спортом от 3 до 12 лет. При формировании групп обследуемого контингента учитывали особенности юношеского организма, его реактивность, выявленные рядом исследователей [3; 11-13].

Для выявления степени психо-физического напряжения использовались следующие методы: врачебный осмотр, сбор жалоб и анамнеза, определение частоты пульса, динамики артериального давления, расчет вегетативного индекса Кердо, температурная кривая, ЭКГ, ортостатическая проба, контроль веса тела.

Регистрировали артериальное давление и показатели мозгового кровообращения реоэнцефалографическим методом с помощью компьютеризированного аппаратно-программного комплекса «Диамант» КМ-АР-01. Реоэнцефалограмму (РЭГ) регистрировали во фронтально-мастоидальном (FM) и окципито-мастоидальном (OM) отведениях в исходном состоянии.

Математико-статистическая обработка проводилась с использованием t-критерия Стьюдента на ПК Pentium 4 с использованием Excel.

Исследование показало, что нарушение вегетативной регуляции служит ранним признаком ухудшения адаптации к нагрузкам и влечет за собой снижение работоспособности.

Клинически вегетативные расстройства у обследованных спортсменов проявлялись в виде транзиторной головной боли диффузного характера, головокружения, расстройства сна, лабильности вазомоторных реакций, изменений АД. В таблице представлены типы НЦД (В. И. Маколкин и соавт., 1986).

Таблица

Характеристика НЦД у мужчин и женщин, занимающихся спортом, в зависимости от возраста

Тип НЦД	мужчины		женщины	
	Возраст до 18 лет (n = 30)	Возраст 18 лет и старше (n = 30)	Возраст до 18 лет (n = 30)	Возраст 18 лет и старше (n = 30)
Гипертонический	2 (6,6%)	17 (56%)	-	3 (16,6%)
Кардиальный	13 (43%)	11 (36%)	14 (46%)	3 (16,6%)
Гипотонический	15 (50%)	2 (6,6%)	13 (43%)	24 (80%)
Смешанный	-	-	3 (16,6%)	-

В клинической картине НЦД у обследуемых превалирует общевротический синдром с наличием повышенной возбудимости, раздражительности или, наоборот, астенического состояния, сопровождающегося понижением работоспособности, нарушением сна. Выявлены функциональные изменения сердечно-сосудистой системы (гипертензия или гипотония, нарушение ритма сердца).

Результаты реоэнцефалографического исследования показали, что признаки изменения церебральной гемодинамики выявлены у большинства обследуемых спортсменов.

У мужчин старше 18 лет в большинстве случаев (56%) выявлены признаки гиперволемического типа кровенаполнения (реографический индекс РИ > 0,15 ом в каротидном бассейне и > 0,10 ом в вертебробазилярном), признаки межполу-

шарной асимметрии в 27% случаев, гипотонус крупных и средних артерий — 35%, умеренные признаки затрудненного венозного оттока в 46% случаев.

У мужчин до 18 лет, у которых клиническое течение НЦД в большинстве случаев протекает по гипотоническому типу, картина РЭГ характеризовалась нормоволемическим типом пульсового кровенаполнения (87%) (РИ — 0,12-0,14 ом в каротидном бассейне, 0,05-0,08 ом — в вертебробазиллярном бассейне), признаки межполушарной асимметрии выявлены в 29% случаев, тип тонуса микроциркуляторного русла в большинстве случаев отмечен как норморезистивный (дикротический индекс ДКИ — 41%), затруднение венозного оттока выявлено в 31% случаев.

У женщин старше 18 лет в большинстве случаев выявлены признаки снижения объемного пульсового кровенаполнения (48%), умеренную межполушарную асимметрию (КА от 8 до 14%), норморезистивный тип тонуса микроциркуляторного русла, умеренно выраженные признаки венозного застоя.

У обследованных спортсменок в возрасте до 18 лет центральная гемодинамика в целом представлена нормоволемическим типом пульсового кровенаполнения (65%) (РИ -0,12-0,15 ом в каротидном бассейне, 0,06-0,08 ом — в вертебробазиллярном бассейне), признаки межполушарной асимметрии выявлены в 15% случаев, тип тонуса микроциркуляторного русла в большинстве случаев отмечен как норморезистивный (ДКИ — 43%), затруднение венозного оттока выявлено в 29% случаев.

В спорте всегда был чрезвычайно актуален вопрос о совершенствовании системы подготовки спортсменов [14-16]. Особенно актуальным данный вопрос становится при выявлении у спортсмена признаков перетренированности на фоне имеющихся функциональных расстройств [17; 18].

Управление тренировочным процессом предполагает выбор и манипулирование эффективными средствами и методами тренировки, направленными на изменение состояния спортсмена, в первую очередь физического [6; 14].

Всем обследованным спортсменам даны рекомендации и разработана индивидуально для каждого программа восстановительных мероприятий, включающая коррективную ежедневных физических нагрузок, психо-эмоционального состояния, назначен комплекс корректирующих мероприятий (массаж, витамины, адаптогены, венотоники). Подбор восстановительных средств, удельный вес того или иного из них, их сочетание, дозировка, продолжительность и тактика использования определялись спортивным врачом в зависимости от конкретного состояния атлета, уровня его тренированности, вида спорта, режима тренировочных занятий и др.

Оптимизация параметров церебральной гемодинамики зависит от длительности и интенсивности восстановительных процедур. Результаты проведенных исследований указывают на необходимость проведения своевременной диагностики спортсменов при признаках переутомления, включающей проведение инструментального обследования, в том числе и реоэнцефалографии, назначения корректирующих мероприятий, оказывающих влияние на функциональные расстройства центральной нервной системы. Продолжение исследования в данном направлении позволит расширить и систематизировать информацию по изучению социально-физиологических и популяционных аспектов адаптационных свойств человека [19].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Астафьев Д. С. Изменения гемодинамики у здоровых людей при проведении ортостатических проб // Медицинская наука и образование Урала. 2012. № 3 (79). Т. 15. С. 44-46.
2. Соловьева С. В., Шалбодов А. Д., Соловьев В. С. Неспецифическая резистентность в адаптированных механизмах человека // Материалы второй науч.-практ. конф. с международным участием «Физиологические механизмы адаптации и экология человека», Тюмень, 23 октября 2012 г. Тюмень, 2012.
3. Колпаков В. В., Копытов А. А., Беспалова Т. В., Томилова Е. А., Ларькина Н. Ю. Системная оценка стрессреактивности при комплексном воздействии факторов окружающей среды // Медицинская наука и образование Урала. 2014. № 4(80). Т. 15. С. 97-103.
4. Койносов П. Г., Чирятьева Т. В., Орлов С. А., Путина Н. Ю., Койносов А. П. Антропометрические и соматометрические особенности организма лиц юношеского возраста Тюменской области // Медицинская наука и образование Урала. 2012. № 4(72). Т. 13. С. 77-81.
5. Полатайко Ю. А., Полатайко В. К. Адаптация спортсменов к нагрузкам в период годичного тренировочного процесса // Материалы международной науч.-практ. конф. «Качество жизни. Психология здоровья и образование: междисциплинарный подход», Москва, РУДН, 24-25 апреля 2014 г. М.: РУДН, 2014. С. 234-237.
6. Баевский Р. М. Прогнозирование состояний в норме и патологии. М.: Медицина, 1989. 265 с.
7. Лиходеева В. А. и соавт. Особенности церебрального кровотока в типах системной гемодинамики дизадаптированных пловцов // Вестник Волгоградского государственного медицинского университета. 2009. № 1. С. 59-62.
8. Ильин Е. П. Сила нервной системы и методы ее исследования // Психофизиологические основы физического воспитания и спорта. Л., 1972. С. 5-15.
9. Логинова Н. В. Особенности медико-социальной реабилитации инвалидов вследствие инсульта в Тюменской области / Н. В. Логинова, Е. Ф. Туровина, Е. В. Мельникова, А. А. Жушман, Т. А. Гагина // Материалы V международного конгресса (Нейрореабилитация — 2013). М., 2013. С. 172-173.
10. Kouzaki M., Shinohara M., Fukunaga T. Decrease in maximal voluntary contraction by tonic vibration applied to a single synergist muscle in humans // Journal of Applied Physiology. 2000. № 89. Pp. 1420-1424.
11. Ковальжина Л. С., Шаруха Г. В., Макарова О. Б. Здоровое питание школьников и учащейся молодежи Тюменской области: медико-социальный взгляд // Медицинская наука и образование Урала. 2014. № 4(80). Т. 15. С. 93-96.
12. Перфильева Е. А., Фролов М. А., Шклярук В. В. Адаптационные реакции сердечно-сосудистой системы у студентов с различным уровнем нейротизма при выполнении физической нагрузки // Материалы международной науч.-практ. конф. «Качество жизни. Психология здоровья и образование: междисциплинарный подход», Москва, РУДН, 24-25 апреля 2014 г. М.: РУДН, 2014. С. 227-230.
13. Хаит О. В., Ушакова С. А., Петрушина А. Д. Оценка качества жизни у детей подросткового возраста // Медицинская наука и образование Урала. 2012. № 1(69). Т. 13. С. 151-156.
14. Агашин Ф. К., Агашин М. Ф., Филимонов В. Н. Применение биомеханических станков в тренировке боксеров // Бокс. М.: Физкультура и спорт, 1981. С. 49-50.
15. Мирзоев О. М. Восстановительные средства в системе подготовки спортсменов. М.: Физкультура и спорт, 2005. 220 с.
16. Allen G., Gandevia S., McKenzie D. Reliability of measurements of muscle strength and voluntary activation using twitch interpolations // Muscle Nerve. 1995. № 18. Pp. 593-600.

17. Кутишенко А. В. Распространенность психосоматических расстройств у спортсменов // Материалы 3-й областной науч.-практ. конф. «Актуальные проблемы восстановительной медицины», Челябинск, 11 декабря 2008 г. Челябинск: УралГУФК, 2008. С. 79-83.
18. Овчинников В. Г. и соавт. Половые особенности изменений центральной гемодинамики под влиянием композиции эфирных масел // Фундаментальные исследования. 2012. № 9-4. С. 823-826.
19. Соловьев В. С., Елифанов А. В., Панин С. В., Шалабодов А. В. Социально-физиологические и популяционные исследования адаптационных свойств человека // Вестник Тюменского государственного университета. Тюмень. № 3. 2009. С. 150-154.

REFERENCES

1. Astafiev, D. S. Hemodynamic changes in healthy people's organisms when conducting orthostatic tests // Medical science and education of the Urals, 2012. № 3(79). Vol. 15. Pp. 44-46.
2. Solov'eva, S. V., Shalabodov A. D., Solov'ev V. C. Nonspecific resistance in adapted mechanisms // Proceedings of the Second international scientific and practical conference "Physiological Mechanisms of Adaptation and Human Ecology", Tyumen, October 23, 2012.
3. Kolpakov, V. V., Kopytov, A. A., Bepalova, T. V., Tomilova, E. A., Lar'kina, N. Yu. Systematic assessment of reaction to stress under the complex influence of environmental factors // Medical Science and Education of the Urals, 2014. № 4 (80). Vol. 15. Pp. 97-103.
4. Kojnosov, P. G., Chiryat'eva, T. V., Orlov, S. A., Putina, N. Yu., Kojnosov, A. P. Anthropometric and somatometric peculiarities of teenagers' organisms in Tyumen region // Medical Science and Education of the Urals, 2012. № 4(72). Vol. 13. Pp. 77-81.
5. Polataiko, Yu. A., Polataiko, V. K. The athlete's adaptation to the load during around-the-year training process // Proceedings of the International scientific and practical conference "Quality of life. Psychology health and education: an interdisciplinary approach", Moscow, Peoples' Friendship University of Russia, 24-25 April 2014. Moscow: RUDN, 2014. Pp. 234-237.
6. Baevsky, R. M. Prediction of States in Norm and Pathology. Moscow: Medicine, 1989. 265 p.
7. Likhodeyeva, V. A. et al. Specifics of cerebral blood flow in the types of systemic hemodynamics of poorly adapted swimmers // Bulletin of Volgograd State Medical University. 2009. № 1. Pp. 59-62.
8. Ilyin, E. P. Power of the nervous system and methods of its research // Psycho-Physiological Basis of Physical Education and Sport. Leningrad, 1972. Pp. 5-15.
9. Loginova, N. V., Turovinia, E. F., Melnikova, E. V., Zhushman, A. A., Gagina, T. A. Specifics of medico-social rehabilitation of people with disabilities caused by a stroke in Tyumen region // Proceedings of the 5th International Congress "Neurorehabilitation — 2013". Moscow, 2013. Pp. 172-173.
10. Kouzaki, M., Shinohara, M., Fukunaga, T. Decrease in maximal voluntary contraction by tonic vibration applied to a single synergist muscle in humans // Journal of Applied discrimination. 2000. № 89. Pp. 1420-1424.
11. Kovalzhina, L. S., Sharukho, G. V., Makarova, O. B. Healthy nutrition of schoolchildren and students of Tyumen region: medico-social opinion // Medical Science and Education of the Urals, 2014. № 4 (80). Vol. 15. Pp. 93-96.
12. Perfil'ieva, E. A., Frolov, M. A., Shklyaruk, V. V. Adaptive response of the cardiovascular system among students with different levels of neuroticism when performing physical activity // Proceedings of the International scientific and practical conference "Quality of life. Psychology health and education: an interdisciplinary approach", Moscow, Peoples' Friendship University of Russia, 24-25 April 2014. Moscow: RUDN, 2014. Pp. 227-230.

13. Khait, O. V., Ushakova, S. A., Petrushina, A. D. Assessment of life quality of adolescents // Medical Science and Education of the Urals, 2012. № 1(69). Vol. 13. Pp. 151-156.
14. Agashin, F. K., Agashin, M. F., Filimonov, V. N. Application of biomechanical machines in training boxers // Boxing. Moscow: Physical culture and sports, 1981. Pp. 49-50.
15. Mirzoev, O. M. Recovery tools in the system of sportsmen training. Moscow: Physical culture and sports, 2005. 220 p.
16. Allen, G., Gandevia, S., McKenzie, D. Reliability of measurements of muscle strength and voluntary activation using the twitch interpolations // Muscle Nerve. 1995. № 18. Pp. 593-600.
17. Kutishenko, A. V. Prevalence rate of psychosomatic disorders in athletes // Proceedings of the 3rd regional scientific and practical conference "Current Problems of Rehabilitation Medicine", Chelyabinsk, December 11, 2008: Uralsoft, 2008. Pp. 79-83.
18. Ovchinnikov V. G. et al. Sexual specifics of change in central hemodynamics under the influence of a composition of essential oils // Fundamental Research. 2012. № 9-4. Pp. 823-826;
19. Solov'iev, V. S., Elifanov, A. V., Panin, S. V., Shalabodov, A. V. Social physiological and population investigations of the adaptability properties of a man // Herald of the Tyumen State University. Tyumen. № 3. 2009. Pp. 150-154.

Авторы публикации

Наталья Валерьевна Логинова — доцент кафедры амбулаторно-поликлинической и профилактической медицины Тюменской государственной медицинской академии, кандидат медицинских наук

Светлана Владимировна Соловьева — профессор кафедры амбулаторно-поликлинической и профилактической медицины Тюменской государственной медицинской академии, доктор медицинских наук

Елена Фаридовна Туровина — заведующий кафедрой амбулаторно-поликлинической и профилактической медицины Тюменской государственной медицинской академии, доцент, доктор медицинских наук

Надежда Владимировна Бабинова — аспирант кафедры амбулаторно-поликлинической и профилактической медицины Тюменской государственной медицинской академии

Authors of the publication

Natalia V. Loginova — Associate Professor, Department of Outpatient and Preventive Medicine, Tyumen State Medical Academy

Svetlana V. Solovieva — Professor, Department of Outpatient and Preventive Medicine, Tyumen State Medical Academy

Elena F. Turovinia — Head of Department of Outpatient and Preventive Medicine, Tyumen State Medical Academy

Nadezhda V. Babinova — Postgraduate student, Department of Outpatient and Preventive Medicine, Tyumen State Medical Academy

© Л. И. КАТАШИНСКАЯ

Филиал Тюменского государственного университета в г. Ишиме
Katashinskaya@yandex.ru

УДК 613.956

**ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ КАРДИОРЕСПИРАТОРНОЙ
СИСТЕМЫ И ФИЗИЧЕСКАЯ РАБОТОСПОСОБНОСТЬ СТУДЕНТОВ
СПЕЦИАЛЬНОЙ МЕДИЦИНСКОЙ ГРУППЫ**

**FUNCTIONAL DATA OF CARDIO-RESPIRATORY SYSTEM
AND PHYSICAL WORKING CAPACITY OF STUDENTS WHO REFER
TO A SPECIAL MEDICAL HEALTH GROUP**

Проведено исследование функциональных показателей кровообращения, дыхания и уровня физической работоспособности студентов, отнесенных к специальной медицинской группе. Показатели функционального состояния сердечно-сосудистой системы студентов специальной медицинской группы соответствуют возрастной норме. Установлена верхняя граница нормы частоты сердечных сокращений. Полученные данные систолического и минутного объема кровообращения студентов специальной медицинской группы позволяют констатировать достаточность гемодинамических показателей.

Основные показатели функционального состояния дыхательной системы юношей специальной медицинской группы превышают данные их сверстниц. Показатель жизненной емкости легких студентов ниже ее должной величины. Степень несоответствия жизненной емкости легких ее должному уровню у юношей выражена больше, чем у девушек. Результаты гипоксических проб соответствуют среднему уровню. У девушек специальной медицинской группы несколько снижена адаптация дыхательного центра к гипоксии. Среди юношей специальной медицинской группы преобладали лица с неудовлетворительным уровнем физической работоспособности, а среди девушек — с хорошим и удовлетворительным уровнем физической работоспособности.

Functional data of blood circulation, respiration and the level of physical working capacity of students who refer to a special medical health group were researched. The data of functional state of cardio-vascular system of students from the special medical health group are within their age norm. The highest limit of the norm of the frequency of cardiac beat was established. The data obtained about systolic and minute volume of blood circulation of students from the special medical health group allow to state the adequacy of hemodynamic levels.

The basic data of functional state of respiratory system of male students from the special medical health group are higher than that of their peer female students. The level of lung capacity of male students is lower than the norm. The level of of

difference between the norm and the actual capacity is higher for male students. The results of hypoxic tests correspond to an average level. The female students from the special medical health group have a slightly lower level of respiratory center adaptation to hypoxia. Among the male students from the special medical health group the ones having unsatisfactory level of physical working capacity were predominant while the female students have a good or satisfactory level of physical working capacity.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА. Студенты, специальная медицинская группа, кардиореспираторная система, физическая работоспособность.

KEY WORDS. Students, special medical health group, cardio-respiratory system, physical working capacity.

В настоящее время отмечается низкий уровень здоровья и физической активности студенческой молодежи [1, с. 125-127]. Число студентов с различными отклонениями в состоянии здоровья увеличивается с каждым годом [2, с. 60]. Кроме того, за период обучения в вузе также отмечается отрицательная динамика уровня здоровья и состояния основных функциональных систем организма студентов [3, с. 28-29]. Недостаточный уровень физической активности отрицательно сказывается на функциональном состоянии различных органов и систем, особенно тех студентов, состояние которых ослаблено различными заболеваниями [4; 5].

Недостаточность сведений о функциональном состоянии кардиореспираторной системы студентов, отнесенных к специальной медицинской группе, уровня их физической работоспособности, вызывает необходимость мониторинга, позволяющего контролировать состояние важнейших систем организма при адаптации к обучению в высшем учебном заведении [6, с. 165].

Наше исследование проводилось на базе ФГБОУ ВПО «Тюменский государственный университет» филиал в г. Ишиме. В исследовании приняли участие 46 студентов первого и второго курсов обучения, отнесенных на основании медицинского заключения в специальную медицинскую группу, из них 26 девушек и 20 юношей.

Для оценки функциональных показателей кардиореспираторной системы определяли показатели артериального давления, частоты сердечных сокращений систолического (СО) и минутного объемов кровообращения (МОК), жизненной емкости легких (ЖЕЛ). Рассчитывали должный уровень жизненной емкости легких (ДЖЕЛ) и жизненный индекс. Оценку возможности адаптации студентов к гипоксии и гипоксемии проводили на основании гипоксических проб Генчи и Штанге. Для исследования физической работоспособности студентов использовалась методика максимального потребления кислорода.

Исследование сердечно-сосудистой системы занимает центральное место в медицине, т. к. ее функциональное состояние играет важную роль в адаптации к физическим нагрузкам и является одним из основных показателей функциональных возможностей организма, это в полной мере касается студентов, относящихся по состоянию здоровья к специальной медицинской группе [7; 8].

Таблица 1 отражает основные характеристики сердечно-сосудистой системы студентов специальной медицинской группы: артериальное давление и частоту сердечных сокращений.

Средний показатель частоты сердечных сокращений у юношей и девушек специальной медицинской группы не отличался. У юношей специальной меди-

цинской группы ЧСС составила — 79,0 уд./мин., у девушек — 79,87 уд./мин. Полученные величины ЧСС соответствуют верхней границе возрастной нормы.

Таблица 1

Показатели функционального состояния сердечно-сосудистой системы студентов специальной медицинской группы

Статистические показатели	Частота сердечных сокращений (уд./мин.)	Артериальное давление (мм рт. ст.)	
		систолическое	диастолическое
Юноши			
М	79,0	120,0	64,90
m	3,95	4,25	1,95
Девушки			
М	79,87	111,87	67,68
m	2,99	3,30	2,10

Средний показатель систолического давления у юношей составил $120 \pm 4,25$ мм рт. ст. У девушек специальной медицинской группы показатели систолического артериального давления несколько ниже данных юношей ($111,87 \pm 3,30$ мм рт. ст.). Эти отличия не носили статистически достоверного характера. Средние показатели диастолического артериального давления выше у девушек специальной медицинской группы, по сравнению с их сверстниками.

Структурные элементы сердца и сосудов у юношей и девушек, а также механизмы, регулирующие деятельность сердечно-сосудистой системы, находятся в процессе адаптации к условиям жизни, в том числе и к существующим нарушениям в состоянии здоровья [9; 10]. С целью более углубленной оценки функционального состояния сердечно-сосудистой системы студентов специальной медицинской группы мы рассчитали систолический и минутный объем кровообращения (табл. 2).

Таблица 2

Показатели систолического и минутного объема кровообращения студентов специальной медицинской группы

Статистические показатели	Систолический объем (СО), (мл)	Минутный объем кровообращения (МОК), (мл)
Юноши		
М	72,92	5924,5
m	2,70	363,26
Девушки		
М	68,39	5441,68
m	2,94	267,48

Как показывает анализ таблицы 2, показатель систолического объема юношей специальной медицинской группы составил 72,92 мл, минутного объема кровообращения — 5924,5 мл. Систолический объем крови девушек специальной медицинской группы — 68,39 мл, минутный объем кровообращения — 5441,68 мл. Полученные показатели соответствуют возрастной норме.

Средние показатели систолического и минутного объема кровообращения юношей специальной медицинской группы выше их сверстниц, что соответствует общебиологическим закономерностям.

Таким образом, показатели функционального состояния сердечно-сосудистой системы студентов специальной медицинской группы соответствуют возрастной норме. Установлена верхняя граница нормы частоты сердечных сокращений.

В таблице 3 приведены результаты измерений жизненной емкости легких и ее должной величины (ДЖЕЛ), а также гипоксических проб Генчи и Штанге, и средние величины жизненного индекса (отношение жизненной емкости легких к массе тела) студентов специальной медицинской группы.

Таблица 3

Показатели функционального состояния дыхательной системы студентов специальной медицинской группы

Статистические показатели	ДЖЕЛ, мл	ЖЕЛ, мл	Проба Генчи (с)	Проба Штанге (с)	Жизненный индекс, мл/кг
Юноши					
М	4820*	3700+	38,50	56,29	52,82
m	290,2	190,3	3,68	3,96	1,86
Девушки					
М	3660*	3060	32,12	48,37	49,59
m	120,3	110,2	2,69	3,00	2,11

*Примечание: достоверность различий между фактическими и расчетными показателями: * — $P \leq 0,05$; + — достоверность различий в зависимости от пола $P \leq 0,05$.*

При анализе полученных данных можно констатировать, что фактически измеренный уровень жизненной емкости легких ниже его должной величины и среди юношей и среди девушек специальной медицинской группы. Величина ДЖЕЛ у юношей составляет 4820 мл, а фактически измеренной — 3700 мл, у девушек ДЖЕЛ — 3660 мл, а фактически измеренная жизненная емкость легких — 3060 мл. Степень несоответствия фактической ЖЕЛ ее должному уровню у юношей специальной медицинской группы выражена в два раза больше, чем у девушек и составляет 1120 мл.

Отмечаются статистически значимые половые различия жизненной емкости легких. У юношей специальной медицинской группы она достоверно выше, чем у сверстниц.

Гипоксические пробы дают возможность оценить адаптацию человека недостатку кислорода. Показатели проведенных гипоксических проб Генчи (задержка дыхания на выдохе) и Штанге (задержка дыхания на вдохе) составляют у

юношей специальной медицинской группы 38,50 с и 56,59 с; у девушек — 32,12 с и 48,37 с, соответственно. Показатели гипоксических проб у юношей выше, чем у девушек специальной медицинской группы.

Анализируя полученные данные, можно констатировать, что результаты гипоксических проб соответствуют среднему уровню. У девушек специальной медицинской группы несколько снижена адаптация дыхательного центра к гипоксии, т. к. показатели проб граничат с нижним пределом нормы.

Показатели жизненного индекса у юношей специальной медицинской группы выше, чем у девушек и составляют 52,82 мл/кг и 49,59 мл/кг соответственно. Данные отличия не носят статистически достоверного характера. Полученные средние показатели жизненного индекса юношей и девушек специальной медицинской группы демонстрируют ниже среднего уровень обеспечения организма кислородом.

Таким образом, основные показатели функционального состояния дыхательной системы юношей специальной медицинской группы превышают данные их сверстниц, но только по показателю жизненной емкости легких эти отличия носят статистически достоверный характер. Фактически измеренная жизненная емкость легких ниже ее должной величины и у юношей и у девушек специальной медицинской группы. Показатели гипоксических проб соответствуют средним данным, у девушек специальной медицинской группы они приближаются к нижним границам нормы.

Повышение физической работоспособности с возрастом — закономерный процесс. Физическая работоспособность характеризуется комплексом взаимосвязанных особенностей состояния здоровья и основных функциональных систем организма, в первую очередь кардио-респираторной системы [11, с. 110-113]. В таблице 4 представлена оценка уровня физической работоспособности студентов специальной медицинской группы.

Таблица 4

Оценка уровня физической работоспособности студентов специальной медицинской группы (%)

Студенты	Отличная	Хорошая	Удовлетворительная	Неудовлетворительная
Юноши	10	30	10	50
Девушки	7,69	42,31	42,31	7,69

У половины обследованных юношей специальной медицинской группы отмечался неудовлетворительный уровень физической работоспособности. Хороший уровень физической работоспособности зарегистрирован у 30% юношей, по 10% юношей специальной медицинской группы характеризовались отличной и удовлетворительной физической работоспособностью.

Большинство девушек специальной медицинской группы (42,31%) характеризовались хорошим и удовлетворительным уровнем физической работоспособности. У небольшого процента девушек отмечался отличный и неудовлетворительный уровень физической работоспособности (7,69%).

При сравнении распределения по уровням физической работоспособности студентов в зависимости от пола можно констатировать, что среди юношей специальной медицинской группы преобладали лица с неудовлетворительным уровнем физической работоспособности, а среди девушек — лица с хорошим и удовлетворительным уровнем физической работоспособности.

На наш взгляд, различия в распределении по уровням физической работоспособности юношей и девушек специальной медицинской группы могут быть обусловлены тем, что большая часть девушек отнесена в специальную медицинскую группу на основании нарушения функции зрительной системы, что в меньшей степени может повлиять на уровень физической работоспособности, чем нарушения дыхательной и сердечно-сосудистой систем, которые являются лимитирующими факторами физической работоспособности.

Таким образом, характерной особенностью студентов специальной медицинской группы является низкий процент лиц с отличной физической работоспособностью и высокий процент юношей с неудовлетворительной.

Результаты проведенных исследований позволяют сделать следующие выводы:

1. Показатели функционального состояния сердечно-сосудистой системы студентов специальной медицинской группы соответствуют возрастной норме. Установлена верхняя граница нормы частоты сердечных сокращений. Полученные данные систолического и минутного объема кровообращения студентов специальной медицинской группы позволяют констатировать достаточность гемодинамических показателей.

2. Фактически измеренный уровень жизненной емкости легких ниже его должной величины у студентов специальной медицинской группы. Степень несоответствия фактической ЖЕЛ ее должному уровню у юношей выражена больше, чем у девушек. Результаты гипоксических проб соответствуют среднему уровню. У девушек специальной медицинской группы несколько снижена адаптация дыхательного центра к гипоксии, т. к. показатели проб граничат с нижним пределом нормы.

3. Среди юношей специальной медицинской группы преобладали лица с неудовлетворительным уровнем физической работоспособности, а среди девушек — лица с хорошим и удовлетворительным уровнем физической работоспособности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Новак Е. С. Здоровье студенческой молодежи как социальная проблема // Вестник ВолГУ. 2001. Сер. 7. Вып. 1. С. 125-133.
2. Баевский Р. М. Проблемы здоровья и нормы: точка зрения физиолога // Клиническая медицина. 2000. Т. 78. № 4. С. 59-64.
3. Горелов А. А., Румба О. Г., Кондаков В. А. Анализ показателей здоровья студентов специальной медицинской группы // Научные проблемы гуманитарных исследований. 2008. Вып. 6. С. 28-33.
4. Каташинская Л. И. Функциональное состояние сердечно-сосудистой системы школьников и студентов г. Ишима // Вестник Тюменского государственного университета. 2009. № 3. С. 175-181.
5. Каташинская Л. И., Губанова Л. В. Анализ факторов, оказывающих влияние на формирование здоровья городских и сельских школьников // Современные проблемы

науки и образования. 2014. № 4. URL: <http://www.science-education.ru/118-14181> (дата обращения: 06.08.2014).

6. Соловьев В. С., Погоньшева И. А., Погоньшев Д. А. Показатели кардиореспираторной системы студентов, занимающихся спортом и обучающихся в условиях Севера // Вестник Тюменского государственного университета. 2014. № 6. С. 165-170.

7. Соловьев В. С., Койносов А. П., Соловьева С. В. Особенности показателей центральной гемодинамики юношей Среднего Приобья // Вестник Тюменского государственного университета. 2006. № 5. С. 111-114.

8. Каташинская Л. И., Губанова Л. В. Физическое развитие и функциональное состояние кардиореспираторной системы у студентов юношей и девушек города Ишима // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2014. Т. 16. № 5(2). С. 886-888.

9. Соловьев В. С., Елифанов А. В., Соловьева С. В., Панин С. В., Шалабодов А. В. Социально-физиологические и популяционные исследования адаптационных свойств человека // Вестник Тюменского государственного университета. 2009. № 3. С. 150-154.

10. Каташинская Л. И. Динамика показателей развития, функционального состояния и умственной работоспособности средних и старших школьников г. Ишима: дис. ... канд. биол. наук. Тюмень, 1999. С. 84-103.

11. Каташинская Л. И., Губанова Л. В. Исследование морфофункциональных показателей старших школьников Ишимского района // Вестник Тюменского государственного университета. 2013. № 6. С. 110-117.

REFERENCES

1. Novak, Ye. S. Health of students as a social problem // Bulletin of Volga State University, 2001. Series 7, Issue 1. Pp. 125-133.

2. Bayevsky, P. M. Problems of health and norms: a physiologist's point of view // Clinical Medicine 2000. Vol. 78. № 4. Pp. 59-64.

3. Gorelov, A. A., Rumba, O. G., Kondakov, V. A. Analysis of data on students' health who refer to a special medical health group // Scientific Problems of Humanitarian Research. 2008, Vol. 6. Pp. 28-33.

4. Katashinskaya, L. I. Functional state of cardio-vascular system of school-children and students in the town of Ishim // Herald of Tyumen State University. 2009. № 3. Pp. 175-181.

5. Katashinskaya, L. I., Gubanova, L. V. Analysis of factors influencing formation of health of urban and countryside school children // Modern Problems of Science and Education 2014. № 4. URL: <http://www.science-education.ru/118-14181> (last accessed date: 6 August 2014).

6. Solovyev, V. S., Pogonysheva, I. A., Pogonyshchev, D. A. Data on cardio-respiratory system of students doing sports and studying in conditions of the Northern regions // Herald of Tyumen State University. 2014. № 6. Pp. 165-170.

7. Solovyev, V. S., Koynosov, A. P., Solovyeva, S. V. Peculiarities of data on central hypo-dynamics of male youths of the Middle Ob Region // Herald of Tyumen State University. 2006. № 5. Pp. 111-114.

8. Katashinskaya, L. I., Gubanova, L. V. Physical development and functional state of cardio-respiratory system of male and female students in Ishim // Proceedings of Samara Research Center of the Russian Academy of Sciences. 2014. Vol. 16. № 5(2). Pp. 886-888.

9. Solovyev, V. S., Yelivanov, A. V., Solovyeva, S. V., Panin, S. V., Shalabodov, A. V. Social, physiological and populational research of adaptation abilities of humans // Herald of Tyumen State University. 2009. № 3. Pp. 150-154.

10. Katashinskaya, L. I. Dynamics of data concerning development, functional state and mental capability of middle and senior school-children in Ishim: Cand. Sci. Diss. (Biology). Tyumen, 1999. Pp. 84-103.

11. Katashinskaya, L. I., Gubanova, L. V. The research of morpho-functional data of senior schoolchildren of Ishim district // Herald of Tyumen State University. 2013. № 6. Pp. 110-117.

Автор публикации

Людмила Ивановна Каташинская — доцент кафедры биологии, географии и методики их преподавания филиала Тюменского государственного университета (г. Ишим), кандидат биологических наук

Author of the publication

Lyudmila I. Katashinskaya — Cand. Sci. (biol.), Associate Professor, Department of Biology, Geography and Their Methods of Teaching, the Branch of Tyumen State University in Ishim

Научное издание

ВЕСТНИК
ТЮМЕНСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА.
ЭКОЛОГИЯ И ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ
2015. ТОМ 1. № 2(2)

Редактор: Ю. Ф. Евстигнеева
Перевод: Е. В. Михалькова, к. филол. наук
Компьютерная верстка: С. Ф. Обрядова
Дизайн обложки: Е. Г. Шмакова
Печать: А. Е. Котлярова, А. В. Башкиров, В. В. Торопов

Подписано в печать 05.06.2015
Формат 70×108/16
Бумага Xerox Perfect Print
Обложка Stromcard ЕС
Гарнитура Quant Antiqua
Печать электрографическая
16,45 усл. печ. л., 13,16 уч.-изд. л.
Тираж 500 экз. Заказ № 350

Издательство
Тюменского государственного
университета
625000, г. Тюмень,
ул. Семакова, 10
Тел. (3452) 59-74-32
izdatelstvoutmn.ru