

Веснік

Брэсцкага ўніверсітэта

Галоўны рэдактар:
М.Э. Часноўскі

Намеснік галоўнага рэдактара:
К.К. Красоўскі

Міжнародны савет
А.А. Афонін (Расія)
В.А. Несцяроўскі (Украіна)
А. Юўка (Польшча)
Рэдакцыйная калегія:
Н.С. Ступень
(адказны рэдактар)
С.В. Арцёменка
М.А. Багдасараў
А.М. Вітчанка
В.Я. Гайдук
А.Л. Гулевіч
М.П. Жыгар
А.А. Махнач
А.В. Мацвееў
Я.М. Мяшэчка
У.У. Салтанаў
Я.К. Яловічава
М.П. Ярчак

Пасведчанне аб рэгістрацыі
ў Міністэрстве інфармацыі
Рэспублікі Беларусь
№ 1339 ад 28 красавіка 2010 г.

Адрас рэдакцыі:
224665, г. Брэст,
бульвар Касманаўтаў, 21
тэл.: 23-34-49
e-mail: vesnik@brsu.brest.by

Часопіс «Веснік Брэсцкага
ўніверсітэта» выдаецца
з снежня 1997 года

Серыя 5

ХІМІЯ

БІЯЛОГІЯ

НАВУКІ АБ ЗЬМЛІ

НАВУКОВА-ТЭАРЭТЫЧНЫ ЧАСОПІС

Выходзіць два разы ў год

Заснавальнік – установа адукацыі
«Брэсцкі дзяржаўны ўніверсітэт імя А.С. Пушкіна»

№ 1 / 2010

У адпаведнасці з загадам Вышэйшай атэстацыйнай
камісіі № 9 ад 15.01.2010 г. часопіс «Веснік Брэсцкага ўніверсітэта»
ўключаны ў Пералік навуковых выданняў Рэспублікі Беларусь
для апублікавання вынікаў дысертацыйных даследаванняў
па біялагічных, географічных і геолога-мінералагічных навуках



Vesnik

of Brest University

Editor-in-chief:
M.E. Chasnovski

Deputy Editor-in-chief:
G.M. Sender

International Board:
A.A. Afonin (Russia)
V.A. Nestyarovski (Ukraine)
A. Juvka (Poland)

Editorial Board:
N.S. Stupen
(managing editor)
S.V. Artsemenka
M.A. Bagdasarav
A.M. Vitchanka
V.E. Gajduk
A.L. Gulevich
M.P. Zhigar
A.A. Mahnach
A.V. Matveev
Y.M. Myashechka
V.V. Saltanav
Y.K. Yalovichava
M.P. Yarchak

Registration Certificate
by Ministry of Information
of the Republic of Belarus
№ 1339 from April 28, 2010

Editorial Office:
224665, Brest,
Boulevard Cosmonauts, 21
tel.: 23-34-29
e-mail: vesnik@brsu.brest.by

Published since December 1997

Series 5

CHEMISTRY

BIOLOGY

SCIENCES ABOUT EARTH

SCIENTIFIC-THEORETICAL JOURNAL

Issued two times a year

Founder – Educational institution
«Brest state university named after A.S. Pushkin»

№ 1 / 2010

According to the order of Supreme certification commission № 9
from January 15, 2010, the journal «Vesnik of Brest University» was included
to the List of editions of the Republic of Belarus for publication
of the results of scientific research in biological, geographical
and geological-mineralogical sciences

ЗМЕСТ

ХІМІЯ

Богдасаров М.А., Шульга А.В. Элементный химический состав янтарей и янтареподобных смол Евразии	5
Бордон В.Е., Матвеев А.В. Геохимические аномалии: анализ, геологическая интерпретация (на примере четвертичных отложений Беларуси).....	13
Голуб Н.М., Боричевский А.И. Некоторые аспекты кислотного гидролиза 1,3-диоксанов	22
Ерчак Н.П., Ювко А., Коваленко В.В., Ломакова О.О. Сравнительная активность гидрооксалатов γ -аминопропилсиланов.....	28
Рахманько Е.М., Ковалевич В.А., Гулевич А.Л. Расчет равновесий в анионообменных экстракционных системах	41

БІЯЛОГІЯ

Абрамова И.В., Гайдук В.Е. Экология полевого жаворонка <i>Alauda arvensis L.</i> (<i>Alaudidae, Passeriformes</i>) в юго-западной Беларуси.....	50
Блоцкая Е.С. Биотопическое распределение грызунов (<i>RODENTIA, SMINTHIDAE, CRICETIDAE, MURIDAE</i>) и их значимость в сообществе мелких млекопитающих лесных экосистем.....	57
Ленивко С.М., Кирисюк Ю.В., Ерчак Н.П. Влияние малых мольных концентраций биссилильных пятикоординированных соединений на морфофизиологические показатели трех видов газонных трав	63
Саварин А.А. О поимках бурозубки средней (<i>SOREX CAECUTIENS</i>) на юго-востоке Беларуси.....	68
Хомич Г.Е., Саваневский Н.К. Возрастные изменения параметров некоторых вызванных потенциалов, коррелирующих с напряжением внимания	73

НАВУКІАБ ЗЯМЛІ

Волчек А.А., Шпока И.Н. Пространственно-временные изменения повторяемости града на территории Беларуси.....	77
Зерницкая В.П., Махнач Н.А., Колосов И.Л. Стабильные изотопы углерода и кислорода и пыльцевые спектры в средне-верхнеголоценовых карбонатных осадках озера Нарочь.....	88
Красовский К.К., Корженевич С.В. SWOT- и PESTM-анализ демографической ситуации в Белорусском Полесье.....	99
Махнач Н.А. Необычная апатитовая минерализация в кварцево-глауконитовых песках палеогена Беларуси.....	106
Мешечко Е.Н., Никитюк Д.В. Предпосылки создания туристской территориальной структуры на базе национального парка «Беловежская пуца» в рамках территории Брестской области	113
Токарчук О.В., Токарчук С.М. Комплексная оценка экологического состояния малых водосборов трансграничной части бассейна реки Западный Буг	120
Шершнев О.В. Рекреационная организация урбанизированных территорий (на примере г. Гомеля).....	129
Звесткі аб аўтарах	140

INDEX

CHEMISTRY

Bogdasarov M.A., Shulga A.V. Element Chemical Compound of Ambers and Amber-Like Fossil Resins of Eurasia.....	5
Bordon V.E., Matveyev A.V. Geochemical Anomalies: Analysis and Geological Interpretation (on the Example of Quaternary Deposits of Belarus).....	13
Golub N.M., Borichevsky A.I. Some Aspects of Acid Hydrolysis 1,3-Dioxans	22
Erchak N.P., Jowko A., Kavalenka V.V., Lamakova V.A. Comparative Activity of Hydrooxalates of γ -Aminopropylsilanes	28
Rakhmanko E.M., Kovalevich V.A., Gulevich A.L. Calculation of Equilibrium in Anion-Exchange Extractive Systems	41

BIOLOGY

Abramova I.V., Gaiduk V.E. Ecology of the Skylark <i>Alauda arvensis</i> L. (<i>Alaudidae</i> , <i>Passeriformes</i>) in the South-West of Belarus	50
Blotskaya E.S. The Biotopes Distribution of Rodents (<i>Rodentia</i>) and their Significance in the Community of Small Mammals of Forest Ecosystems	57
Lenivko S.M., Kirisjuk J.V., Erchak N.P. The Influence of Small Mole Concentrations of Bissilyl Pentacoordinated Compounds on Morphophysiological Characteristics of Three Kinds of Lawn Grasses.....	63
Savarin A.A. About the Record of <i>Sorex Caecutiens</i> in South-Eastern Belarus.....	68
Khomich G.E., Savanevski N.K. Age Changes in Some Parameters of Evoked Potentials, which Correlate with Rapt Attention	73

SCIENCES ON EARTH

Volchek A.A., Shpoka I.N. Existential Changes of Repeatability of Hailstones on the Territory of Belarus.....	77
Zernitskaja V.P., Makhnach N.A., Kolosov I.L. Stable Carbon and Oxygen Isotopes and Pollen Spectra in Mid-Upper Holocene Carbonate Sediments of the Lake Naroch	88
Krasovsky K.K., Korjenevich S.V. The SWOT and PESTM Analysis of a Demographic in Belarusian Polesye	99
Makhnach N.A. Unusual Apatite Mineralization in Paleogene Quartz-Glaucanite Sand in Belarus.....	106
Meshechko E.N., Nikityuk D.V. Precondition of Creation of Tourist Territorial Structure on the Basis of Nation Park «Belovezhskaya Pushcha» Within the Limits of Territory of the Brest Area.....	113
Tokarchuk O.V., Tokarchuk S.M. Complex Assessment of Ecological Condition of Small Catchment Area of Transboundary Part the Basin of River Western Bug	120
Shershneyov O.V. Recreational Organization of the Urbanized Territories (on the Specific Example of Gomel City).....	129
Information about the authors	140

УДК 549.892.2

М.А. Богдасаров, А.В. Шульга

ЭЛЕМЕНТНЫЙ ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ЯНТАРЕЙ И ЯНТАРЕПОДОБНЫХ СМОЛ ЕВРАЗИИ

В работе изложены сравнительные результаты изучения элементного химического состава янтарей и янтареподобных ископаемых смол различных проявлений Евразии. В рамках одного исследования изучен химический состав ископаемых смол разных провинций Северной Евразии. Применение методов анализа к познанию конституции аморфных органических минералов полимерного строения позволяет рекомендовать для этих целей элементный химический анализ, определение содержания элементов-примесей, янтарной кислоты.

Методика. Для исследований были отобраны пробы вязких и хрупких смол из важнейших проявлений преимущественно северной части Евразии (территории севернее 40° с.ш.). Исследования методом микроанализа осуществлялись в навеске от 2,0 до 10,0 мг, что позволяло исследовать отдельные зерна, а не усредненную пробу. Для каждого образца независимо анализировалось по две навески. К отрицательным чертам метода можно отнести недостаточную чувствительность к азоту и сере. Из-за малой величины навески и точности микровесов ошибка анализа для этих элементов составляет $\pm 0,5\%$, т.е. в ряде случаев лежит в пределах их содержания. Количество кислорода, как правило, устанавливалось по разности химических элементов (в том случае, когда азот не определялся, это число является суммой кислорода и азота).

Результаты. По результатам предварительных исследований нами было установлено, что ископаемые смолы северной части Евразии, образующие самостоятельные скопления и/или составляющие большую часть таковых, по комплексу физико-химических свойств, отражающих их структурные особенности и влияющих на утилитарный потенциал, имеют как возрастные (мезозой/кайнозой), так и региональные различия. Общее число таких смол в пределах рассматриваемой территории ограничено всего пятью видами, которые могут быть объединены в две группы: вязких (сукцинит, румэнит) и хрупких (валховит, геданит, ретинит) смол.

Мезозойские смолы Евразии, представленные почти исключительно хрупкими разновидностями, характеризуются довольно заметными колебаниями состава основных элементов (углерод, водород, кислород). Содержание их в смолах Закавказья составляет соответственно для проявления Айтаг (Горчу) 66,61, 10,56, 22,83% и для проявления Ани (Агджакенд) 76,24, 10,31, 13,45% (рисунок 1) [1]. Такие значения указывают на сильную степень окисления образцов, подвергшихся исследованию.

Ископаемые смолы **Хатангской впадины** характеризуются иными значениями содержания основных элементов: углерод – 80,83–81,76% (среднее – 81,29%), водород – 11,09–11,60% (среднее – 11,34%); отношение углерода к водороду колеблется в пределах 7,04–7,28 (в среднем – 7,16); сера фиксируется не во всех образцах, значимые количества не превышают 0,52%; кислород – 6,66–7,04% (среднее – 6,85%) (рисунок 2) [2; 3]. Процентное содержание углерода по отдельным образцам для смол **Амдермы (Песчаное)** составляет 79,47–82,38%, при среднем его содержании 80,60%. Количество водорода колеблется от 10,10 до 11,77% (в среднем 10,98%). Величина отношения углерода к водороду колеблется от 6,80 до 8,03, составляя в среднем 7,32. Сера присутствует не во всех изученных образцах, а значимые ее содержания могут достигать лишь 0,05%. Содержание кислорода, имеющее большое значение для диагностики смол, – в пределах 5,57–8,92% (в среднем 7,62%) (рисунок 3).

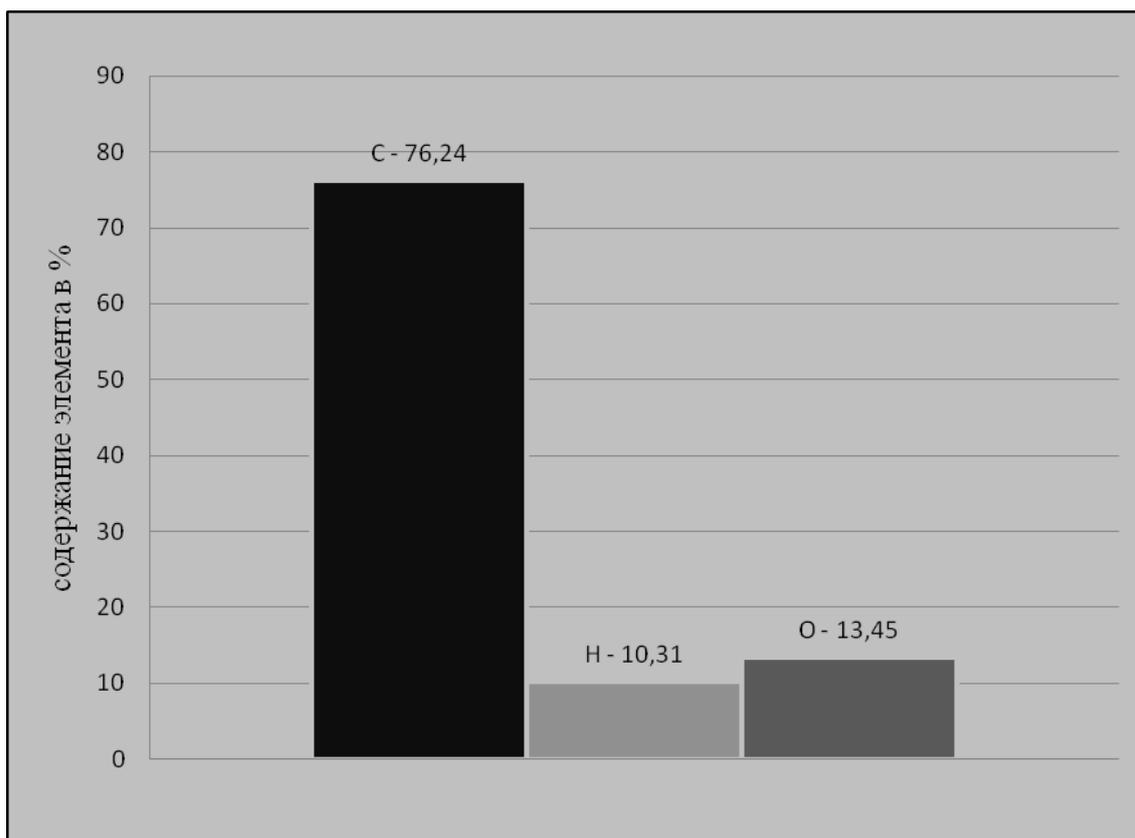


Рисунок 1 – Элементный химический состав валховита проявления Ани (Агджакенд)

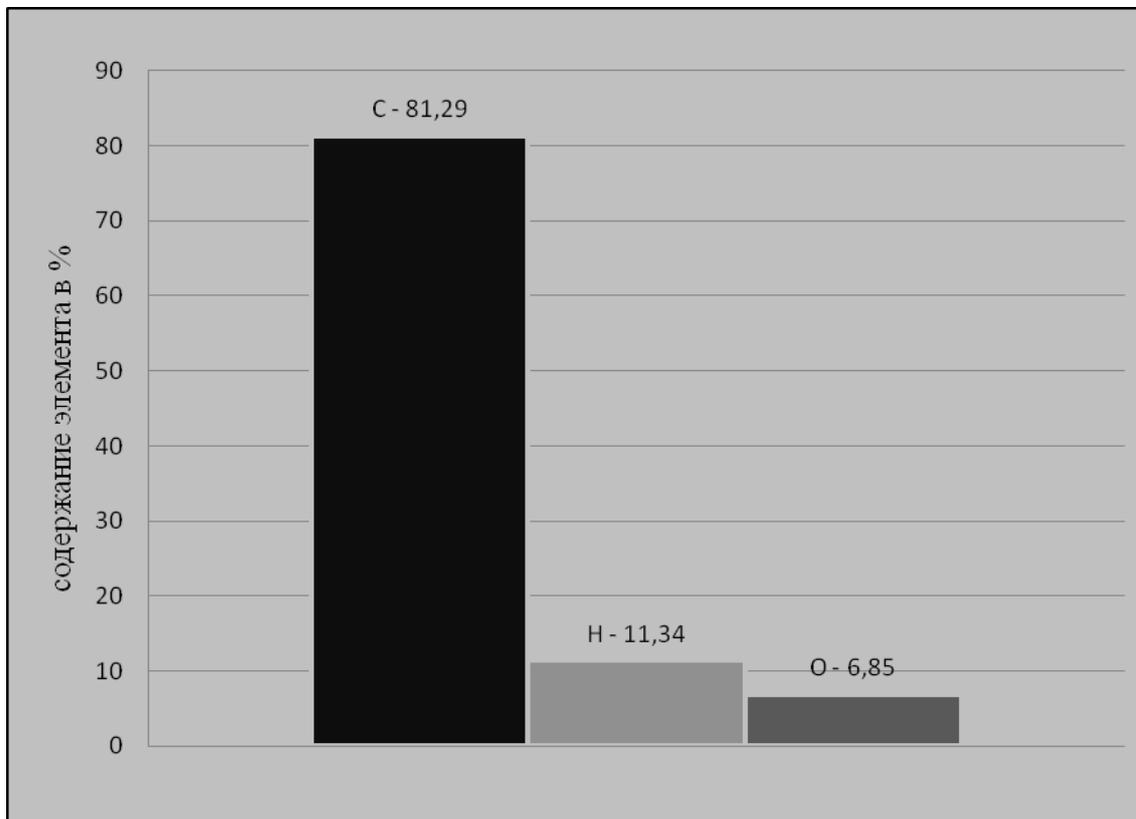


Рисунок 2 – Элементный химический состав геданита проявлений Хатангской впадины

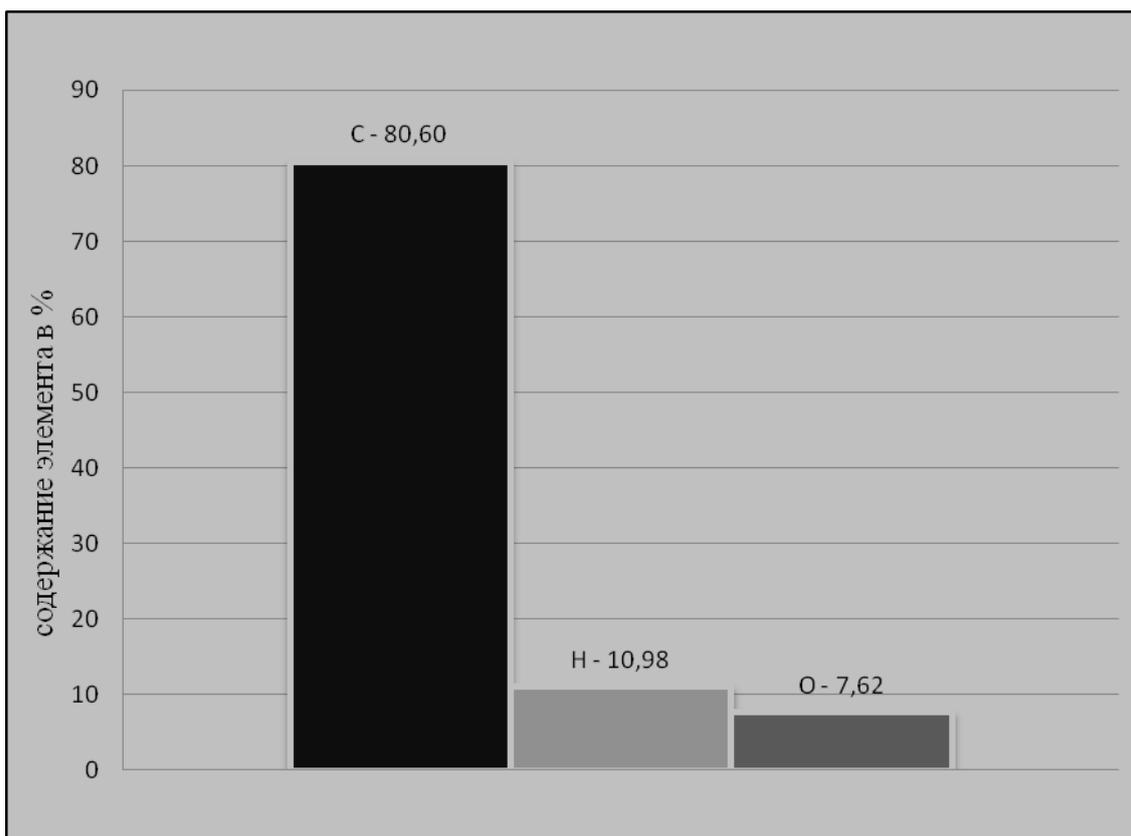


Рисунок 3 – Элементный химический состав ретинита проявления Амдерма (Песчаное)

Существенное значение для характеристики химического состава смол имеет содержание янтарной кислоты – $C_4H_6O_4$. В продуктах сухой перегонки образцов ископаемых смол как Закавказья, так и Сибири янтарная кислота нами обнаружена не была. Зольность ископаемых смол связана с включениями в них различных минеральных образований, для изученных образцов она в среднем составляет 0,35%.

Кайнозойские смолы Евразии, представленные, в отличие от мезозойских смол, как вязкими, так и хрупкими разновидностями, также характеризуются значительными колебаниями элементного состава.

Анализируя полученные результаты, можно отметить некоторые отличия в составе ископаемых смол различных регионов северной части Евразии. Сравнение элементного состава смол **Прибалтики, Беларуси и Украины** показало их схожесть по основным элементам (C, H, O) (рисунок 4). Ранее отмечавшиеся резкие различия между сукцинитом Прибалтики и Беларуси, с одной стороны, и сукцинитом Украины – с другой, по содержанию серы [4] и соотношению углерода и водорода не подтверждаются авторскими анализами.

На содержание янтарной кислоты нами специально исследовались прозрачные (13 зерен), непрозрачные (17 зерен), костяные (4 зерна), а также слабо окисленные (8 зерен) и сильно окисленные (11 зерен) образцы ископаемых смол Беларуси. Полученные результаты оказались сравнимы с имеющимися данными по содержанию янтарной кислоты в образцах Прибалтики и Украины [4; 5; 6]. Содержание свободной янтарной кислоты в прозрачных разновидностях в целом колеблется от 3,20 до 4,50% (в белорусских образцах – 3,47–3,95%). Оно увеличивается до 3,90–5,87% у полупрозрачных и до 5,34–7,81% у непрозрачных образцов, а максимальных значений – 8,22–9,44% – достигает у окисленных разновидностей вне зависимости от степени их прозрачности (но, как правило, непрозрачных).

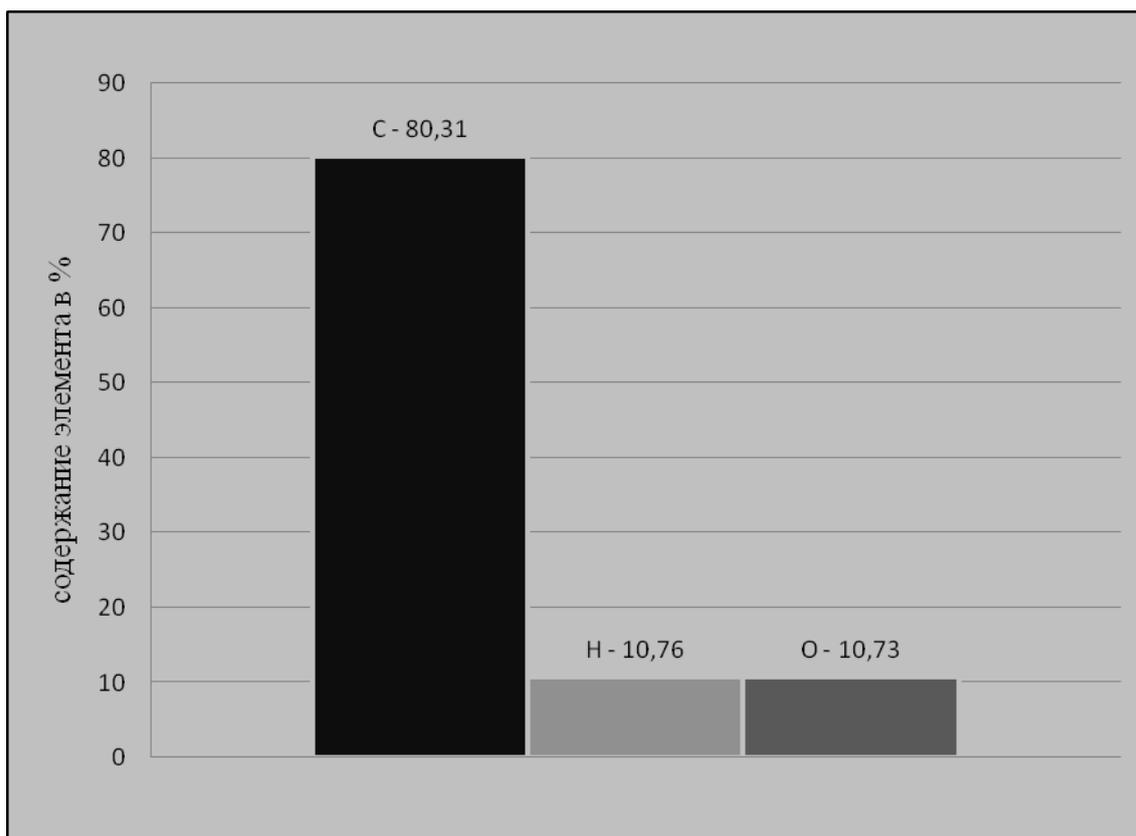


Рисунок 4 – Элементный химический состав сукцинита проявлений Беларуси

Отметим, что количество янтарной кислоты непостоянно не только в различных образцах, но и в одном и том же образце в зонах неодинакового окисления, что подтверждают также результаты химического элементного анализа отдельных штуфов смол и покрывающей их корочки. Как правило, корочка окисления от внутренней части штуфа отличается весьма ощутимым повышением содержания кислорода и понижением – углерода и водорода. Подобная картина наблюдается для ископаемых смол всех регионов. В процессе окисления в них возрастает количество кислорода, а количество остальных элементов уменьшается.

Зольность ископаемых смол связана с включениями в них различных минеральных образований. У прибалтийских, белорусских и украинских образцов в целом она низкая – в среднем 0,20–0,25%, лишь у отдельных бастардных и костяных разностей возрастает до 0,75–0,80%. Не подтверждаются аналитикой данные Б.И. Сребродольского [4] о высокой (до 8,67%) зольности ископаемых смол Украины.

Исследование золы полуколичественным спектральным анализом показало присутствие в ней довольно широкого перечня элементов-примесей (таблица), причем, например, в смолах Прибалтики их несколько меньше, чем в смолах Беларуси и Украины. В последних присутствуют барий, хром, ванадий и некоторые другие элементы, которых в смолах Прибалтики либо нет вообще, либо в количественном отношении значительно меньше.

Ископаемые смолы **Сахалина** характеризуются содержанием углерода в пределах 78,12–80,50%, при среднем значении 79,32%, водорода – 9,03–10,95% (в среднем – 10,23%), отношением углерода к водороду – 7,13–8,89 (в среднем – 7,78), серы, обнаруживаемой не во всех пробах, – до 0,10% и более высоким содержанием кислорода – 8,65–10,88% (в среднем – 9,97%) (рисунок 5). В продуктах сухой перегонки образцов смол янтарная кислота нами выявлена не была, но, по данным В.С. Трофимова [7], ее

содержание в некоторых случаях может достигать 0,66%. Зольность ископаемых смол Сахалина различная – в среднем 0,35%, иногда до 2,44%.

Таблица – Содержание элементов-примесей в ископаемых смолах Прибалтики, Беларуси, Украины, %, данные автора

Элементы	Регионы		
	Прибалтика	Беларусь	Украина
Al	0,0003–0,003	0,0003–0,009	0,0003–0,003
Ba	–	0,0001	0,0001
Ca	0,1–0,3	0,01–0,05	0,05–0,5
Co	0,0003	0,0001	–
Cr	–	0,0005	0,0007
Cu	0,0003–0,001	0,0001	0,0003–0,001
Fe	0,01	0,005	0,003–0,1
Mg	0,003–0,01	0,0001	0,001–0,1
Mn	0,001	0,0002	0,003–0,005
Mo	–	0,0001	–
Na	0,001–0,003	0,0001	–
Pb	–	–	0,001–0,005
Si	0,003–0,03	0,001–0,1	0,003–0,1
Ti	0,001–0,01	0,005	0,001–0,002
V	–	0,0001–0,0005	0,0001–0,0005
Y	–	–	0,0005
Zn	–	–	0,001–0,003
Zr	–	–	0,003

В ископаемых смолах **Средней Азии** содержание углерода, водорода и азота в лимонно-желтых разновидностях соответственно составляет (в процентах) 76,91, 9,89, 14,11, а в оранжево-желтых – 77,67, 10,48, 5,94 [8]. Поскольку содержание кислорода в работе [8] не указано, то, очевидно, данные по азоту представляют собой неправильно вычисленную по разности сумму содержания в образцах азота и кислорода (13,20% – для лимонно-желтых, 10,85% – для оранжево-желтых) (рисунок 6).

Впервые были проанализированы средние содержания основных элементов для выделенных нами разновидностей ископаемых смол северной части Евразии (рисунки 7–10). Сравнительный анализ элементного состава ископаемых смол свидетельствует о значительном колебании содержания основных элементов, а также элементов-примесей, янтарной кислоты и зольности, что позволяет сделать вывод о зависимости минерального состава смол от условий их образования и накопления.

В настоящее время следует определять утилитарную ценность ископаемых смол в первую очередь как химического сырья, технологическая обработка которого даст возможность получать комплекс продуктов, среди которых особый интерес представляет именно янтарная кислота, широко применяющаяся в промышленности и сельском хозяйстве, а в последнее время, в связи с установленным ее действием как биогенного стимулятора, и в медицине.

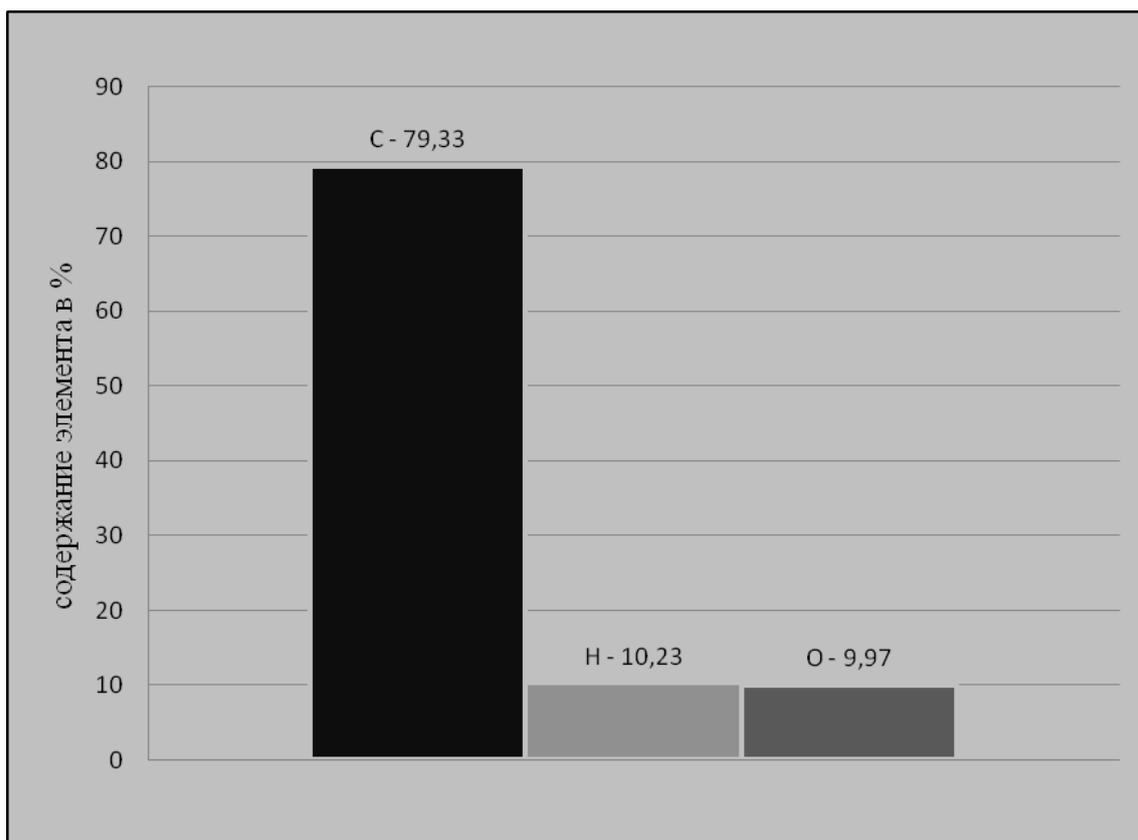


Рисунок 5 – Элементный химический состав румэнита проявлений Сахалина

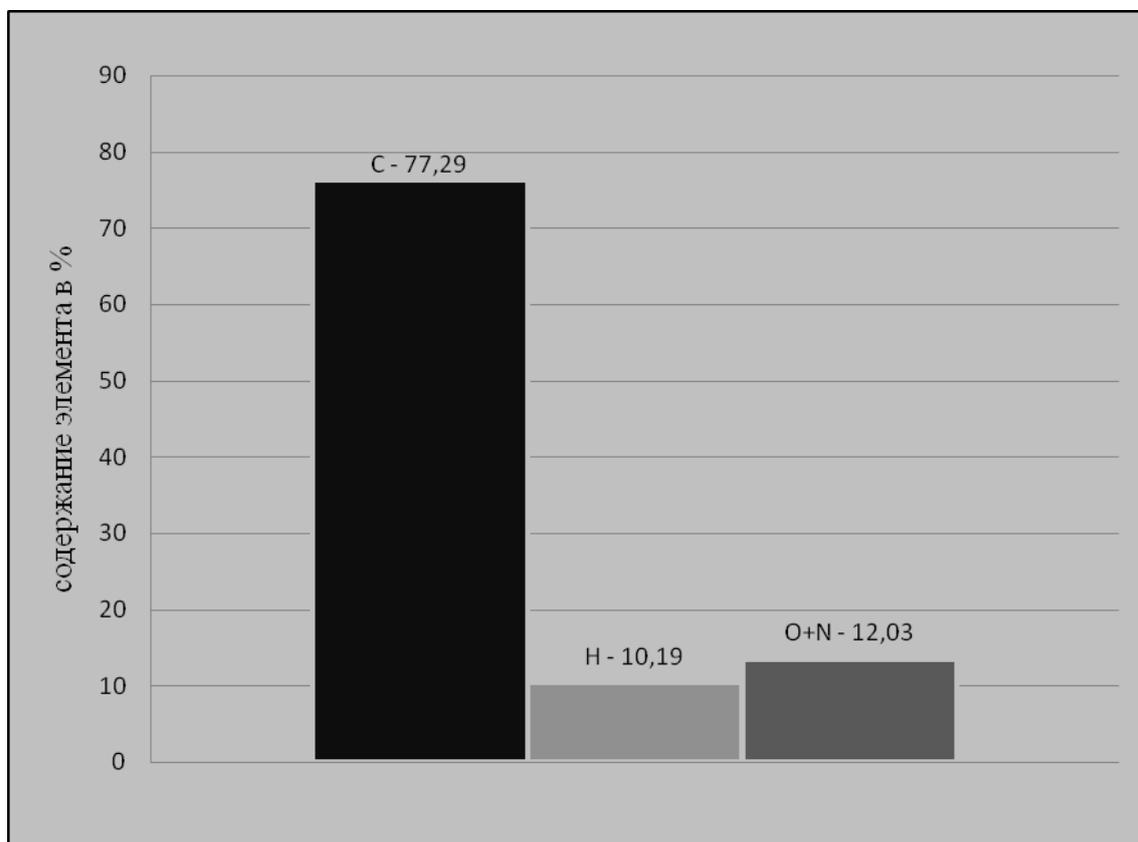


Рисунок 6 – Элементный химический состав ретинита проявлений Средней Азии

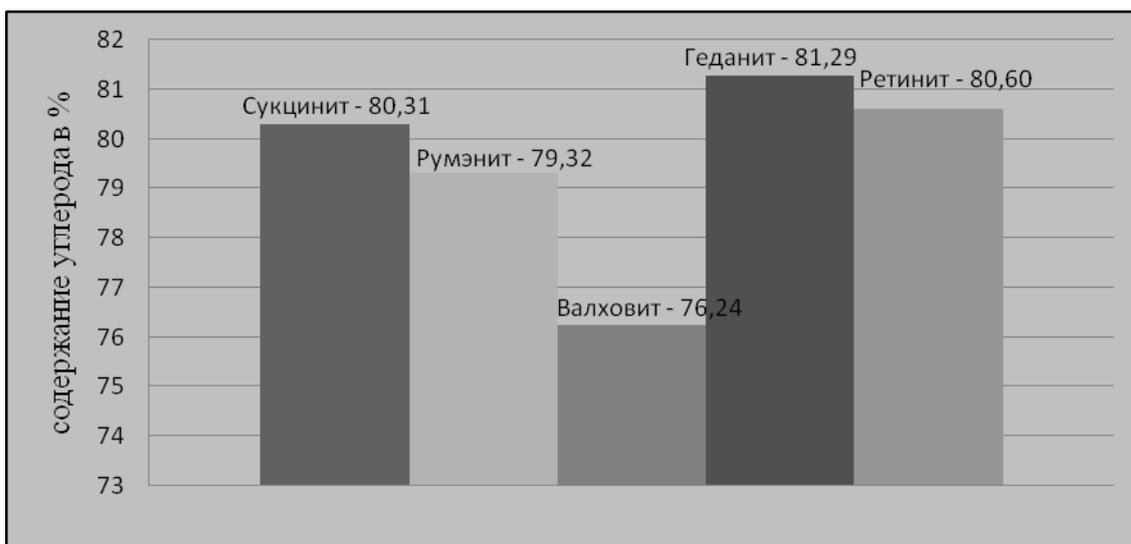


Рисунок 7 – Среднее содержание углерода в разных видах ископаемых смол

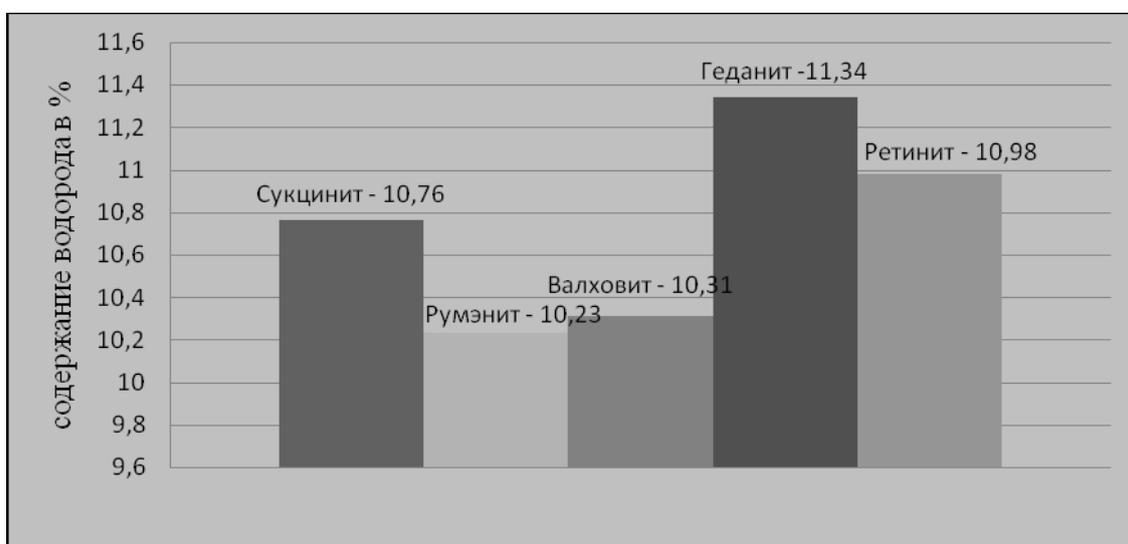


Рисунок 8 – Среднее содержание водорода в разных видах ископаемых смол

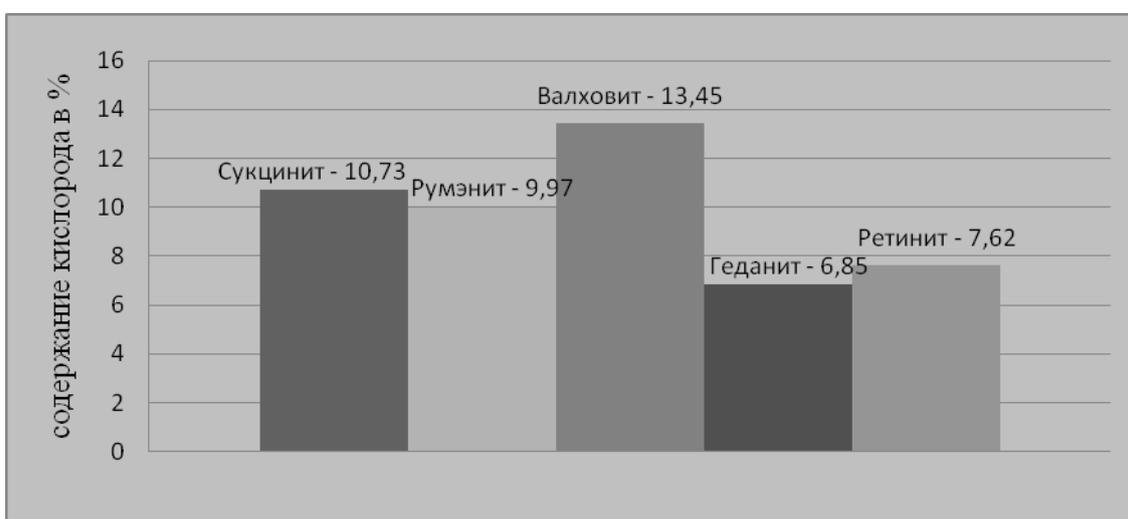


Рисунок 9 – Среднее содержание кислорода в разных видах ископаемых смол

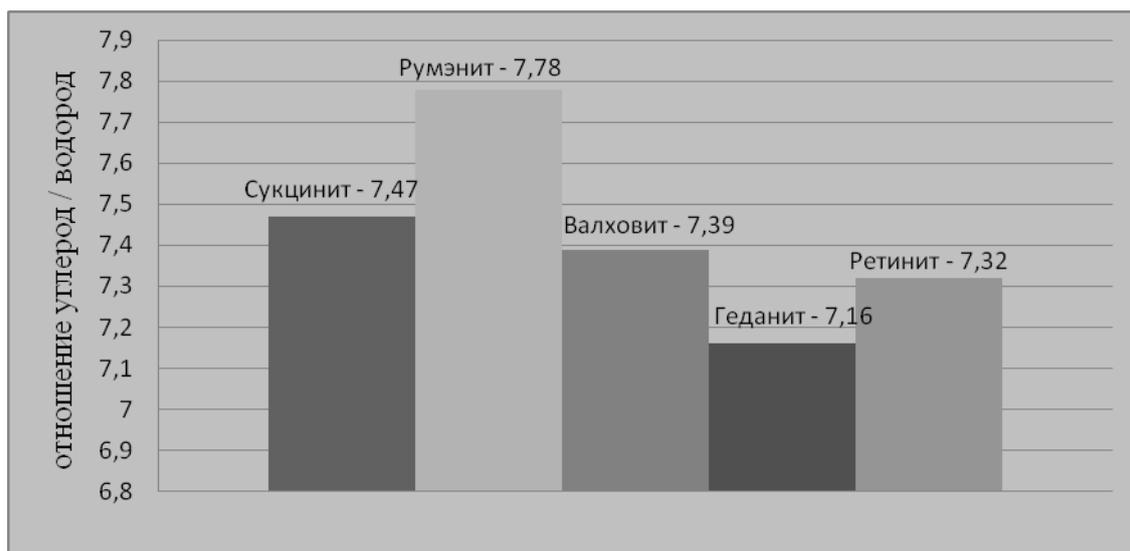


Рисунок 10 – Среднее отношение углерод / водород в разных видах ископаемых смол

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Эфендиев, Г.К. Копал / Г.К. Эфендиев // Геология Азербайджана (нерудные полезные ископаемые) / Г.К. Эфендиев [и др.] ; под ред. Э.Ш. Шихалибейли. – Баку, 1957. – С. 132–146.
2. Соколова, Т.Н. Янтареподобные ископаемые смолы (на примере Хатангского района) : автореф. дис. ... канд. геол.-минерал. наук : 04.00.20 / Т.Н. Соколова ; Ленингр. гос. ун-т. – Л., 1987. – 24 с.
3. Савкевич, С.С. Новые данные о янтаре правобережья рек Хеты и Хатанги / С.С. Савкевич, Т.Н. Попкова // Докл. Акад. наук СССР. – 1973. – Т. 208, № 2. – С. 427–429.
4. Сребродольский, Б.И. Геологическое строение и закономерности размещения месторождений янтара СССР / Б.И. Сребродольский. – Киев : Наукова думка, 1984. – 166 с.
5. Савкевич, С.С. Янтарь / С.С. Савкевич. – Л. : Недра, 1970. – 190 с.
6. Катинас, В.И. Янтарь и янтареносные отложения Южной Прибалтики / В.И. Катинас // Сб. науч. тр. / ЛитНИГРИ. – Вильнюс, 1971. – Вып. 20 : Янтарь и янтареносные отложения Южной Прибалтики. – 150 с.
7. Трофимов, В.С. Янтарь / В.С. Трофимов. – М. : Недра, 1974. – 183 с.
8. Баскакова, М.А. Приаральский янтарь / М.А. Баскакова, Д.П. Ишниязов // Зап. Узб. отд-ния Всесоюз. минерал. о-ва. – 1983. – № 36. – С. 76–77.

M.A. Bogdasarov, A.V. Shulga. Element Chemical Compound of Ambers and Amber-Like Fossil Resins of Eurasia

In work the results of studying element chemical compound of amber and amber-like fossil resins of various displays of Eurasia are stated. The scientific idea of this work is the attempt for the first time within the framework of one investigation to study element chemical compound of fossil resins of North Eurasia. The employment of methods of analysis in studying the constitution of amorphous organic minerals of polymeric structure gives the possibility to recommend for these purposes element chemical analysis, determination of elements-impurity by the emission spectrometry, amber acid.

УДК 550.42:551.89 (476)

В.Е. Бордон, А.В. Матвеев

ГЕОХИМИЧЕСКИЕ АНОМАЛИИ: АНАЛИЗ, ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ИНТЕРПРЕТАЦИЯ (НА ПРИМЕРЕ ЧЕТВЕРТИЧНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ БЕЛАРУСИ)

Рассмотрены особенности формирования в четвертичных отложениях повышенных концентраций фосфора, редких металлов, полиминеральных россыпей и комплексной аномалии никеля, кобальта и хрома. Установлено, что увеличение содержания фосфора связано с распространением торфовивианита в низинных болотах в контуре фосфатно-глауконитовой формации верхнего мела и палеогена. В четвертичных отложениях выделена одна редкометалльная аномалия (бериллия), которая прямо коррелируется с площадью соответствующего рудопоявления в породах кристаллического фундамента. Проанализированы особенности Молодечненского и Городокского участков с вышекларковыми концентрациями титана и циркона, а также сделан вывод о возможности использования данных по содержанию Ni, Co, Cr, V для выделения глубинных структур, представляющих интерес в связи с оценкой проблем алмазоносности. Приведенные материалы позволяют рассматривать охарактеризованные аномалии в четвертичной толще в качестве перспективных участков на соответствующие виды минерального сырья.

Введение

В результате выполненных ранее работ [1; 2] в четвертичных отложениях Беларуси выделена серия геохимических аномалий, однако их природа и геологический смысл, что крайне важно с научной и прикладной точек зрения, рассмотрены не были. В то же время, очевидно, что подобная интерпретация дает возможность, с одной стороны, выявлять новые поисковые признаки многих полезных ископаемых, с другой – прогнозировать их наличие в изучаемой толще отложений и в подстилающих образованиях. С этой целью в представленной статье и осуществлен анализ наиболее известных аномалий.

Аномалии фосфора

Геохимические аномалии фосфора в четвертичных отложениях приурочены в основном к торфяным массивам и представлены торфовивианитами.

Вивианиты (торфовивианиты) – это фосфорнокислая закисная соль железа $Fe_2(PO_4)_3 \cdot 8H_2O$. Они встречаются, как правило, в толще торфа на низинных болотах в виде небольших гнезд, прослоев или линз. На территории Беларуси торфовивианиты в отдельных местах образуют относительно крупные скопления. По результатам работ, проводимых с 1935 г., известно около 250 таких месторождений и рудопоявлений. Свыше 150 из них находятся в восточных районах Гомельской и Могилевской областей. Одна из самых крупных залежей с содержанием фосфорного ангидрида P_2O_5 до 10,5–11% расположена на болоте Белицкое в Рогачевском районе. Запасы торфовивианитов здесь составляют свыше 100 тыс. м³. Месторождения с запасами до 50 тыс. м³ известны в Тереховском районе (болота Глубокское, Васильевское, Козлово и др.). Залежи торфовивианитов выявлены в отдельных торфомассивах Минской, Гродненской и Витебской областей.

В контурах геохимических аномалий среди болотных фосфатов, встреченных на территории республики, выделены четыре минеральные разновидности, отличающиеся друг от друга внешними особенностями, внутренним строением и химическим составом.

Первая разновидность, являющаяся собственно вивианитом, всегда залегает ниже уровня грунтовых вод в восстановительных условиях. В свежих образцах минерал имеет светло-серую до белой окраску, сметаноподобную консистенцию. При сопри-

косновении с воздухом, в окислительных условиях, он в течение нескольких часов окисляется и синее, образуя при высыхании порошковатые землистые агрегаты, в составе которого содержится $\text{FeO} - 43\%$, $\text{P}_2\text{O}_5 - 28,3\%$, $\text{H}_2\text{O} - 28,7\%$.

Вторая разновидность, наиболее распространенная и обращающая на себя внимание ярко-синим цветом, представляет собой первичный и частично окисленный вивианит. Он является относительно устойчивым минералом в окислительных условиях и образует ряд соединений, отличающихся друг от друга степенью окисления. Его химическая формула – $(\text{Fe}^{+3}, \text{Fe}^{+2})_3 \cdot (\text{PO}_4)_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$. Он мало отличается от «первичного» вивианита, за исключением того что в его составе появляется окисное железо, количество которого зависит от степени окисления. При изучении кривых спектрального поглощения синего вивианита установлено, что синяя окраска минерала обусловлена совместным действием катионов закисного и окисного железа.

Третья разновидность болотных фосфатов представляет собой грязно-желтую землистую массу, развивающуюся по ярко-синему вивианиту после длительного нахождения последнего в окислительных условиях. При рассмотрении этой минеральной массы под бинокулярным микроскопом видно, что в палево-желтоватой массе имеются включения синего вивианита и зерна гидрата окиси железа оранжевых тонов. Преобладание одного из этих цветов и придает породе тот или иной оттенок. Это так называемый бераунит – минерал, состоящий из фосфорнокислой окиси железа. Его химическая формула – $3\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{P}_2\text{O}_5 \cdot 17\text{H}_2\text{O}$. В берауните, по сравнению с исходным вивианитом, повышено содержание P_2O_5 (до 32%).

Четвертая минеральная разновидность болотных фосфатов – пицит – $4\text{FePO}_4 \cdot 2\text{Fe}(\text{OH})_3 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$. Это конечный продукт окисления вивианита. По внешнему виду пицит не отличается от бераунита и устанавливается только в результате электронно-микроскопических, термических или рентгеноструктурных исследований.

Четкую границу между этими минеральными разновидностями трудно провести, так как в процессе окисления происходит постепенный плавный переход от закисной формы («первичного белого» вивианита) через окись-закисную, закись-окисную к полностью окисленной форме (пициту).

Существуют следующие гипотезы образования вивианита: органогенная, почвенная и выщелачивания P_2O_5 грунтовыми водами с последующим осаждением фосфатов в торфах. Не отрицая возможности образования вивианитов в результате органо-генных и почвенных процессов, делается упор на вынос фосфора грунтовыми водами, циркулирующими в отложениях, слагающих окрестности болота и его дно, и накапливающегося в торфе по пути тока его вод в условиях слабощелочной среды.

Кроме вышеописанного источника поступления фосфора с грунтовыми водами существует еще дополнительный – принос фосфора с терригенным материалом с водосборных площадей и оседание его на поверхности болота. Под воздействием болотной среды происходит растворение терригенного материала и высвобождение фосфора. Чем больше поступает этого материала и чем богаче он фосфатами, тем больше возможности для вивианитообразования (при наличии в торфяной залежи соединений железа). Причем выделяется следующая последовательность образования вивианита в низинных болотах: вначале осаждается известь (кальцит) в виде болотной извести или болотного мела, затем вивианит и сидерит. Соответствующая зональность присуща месторождениям вивианита для таких крупных болот, как Белицкое, Луковское, Сметанка и др. в Могилевской области.

Вивианит в большинстве своем находится в центре болота, в местах наибольших мощностей торфа, иногда соприкасаясь с сапропелем. За месторождение вивианита принято считать мощность слоя не менее 0,25 м со средним содержанием P_2O_5 не ме-

нее 2,5%. Отложения с P_2O_5 менее 2,5% считаются вивианитизированными торфами и в учет запасов месторождения вивианитов не включаются.

Характерно, что максимальная насыщенность рудопроявлений и месторождений торфовивианита приурочена к территории, где широко развиты верхнемеловые и палеогеновые отложения, содержащие концентрированные или рассеянные залежи фосфоритов в ассоциации с карбонатными породами или глауконитовыми песками.

Средний химический состав вивианитов в месторождениях по республике следующий: MnO – 0,3–1%, P_2O_5 – 18–25%, FeO – 8–20%, Fe_2O_3 – 38%, CaO – 1,3–1,8%, CO_2 – до 0,5%, Al_2O_3 – 2,2%, MgO – 0,02–0,4%. Характерной особенностью торфовивианитов в Беларуси является их неоднородность и непостоянство химического состава. Так, FeO варьирует от 4 (болото Чечерское Чечерского р-на) до 22% (болото Клебанка Толочинского р-на); Fe_2O_3 – от 22,6 (болото Чечерское) до 62,8% (болото Желтки Вилейского р-на); CaO – от 0,25 (болото Желтки) до 4,5% (болото Жабье Дубровенского р-на); Al_2O_3 – от 1,0 (болото Посудовское Комаринского р-на) до 5,5% (болото Желтки). Зольность (абсолютно сухая) торфовивианита также колеблется от 36 (болото Клебанка) до 67% (болото Койдановское Дзержинского р-на).

Таким образом, можно говорить о приуроченности контура геохимических аномалий на фосфор, т.е. распространения торфовивианитов, к фосфатно-глауконитовой формации как верхнего мела, так и палеогена и о тяготении аномалий фосфора преимущественно к болотам низинного типа.

Редкометалльные аномалии

Исторически сложившееся и используемое сегодня условное название «редкие элементы» относится к группе химических элементов, в свое время мало используемых или совсем не освоенных промышленностью в силу их малой распространенности и (или) рассеянности в земной коре, а также технологических трудностей извлечения из сырья и получения в чистом виде. Природные минеральные образования, содержащие редкие элементы в виде собственных минералов или изоморфных примесей, рассеянных в рудных жилах в количествах, достаточных для их рентабельного промышленного извлечения, относятся к редкометалльным рудам. Наличие редкометалльных геохимических аномалий является прямым поисковым признаком таких руд.

В четвертичных отложениях Беларуси выявлена одна заверенная редкометалльная аномалия – бериллия – северо-западнее г. Житковичи. Аномалия впервые обнаружена Л.И. Матрунчиком в конце 60-х годов, а затем подтверждена специальными исследованиями с помощью искусственных сорбентов В.К. Лукашевым и Л.И. Матрунчиком [3]. Геохимическая аномалия выделена по содержанию в глинистых четвертичных отложениях бериллия до 10 г/т (при кларке в четвертичной толще 3 г/т), а доля в покровных отложениях около 1 г/т. В качестве попутного элемента в пределах аномалии обнаружены повышенные содержания цинка – до 40–42 г/т при кларке 36,6 г/т. Аномалия приурочена к рудопроявлению бериллия (участок «Диабазовый») в породах кристаллического фундамента.

В целях разработки и апробирования методики поисков месторождений с бериллиевой минерализацией В.К. Лукашевым [3] с сотрудниками проведены опытно-методические работы на двух участках «Диабазовый» и на Украине, в районе месторождения с промышленной концентрацией элемента. Порции ионообменной смолы, помещенной в капроновые мешочки, закапывались по профилям на расстоянии 50–100 м. Через 8–12 месяцев они извлекались с последующим определением содержаний бериллия и его спутников, в частности цинка.

Проведенные работы дали положительные результаты. В частности, было подтверждено наличие редкометалльной геохимической аномалии и найден поисковый ме-

тод, использующий в качестве депонирующей среды четвертичные отложения с параллельным применением метода сорбентов. Из этого следует, что поиски редкометалльных руд, во всяком случае в условиях Беларуси, возможно осуществлять на основе исследования геохимических аномалий в покровных отложениях.

Аномалии элементов полиминеральных россыпей

Изучение распределения микроэлементов в четвертичных отложениях Беларуси позволило выделить две геохимические аномалии, которым соответствуют перспективные площади повышенных концентраций минералов титана и циркония – участки Минской возвышенности и Городокскую площадь [1; 4].

Четвертичные отложения Минской возвышенности (Молодечненская площадь) имеют сплошное развитие и залегают поверх коренных пород, образуя неоднородный по составу, строению и мощности покров. Максимальная мощность наблюдается в пределах и вблизи крупных положительных форм палеорельефа, а также в ложбинах ледникового выпахивания и размыва, других гляциодепрессиях. Питающей провинцией для отложений этого района служат породы рифея, протерозоя, кембрия, девона и неогена. Минеральную ассоциацию четвертичных отложений представляют рутил, циркон, гранат, ильменит, причем содержания рутила и циркона во флювиогляциале достигают зачастую 5–6% тяжелой фракции.

Исследования песчаных аккумуляций, развитых в пределах зоны сочленения Ивенецко-Минского углового массива и внешней зоны фронтального пояса Воложинско-Заславльско-Докшицкой дуги краевых ледниковых образований ошмянской фазы припятского оледенения, показали, что места скопления титансодержащих минералов относятся к восточной и юго-восточной частям песчаного фронтального пояса.

Повышенные концентрации титансодержащих минералов отмечаются для песчаных образований Логойского, Докшицкого, Раковского, Плещеницкого участков (соответственно ильменита-рутила 0,225 кг/м³; 0,181 кг/м³; 0,192 кг/м³; 0,0181 кг/м³) (таблица 1). Самые высокие концентрации титансодержащих минералов приурочены к отложениям, вскрытым карьерами у г.п. Плещеницы (0,790 кг/м³), д. Логоза (0,812 кг/м³), д. Дворец (0,165 кг/м³), д. Стрия (0,321 кг/м³), г. Сморгонь (0,233 кг/м³), д. Заборцы (0,212 кг/м³). Исходя из общей геологической ситуации и геоморфологических особенностей исследованной территории, можно ожидать увеличения концентрации полезных компонентов в южной и юго-восточной частях песчаного обрамления краевых ледниковых образований.

Проведенные исследования позволили установить некоторые общие закономерности и специфические черты распределения микроэлементов (Ni, Co, Cr, V, Mn, Ti, Zr, Cu) в песках данной площади (таблица 2).

Геохимическая сопряженность процессов выноса и накопления элементов выразилась в том, что образовывались своеобразные окраинные, по отношению к отступающему леднику, зоны, в которых песчаные аккумуляции обогащались элементами. При этом в наибольшей степени малоподвижными элементами (Ti, Zr, V, Cr), объединяемыми в коэффициент R₁ [5], обогащались породы Раковского участка. В этом месте превалировал перенос указанных элементов в виде обломков пород и минералов во взвесах при незначительной роли растворимых форм. Можно предположить наличие здесь потоков с усиленной гидродинамической деятельностью.

Судя по распределению микроэлементов по определенному типу (наблюдаются увеличенные содержания титана, циркония и других элементов в отложениях, расположенных по боковым линиям деградации ледника), проходила избирательная концентрация элементов: титан накапливался в песках карьеров Дворец (2500 г/т), Гудовщина (2400 г/т), Гердутишки (1900 г/т), Задорье (1800 г/т), Прончейково (1800 г/т); цирконий – Прончейково (500 г/т), Дворец (500 г/т); медь – Мстиж (6,5 г/т), Дворец (3 г/т).

Таблица 1 – Содержание титансодержащих минералов в песчаных отложениях Молодечненской площади, кг/м³

Участок	Ильменит	Рутил
Радощковичи	$\frac{0,051-0,209}{0,107}$	$\frac{0,003-0,242}{0,011}$
Воложин	$\frac{0,051-0,161}{0,111}$	$\frac{0,002-0,014}{0,007}$
Молодечно	$\frac{0,010-0,189}{0,099}$	$\frac{0,001-0,024}{0,096}$
Раков	$\frac{0,098-0,330}{0,178}$	$\frac{0,003-0,035}{0,014}$
Заславль	$\frac{0,024-0,266}{0,097}$	$\frac{0,001-0,026}{0,010}$
Логойск	$\frac{0,035-0,777}{0,210}$	$\frac{0,004-0,056}{0,015}$
Плещеницы	$\frac{0,042-0,759}{0,172}$	$\frac{0,002-0,032}{0,009}$
Докшицы	$\frac{0,115-0,212}{0,174}$	$\frac{0,002-0,013}{0,007}$

Примечание: В числителе – пределы колебаний, в знаменателе – среднее содержание.

Таблица 2 – Распределение Ti и Zr в песчаных отложениях, вскрытых карьерами на отдельных участках Молодечненской площади, г/т

Участок	Статистический показатель	Ti	Zr
Воложинский	Min	280	25
	Max	1800	500
	x	815,5	113,7
Молодечненский	Min	500	37
	Max	2400	330
	x	1130,0	146,7
Раковский	Min	950	37
	Max	2500	500
	x	1570,0	215,4
Заславльский	Min	450	42
	Max	1600	400
	x	1043,8	190,4
Логойский	Min	700	58
	Max	1400	230
	x	1030,0	149,6
Плещеницкий	Min	300	13
	Max	1800	340
	x	944,1	124,9
Докшицкий	Min	280	21
	Max	1500	340
	x	698,7	117,6

По усредненным данным наиболее интересными для дальнейшего изучения поведения и концентрации титана и циркония являются пески Раковского и Заславьского участков.

Городокская площадь относится к Белорусскому Поозерью, связанному с деятельностью последнего в плейстоцене поозерского оледенения. Эта территория отличается от более южных регионов распространением молодых ледниковых отложений, развитием свежего ледникового рельефа, сформировавшегося в основных чертах всего 17–20 тыс. лет назад.

На площади преобладают моренные и озерно-ледниковые отложения. Удаленной питающей провинцией является юго-восточная Финляндия, Карелия, дно Ладожского озера. Местная питающая провинция представлена верхнедевонскими породами. Район характеризуется циркон-рутил-гранат-ильменитовой ассоциацией. Содержания рутила достигают 2,7% в моренных отложениях, циркона – 9,1 и 9,3%. Лессовидные отложения у г.п. Лиозно (фракция 0,1–0,75 мм) характеризуются содержаниями циркона и рутила, достигающими 9,8 и 8,4% соответственно.

Комплексные аномалии никеля, кобальта и хрома

В 90-е годы прошлого века в северной части Беларуси были проведены совместные геофизические и геохимические исследования Институтом геологических наук НАН Беларуси особенностей Браславского поля развития предполагаемых глубинных структур, подобных по геолого-геофизическим признакам структурам, контролирующим поля алмазоносных кимберлитов, в частности на Сибирской платформе. Были выделены геохимические аномалии в четвертичных отложениях, возможно, имеющие поисковое значение. К сожалению, на сегодняшний день результаты изысканий не подтверждены буровыми работами и природа возмущающих тел остаётся на уровне теоретических предположений.

Остановимся кратко на результатах экспериментальных геохимических исследований, проведенных в районах развития известных трубок взрыва в Беларуси (Жлобинское поле), а также в провинциях проявления кимберлит-лампроитового магматизма иных регионов. В 1981 г. В.А. Литинским [6] было показано, что при поисках кимберлитовых тел могут быть использованы геохимические методы, основанные на обнаружении ореолов рассеивания, содержащих аномальные количества Ni, Cr, Ti, Nb, реже Pb, Zn, Sr, Se. При этом наиболее четко прослеживаются аномалии Ni (в три и более раз превышающие региональный фон), Cr (в пять и более раз), Nb (в 4–5 раз). По свидетельству Е.Д. Черного и Б.С. Ягнышева [7], поиски кимберлитовых тел по погребённым ореолам рассеивания дают положительный результат при изучении распределения и выделения аномалий Co, Cr, Ni, Ti, Cu, Ba, V, Zn, Mn. Контрастность аномалий возрастает по мере приближения к источнику, причём непосредственно над трубками фиксируются аномалии Co, Ti, на расстояниях в десятки метров (до ста) – Cr, Ni, Cu, Ba, на расстояниях первых сотен метров – V, Zn, Mn [7]. На территории Беларуси в пределах Жлобинского поля над трубкой «Цупер» изучены газовые эманации, вызванные возмущающим телом [8]. Установлена отчетливая аномалия радона в приповерхностных породах до глубины 0,5 м. При этом наиболее интенсивное поступление газа происходит по зоне контакта трубки взрыва и вмещающих пород, а контур аномальной зоны подчёркивает сохраняемую тенденцию повышения его концентраций в кольце, оконтуривающем трубку взрыва. В районе этой же трубки исследована зональность распределения концентраций электроподвижных форм никеля в почвах. Установлена геохимическая аномалия, очерчивающая зону влияния возмущающего тела, совпадающую с контуром магнитной аномалии; сохраняется закономерность кольцевой структуры повышенных концентраций элемента в проекции контактной зоны тела трубки и вме-

щающих пород. Рядом исследователей установлен факт струйного переноса вещества от возмущающих тел (рудных и кимберлитовых) к земной поверхности [9]. Указывается на высокую информативность «струй» частиц-индикаторов, каковыми являются ионы, молекулярные кластеры и иные образования. Методом «ионоприемника» фиксируются контрастные геохимические аномалии элементов группы железа – никеля и кобальта в пределах зон влияния диатрем. Термодинамическое моделирование состава наложенных ореолов погребенных кимберлитовых трубок [10] показало наличие вертикальной миграции растворов с выносом никеля из кимберлитов в несколько раз выше, чем при миграции через базальты, и то, что аномалии бария и стронция могут привлекаться в качестве индикаторов тектонических нарушений. Необходимо отметить, что проявления кимберлитового магматизма большинство исследователей так или иначе связывают с глубинными разломами, со степенью нарушенности монолитности пород фундамента, влияющей на проницаемость земной коры для кимберлитовых магм [11]. Из всего вышесказанного можно сделать заключение об определенном геохимическом воздействии трубок взрыва как на вмещающие породы, так и на перекрывающие их отложения, в том числе четвертичные, т.е. геохимические аномалии являются поисковым признаком.

В 90-х годах нами были изучены отложения, перекрывающие трубки взрыва (?) (возмущающие тела) на территории Браславского поля, образцы отбирались на глубине 0,4–0,8 м от земной поверхности. Опробовались моренные ($gllpz_3$) и флювиогляциальные отложения ($fl1lpz_3^s$) поозерского горизонта, представленные супесями, суглинками, песками разной зернистости с различным содержанием глинистой фракции. Мощность четвертичных отложений в районе проведения исследований колеблется от 5 до 150 м. Нижележащие породы девонского возраста представлены средним и верхним отделами. Из-за удаленности изученных территорий от техногенных источников, учитывая глубины отбора проб, можно исключить влияние техногенных факторов на формирование геохимических аномалий. В процессе анализа геохимических особенностей отложений выявлены вполне определенные эмпирические закономерности. В распределении литофильных (Zr, Y, Yb, La), сидерофильных с переменной валентностью (Ti, Nb, W, Mo), халькофильных (Zn, Cu, Pb) и лито-халькофильных (Sn, Ga) элементов не установлена какая-либо зональность. В противоположность этому достаточно четко выявляется тенденция Ni, Co, Cr и в меньшей степени V к созданию контрастных геохимических аномалий в зонах влияния возмущающих тел (трубок взрыва). Типичным повторяемым фактом является оконтуривание максимальными концентрациями этих элементов краевых зон влияния рассматриваемых структур и понижение их содержания в проектируемых центрах. Характер распределения отдельных элементов весьма схож. Коэффициенты парной корреляции распределения достаточно высоки. Представляется перспективным применение мультипликативных коэффициентов для более четкого определения границ зон влияния возмущающих объектов. Оценить количественную сторону зафиксированного явления возможно по показателям дисперсии отдельных элементов. Так, для ряда участков Браславского поля с выявленными зонами влияния возмущающих тел по геофизическим и геохимическим данным дисперсия для никеля – 69,0; 73,0; 72,0. Для нейтрального профиля в этом же районе не превышает 19,0.

Можно предположить следующий механизм возникновения геохимических аномалий. Одним из источников выноса элементов к дневной поверхности является контакт напорных подземных вод с кимберлит-лампроитовыми породами, их обогащение никелем, кобальтом [10], а также хромом и последующая фильтрация сквозь относительно проницаемую и, возможно, частично дезинтегрированную толщу перекрывающих отложений, в процессе чего создается геохимическая аномалия. Геохимические свойства никеля и кобальта близки, их ионы и соединения достаточно подвижны в гипергенных процессах. Подвижность ионов инертного хрома (Cr^{3+}) мала; она возмож-

на за счёт его миграции со взвесями, а также при соответствующих условиях в форме Cr^{6+} [12]. Вторым объяснением может служить влияние долговременных геофизических электромагнитных и иных аномалий, создаваемых объектами трубчатого типа, на миграцию микроэлементов, в частности их электроподвижных форм. Возможно комплексное участие перечисленных факторов в процессах возникновения зафиксированной геохимической зональности.

Таким образом, представлен прецедент разбраковки геохимических аномалий – перспективных участков возможной фиксации проявлений кимберлитового магматизма по геохимическим данным в четвертичных отложениях. Требования, которые необходимо предъявлять к данным подобных геохимическим исследований: высокая точность аналитических работ, акцент на изучение поведения никеля, кобальта, хрома, применение мультипликативных и иных геохимических коэффициентов. Регистрация четко выраженных геохимических аномалий в границах участков геофизических аномалий служит дополнительным фактором, подтверждающим перспективы и указывающим на необходимость проверки природы возмущающих тел – первопричин фиксируемых отклонений. Перспективными для продолжения геологоразведочных работ с целью выяснения природы аномалиеобразующих тел являются в пределах Северного поля участки: «Амбросенки», «Буевщина», «Дяденки», «Осингородок», «Щетки», «Черное-Рудки», «Ружанполье», «Свидно».

Заключение

Таким образом, приведенные материалы анализа и геологической интерпретации четырех групп геохимических аномалий в толще четвертичных отложений Беларуси позволяют считать аномальные концентрации фосфора, титана, циркония, редких элементов, элементов группы железа (Ni, Co, Cr, Mn) и некоторых других поисковыми признаками соответствующих видов минерального сырья. Полученные результаты дают нам возможность предлагать изученные аномалии в качестве перспективных участков на фосфориты, торфовивианиты, полиминеральные россыпи, редкие элементы (Be и др.), кимберлиты и, возможно, другие полезные ископаемые.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Матвеев, А.В. Геохимические аномалии в четвертичных отложениях Беларуси / А.В. Матвеев [и др.] // Плейстоцен Беларуси и сопредельных территорий: материалы Международной научной конф. – Минск, 2004. – С. 30.
2. Матвеев, А.В. Геохимическая карта антропогенных отложений Беларуси / А.В. Матвеев [и др.] // Современные проблемы геохимии: материалы республиканской научной конф. – Минск, 2002. – С. 31–34.
3. Лукашев, В.К. Искусственные сорбенты в прикладной и экспериментальной геохимии / В.К. Лукашев. – Минск, 1992. – 311 с.
4. Полиминеральные кайнозойские россыпи юга Беларуси / Я.И. Аношко [и др.] // Природные ресурсы. – 1999. – № 3. – С. 16–22.
5. Бордон, В.Е. Геохимия и металлоносность осадочного чехла Белоруссии / В.Е. Бордон. – Минск, 1977. – 216 с.
6. Литинский, В.А. О содержании в кимберлитах Ni, Cr, Ti, Nb и некоторых других элементов и о возможности применения геохимических методов поисков кимберлитовых тел / В.А. Литинский // Геохимия. – 1981. – № 9. – С. 27–31.
7. Черный, Е.Д. Применение геохимических методов поисков кимберлитовых тел в Якутии / Е.Д. Черный, Б.С. Ягнышев // Геохимические методы поисков в северных районах Сибири. – Новосибирск, 1984. – С. 26–34.

8. Автушко, М.И. Геохимическое поле радона в поровом воздухе почв над погребенной трубкой взрыва / М.И. Автушко [и др.] // Літасфера. – 1995. – № 3. – С. 158–160.
9. Альтман, Э.Л. Атмогеохимический метод поисков месторождений полезных ископаемых со следом металлов в воздухе (задачи и перспективы) / Э.Л. Альтман, Б. Крчмар // материалы IV Объединенного международного симпозиума проблем прикладной геохимии. – Иркутск, 1994. – С. 128–129.
10. Воробьев, С.А. Термодинамическое моделирование состава наложенных ореолов погребенных кимберлитовых трубок / С.А. Воробьев, М.И. Борисов // материалы IV Объединенного международного симпозиума проблем прикладной геохимии. – Иркутск, 1994. – С. 171–172.
11. Милашев, В.А. Факторы локализации кимберлитов / В.А. Милашев // Кимберлитовый вулканизм и перспективы коренной алмазности Сибирской платформы. – Л., 1971. – С.48–50.
12. Перельман, А.И. Геохимия / А.И. Перельман. – М., 1989. – 528 с.

V.E. Bordon, A.V. Matveyev. Geochemical Anomalies: Analysis and Geological Interpretation (on the Example of Quaternary Deposits of Belarus)

The regularities of formation of polymineral placers, increased phosphorus and rare metals concentrations, as well as of a complex anomaly of nickel, cobalt and chromium are examined. It is stated that the increased phosphorous concentrations are related to distribution of vivianite in eutrophic bogs within the contours of the phosphate-glaucinite formation of the Upper Cretaceous and Paleogene. One rare metal (beryllium) anomaly is recognized in Quaternary deposits. It is directly connected with the area of beryllium ore manifestation in the crystalline basement rocks. The peculiarities of the Molodechno and Gorodok areas where titanium and zirconium contents exceed their Clark concentration levels are analyzed. It is concluded that data on nickel, cobalt, chromium and vanadium contents may be useful for revealing deep structures interesting in the aspect of evaluation of diamond bearing potential of rocks. Our data allow to consider the anomalies in Quaternary cover as the areas perspective for correspondent types of mineral raw materials.

УДК 547.84:544.183.26

Н.М. Голуб, А.И. Боричевский

НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ КИСЛОТНОГО ГИДРОЛИЗА 1,3-ДИОКСАНОВ

В настоящей работе обсуждаются результаты расчетов энергетических параметров димерных и полимерных дикатионов кислотного гидролиза замещенных 1,3-диоксанов. Исследование строения и свойств ионов позволяет уточнить механизм реакции, в которых заряженные частицы являются интермедиатами. Целью работы является изучение энергетических характеристик димерных и полимерных ионов, что позволяет более детально рассматривать некоторые аспекты взаимодействия эквивалентных орбиталей неподеленных электронных пар «через связь» и «через пространство».

Роль молекулярного моделирования в химии циклических ацеталей достаточно велика, несмотря на явный приоритет экспериментальных исследований. Наиболее значимыми являются теоретические результаты, которые невозможно или затруднительно получить экспериментальными средствами. Традиционно к задачам моделирования относят определение строения отдельных молекул, молекулярных ассоциатов или фрагментов твердых тел, а также описание механизмов химических реакций на молекулярном уровне. Серьезное влияние квантовой теории испытывает огромная область молекулярного моделирования, основанная на феноменологическом представлении энергии молекулярных систем, т.е. молекулярная механика, поскольку зачастую параметры используемых формул проще рассчитать методами квантовой химии, нежели подбирать их по большой совокупности экспериментальных данных [1].

К проблемам, связанным с химией 1,3-диоксанов, относят особенности электронного и пространственного строения, обусловленные наличием атомов кислорода, влиянием заместителей на поведение в химических реакциях, сопровождающихся гомо- и гетеролитическим разрывом связи углерод-кислород.

Некоторые аспекты превращений ацеталей представляют интерес с точки зрения их вероятных превращений в биологических системах в составе лекарственных и биологически активных соединений природного происхождения. Моделирование данных процессов на простейших кислородсодержащих гетероциклических соединений позволит предположить возможные маршруты реакций в биологических системах, повышение селективности химических реакций, предсказание реакционной способности исследуемых соединений и новые пути синтеза фармакологических препаратов.

Теоретические исследования, направленные на разработку методов синтеза функциональных ациклических соединений заданного строения расщеплением кислородсодержащих 1,3-дигетероциклоалканов, являются актуальными, поскольку широкое внедрение в промышленное производство циклических ацеталей и процессов, основанных на их химической переработке, в определенной степени сдерживается недостаточностью знаний об их химических свойствах и механизмах их гетеролитических превращений. При изучении свойств и превращений кислородсодержащих дигетероциклических соединений большую роль имеет анализ предреакционных состояний – оксониевых или алкоксикарбониевых катионов. Квантово-химические расчеты в сочетании с данными, полученными физико-химическими методами и синтетическим путем, позволяют наиболее близко подойти к глубокому пониманию явления и установить последовательность событий, происходящих в ходе химического взаимодействия.

Целью настоящей работы является анализ результатов квантово-химических расчетов энергетических и геометрических параметров димерных и полимерных ионов

и моделирование вероятных маршрутов кислотного гидролиза замещенных 1,3-диоксанов методами квантовой химии.

Исследование осуществлялось с помощью пакета программы HyperChem. Расчеты проводили с помощью следующего квантово-химического метода: DFT(B3LYP), с использованием приближения «замороженного остова». Сканирование по геометрическому параметру и внутренней координате реакции проводили методом DFT(B3LYP), оптимизацию и решение колебательной задачи – методом DFT(B3LYP). Все структуры, рассчитанные в данной работе, являются стационарными точками. В работе использовался поляризационный базисный набор с добавлением диффузной функции *s,p*-типа: 6-31+G(d), которое необходимо для корректного описания отрицательно заряженных частиц. Состоятельность данного квантово-химического метода доказана в работе [2].

Для установления механизма взаимодействия 1,3-диоксана с нуклеофилом проводили сканирование ППЭ каждой из стадий механизма реакции, выявляли области нахождения стационарных точек на ППЭ (локальные минимумы и переходные состояния), затем оптимизировали их строение. По завершении оптимизации решали колебательную задачу. Схема реакции составлена основе следствий принципа Бела–Эванса–Поляни [3].

Исследование строения и свойств ионов позволяет уточнить механизм реакции, в которых заряженные частицы являются интермедиатами. Предполагается, что в гетеролитических реакциях ацеталей происходит образование оксониевого иона и его переход в алкоксикарбениевый [4]. В кислотно-катализируемых реакциях 1,3-диоксанов в качестве продуктов образуются диалкоксикарбениевые и дипротонированные диолы [5], что подтверждает возможность осуществления приведенных схем реакций. С этой точки зрения, было интересно установить энергетические параметры димерных и полимерных катионов замещенных диоксанов. При растворении замещенных 1,3-диоксанов в $\text{HSO}_3\text{F}-\text{SbF}_5-\text{SO}_2$ экспериментальными методами (ПМП) удалось зафиксировать димерные и полимерные катионы [6]. В результате гидролиза замещенных диоксанов в кислых средах образуются оксониевые и алкоксикарбениевые ионы, которые могут реагировать с присутствующими в системе нуклеофилами. Образование димерных и полимерных ионов можно пояснить следующей схемой (рисунок 1):

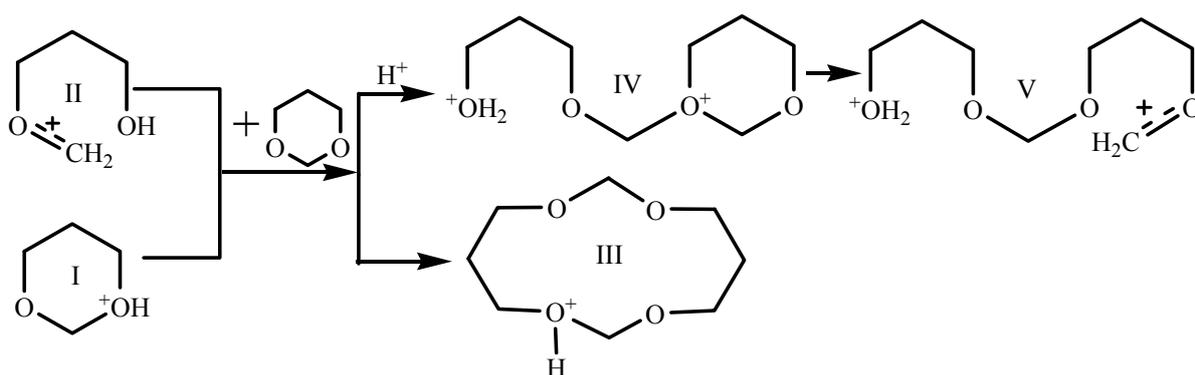
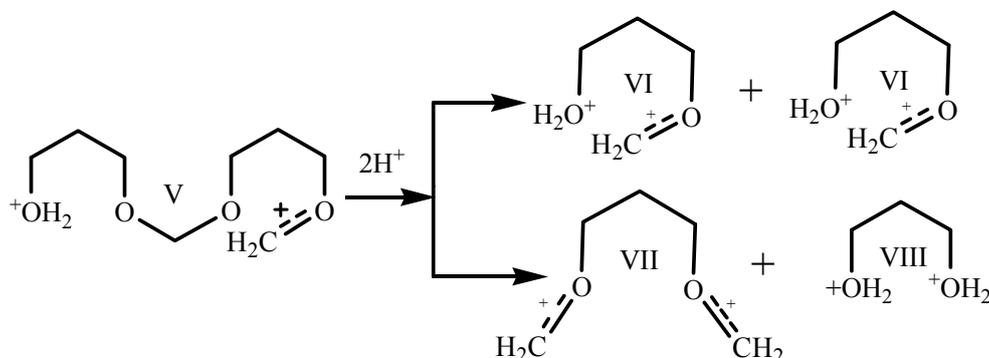


Рисунок 1 – Схема образования димерных и полимерных катионов на примере 1,3-диоксана

Нуклеофильность комплексного иона $\text{HSO}_3\text{F}-\text{SbF}_5^-$ так мала, что сольватация катиона не происходит, а нуклеофильность гидроксильной группы иона II достаточна для повторного протонирования. Образование димерных катионов III и IV происходит в результате взаимодействия оксониевого I или алкоксикарбениевого II иона с нейтральной молекулой 1,3-диоксана. Дальнейшее превращение катионов III и IV приво-

дит к дикатиону V, который расщепляется по двум возможным вариантам: первый – протонирование катиона V с образованием двух алкоксикарбениевых дикатионов VI; второй – образование дипротонированного диола VII и диалкоксикарбениевого иона VIII (рисунок 2):



**Рисунок 2 – Схема расщепления димерных и полимерных катионов
На примере 1,3-диоксана**

Наличие в кислотно-катализируемых реакциях в качестве продуктов диалкоксикарбениевых и дипротонированных диолов [5] подтверждает возможность осуществления приведенных схем реакций.

Таблица 1 – Энергетические параметры ВЗМО и НСМО, для ионов III–V

Соединения	Ионы	МО, эВ		
		ВЗМО	НСМО	ΔE
1,3-диоксан	III	-0,619	-1,280	0,661
	IV	-0,179	-0,249	0,070
	V	-1,064	-1,095	0,031
2-метил-1,3-диоксан	III	-0,089	-0,451	0,362
	IV	-0,214	-0,267	0,053
	V	-0,299	-0,448	0,149
2,2-диметил-1,3-диоксан	III	-0,037	-0,177	0,140
	IV	-0,197	-0,225	0,028
	V	-0,066	-0,162	0,096
5-метил-1,3-диоксан	III	-0,354	-0,586	0,232
	IV	-0,020	-0,057	0,037
	V	-0,441	-0,550	0,109
5,5-диметил-1,3-диоксан	III	-0,078	-0,239	0,161
	IV	-0,038	-0,070	0,032
	V	-0,219	-0,503	0,284
2,5-диметил-1,3-диоксан	III	-0,099	-0,116	0,017
	IV	-0,023	-0,107	0,084
	V	-0,276	-0,342	0,066

Изучение энергетических характеристик димерных и полимерных ионов, образующихся при гидролизе в кислых средах, позволяет более детально рассматривать некоторые аспекты взаимодействия эквивалентных орбиталей неподеленных электронных пар «через связь» и «через пространство».

Введение метильной группы как во второе, так и в пятое положение молекулы для ионов III, несколько снижает энергию ВЗМО и НСМО, причем для 2-замещенных понижение ΔE более значительно, чем для 5-замещенных диоксанов. Для иона IV введение заместителей во второе или пятое положение практически не изменяет энергию ВЗМО и НСМО. В ионе V наличие алкильного заместителя во втором и пятом положении энергетически разделяет МО, причем заместитель в пятом положении оказывает меньшее влияние на ΔE . Таким образом, можно предположить, что введение заместителя во второе положение энергетически сближает ВЗМО и НСМО, т.е. происходит стереоэлектронное взаимодействие молекулярных орбиталей с углеводородным радикалом (таблица 1), т.к. метильная группа находится в аксиальном положении, иными словами, параллельна плоскости ВЗМО, она оказывает влияние на ее энергию, что способствует гетеролизу ацетального фрагмента. Введение заместителя в пятое положение не оказывает существенного эффекта на реакционную способность ионов, т.к. происходит взаимодействие с МО «через пространство», т.е. эффект гиперконъюгации алкильных заместителей на МО не является значительным из-за большого расстояния между ними.

Таблица 2 – Энергии ионов I–V в ккал/моль

Соединения	Ионы (I–V)				
	I	II	III	IV	V
1,3-диоксан	83,6	98,5	-34,5	221,1	215,6
2-метил-1,3-диоксан	83,6	81,5	-33,5	196,4	197,6
2,2-диметил-1,3-диоксан	60,1	67,7	-51,2	181,8	208,5
5-метил-1,3-диоксан	77,4	91,8	-38,5	208,3	204,8
5,5-диметил-1,3-диоксан	74,1	91,1	-45,2	202,7	203,2
2,5-диметил-1,3-диоксан	69,0	71,7	-45,1	188,4	185,3

Энергетические параметры ионов приведены в таблице 2. Ион III характеризуется отрицательной энергией образования, т.е. можно предположить, что кислотно-катализируемый гидролиз, приводящий к осмолению реакционной смеси происходит через стадию образования циклического димерного иона III.

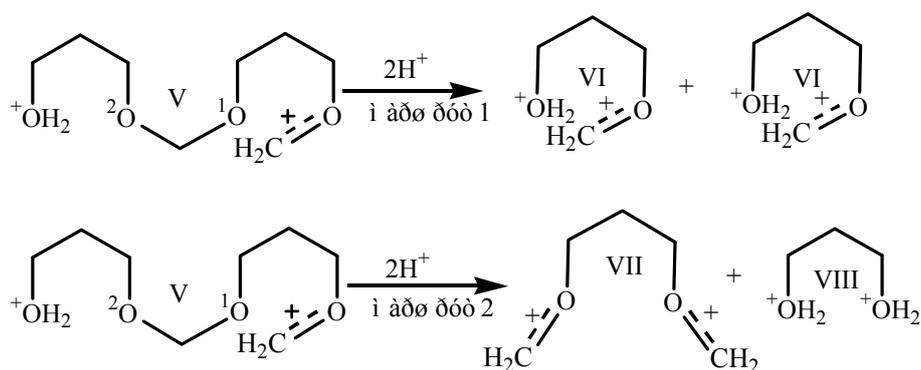


Рисунок 3 – Схема маршрутов превращений димерных катионов
На примере 1,3-диоксана

Дальнейшее преобразование полимерного катиона IV практически не происходит. Образование ионов III–VI зафиксировано экспериментальными методами, но в малых количествах [5; 6].

На основании проведенных расчетов можно предположить, что предполагаемая схема гидролиза осуществляется в незначительной степени. Расщепление иона III приводит к образованию продуктов гидролиза, которые были обнаружены в реакциях гидросилилирования 1,3-диоксациклоалканов [7].

Для выбора наиболее вероятного маршрута реакции определялась разность полных энергий реагентов и переходного состояния (таблица 3) [3].

Таблица 3 – Величина разности полных энергий исходных реагентов и интермедиатов замещенных 1,3-диоксанов

Маршрут	1,3-диоксан	2-метил-1,3-диоксан	2,2-диметил-1,3-диоксан	5-метил-1,3-диоксан	5,5-диметил-1,3-диоксан	2,5-диметил-1,3-диоксан	4-метил-1,3-диоксан	4,4-диметил-1,3-диоксан
1	48,51	133,55	78,96	133,73	148,68	183,443	80,60	93,67
2	112,14	121,66	135,95	72,88	69,55	122,668	86,40	90,01

При анализе вероятных маршрутов реакции димерный катион V подвергается депротонированию с последующим расщеплением: в первом случае на два алкоксикарбониевых дикатиона VI; во втором случае на депротонированный диол VII и диалкоксикарбониевый ион VIII. Анализ квантово-химических результатов (таблица 3) показывает, что наличие заместителя во втором положении несколько больше активизирует ацетальный фрагмент в димерном катионе, что приводит к расщеплению катиона V предпочтительней по маршруту 1. Это можно объяснить тем, что происходит большее разрыхление связи $^1\text{O}-\text{C}$, при наличии заместителя в пятом положении происходит большее разрыхление связи $^2\text{O}-\text{C}$. Превращения, осуществляемые через образование димерного катиона IV, приводят к осмолению реакционной смеси. На основании полученных расчетов методами квантовой химии и экспериментальных данных предложен возможный механизм кислотного гидролиза замещенных диоксанов через стадию взаимодействия с нейтральной молекулой.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кедров, В.А. Моделирование в теоретической химии / В.А. Кедров. – М. : Наука, 1975. – С.10–29.
2. Курамшин, А. Х., Мельницкий И. А., Кантор Е. А. // Башкирский хим. жур. 1998, Т.5. – №2. – С. 18 – 24.
3. Минкин, В.И. Квантовая химия органических соединений / В.И. Минкин, Б.Я. Симкин, Р.М. Миняев. – М. : Химия, 1997. – С. 65.
4. Боричевский, А.И. Исследование механизма первой стадии кислотного гидролиза симметрично замещенных 1,3-диоксанов квантово-химическими методами / А.И. Боричевский, Н.М. Голуб, Л.В. Матусевич // Вестник Брестского университета, серия естественных наук. – №2(40). – С. 50–56.

5. Ахматдинов, Р.Т. **Кудашева И.А., Миронов И.В., Кантор Е.А.** // материалы Второй респ. научно-технической конференции «Химия и технология ацеталей». – Уфа, 1980. – С.131.

6. Кантор, Е.А. Синтез и гетеролитические реакции 1,3-диоксациклоалканов и их аналогов. Дис. ... д-ра хим. Наук / Е.А. Кантор. – Уфа, 1981. – 344 с.

7. Кантор, Е.А. Химия гетеролитических реакций ацеталей / Е.А. Кантор // материалы второй респ. научно-технической конференции. – Уфа, 1980. – С.17.

N.M. Golub, A.I. Borichevsky. Some Aspects of Acid Hydrolysis 1,3-Dioxans

In the present work results of calculations of power parameters double and polymeric ions acid hydrolysis replaced 1,3-dioxans are discussed. Research of a structure and properties of ions allows to specify the reaction mechanism in which the charged particles are intermediate. The work purpose is studying of power characteristics double and polymeric ions that allows to consider in more details some aspects of interaction equivalent orbitals not divided electronic pairs «through communication» and «through space».

УДК 546.287

*Н.П. Ерчак, А. Ювко, В.В. Коваленко, О.О. Ломакова***СРАВНИТЕЛЬНАЯ АКТИВНОСТЬ
ГИДРООКСАЛАТОВ γ -АМИНОПРОПИЛСИЛАНОВ**

Проведено изучение рострегулирующей активности гидрооксалатов γ -аминопропилсиланов – новых кремнийорганических соединений, синтезированных на кафедре химии БрГУ имени А.С. Пушкина. Определены концентрации водных растворов гидрооксалатов, проявляющие стимулирующий эффект в отношении энергии прорастания семян редиса, всхожести, общего прироста длины зародышевых корешков и урожайности корнеплодов. Выявлены наиболее перспективные соединения и их концентрации.

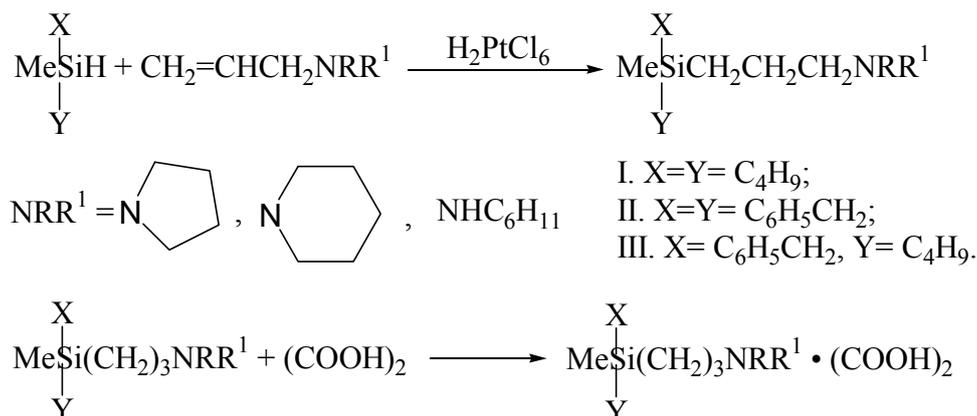
Введение

Биохимическая роль кремния общеизвестна [1; 2], в частности, кремнийорганические соединения представляют значительный интерес как регуляторы роста растений [1; 3]. На основе пятикоординированных соединений кремния, силатранов, уже созданы регуляторы роста растений [4]. Однако соединения этого класса веществ имеют существенные недостатки: они быстро гидролизуются, а мивал в своем составе содержит хлор, что представляет потенциальную угрозу для окружающей среды.

Актуальность проводимого исследования заключается в поиске экологически безопасных регуляторов роста растений нового поколения, поскольку использование регуляторов роста является в настоящее время одним из средств интенсификации сельскохозяйственного производства.

Методика эксперимента

Гидрооксалаты γ -аминопропилсиланов получены в результате взаимодействия эквимольных количеств γ -аминопропилсиланов со щавелевой кислотой в органическом растворителе при комнатной температуре. Исходные аminosилильные производные синтезированы по реакции гидросилилирования соответствующих ненасыщенных аминов без растворителя в присутствии каталитических количеств 0,1 М раствора гексахлороплатината (IV) водорода в тетрагидрофуране.



Хромато-масс-спектрометрическое исследование синтезированных соединений выполнено на приборе Shimadzu GC-17A с квадрупольным детектором QP 5050A. Спектры ЯМР зарегистрированы при 25°C (400 МГц) на спектрометре Varian MERCURY-plus. Внутренний стандарт ТМС.

Ранее [5–10] нами описаны синтезированные соединения, поэтому в настоящей работе приведем лишь типовые методики их получения.

Типовые методики гидросилилирования аллиламинов

К 5,65 г метилбис(фенилметил)силана прибавляли 2,78 г аллилпирролидина и 2 капли 0,1 М раствора $\text{H}_2\text{PtCl}_6 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ в ТГФ. Реакционную массу нагревали до 170°C и выдерживали при такой температуре 3 ч. Фракционной перегонкой выделили 6,74 г (80%) метилбис(фенилметил)- γ -пирролидинопропилсилана.

К 5,65 г метилбис(фенилметил)силана прибавляли 3,48 г аллилциклогексил-амин и каталитическое количество 0,1 М раствора $\text{H}_2\text{PtCl}_6 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ в ТГФ. Реакционную смесь запаивали в стеклянную ампулу и нагревали по схеме: 120°C (2 ч), 140°C (2 ч), 160°C (2 ч), 180°C (40 ч). Фракционной перегонкой выделили 7,12 г (78%) метилбис(фенилметил)- γ -(N-циклогексиламино).

Типовая методика получения гидрооксалатов

К раствору 0,85 г щавелевой кислоты в 10 мл ТГФ при интенсивном перемешивании прикапывали 3,18 г метилбис(фенилметил)- γ -пирролидино-пропилсилана в 10 мл диэтилового эфира. Реакция экзотермична. После двух часов стояния реакционной массы при комнатной температуре выпавший осадок отфильтровывали, промывали ТГФ, диэтиловым эфиром, сушили в вакууме водоструйного, а затем масляного насосов. Выделили 3,63 г (90%) гидрооксалата метилбис(фенилметил)- γ -пирролидинопропилсилана.

Изучение рострегулирующей активности

Исследования рострегулирующей активности проводились на культуре редиса (сорт «Белый с розовым кончиком»). Было изучено влияние различных концентраций (0,001; 0,0001; 0,00001 и 0,000001 моль/л) гидрооксалатов γ -аминопропилсиланов. Опыты проводились в четырехкратной повторности по 100 штук семян в каждой. Условием воздействия являлось замачивание семян в растворах изучаемых веществ. Время экспозиции – 1 час. В качестве контроля использовались растения, полученные из семян, которые замачивались в дистиллированной воде без исследуемых веществ. Проращивание осуществлялось в растильнях между слоями фильтровальной бумаги при постоянной температуре воздуха в темноте (в термостате).

Биологическая активность оценивалась по следующим морфобиологическим критериям роста и развития растений: энергия прорастания семян – способность семян быстро и одновременно прорасти (определяется как процент нормально проросших семян за определенное время); лабораторная всхожесть – способность семян образовывать нормально развитые проростки (определяется как отношение нормально проросших семян к общему числу семян взятых для проращивания); общий прирост длины зародышевых корешков прорастающих семян [11; 12].

Влияние растворов исследуемых веществ на эти показатели изучалось путем фенологических наблюдений и биометрических измерений. Статистическая обработка велась по Рокицкому [13]. Определялись средние значения результатов определения энергии прорастания, всхожести семян и длины зародышевых корешков, стандартное отклонение, ошибка среднего арифметического. Точность отличий между данными контроля и опыта определялась на основе критерия Стьюдента.

Мелкоделяночные полевые опыты на культуре редиса закладывались в условиях защищенного грунта – под пленкой (спанбонд), в четырехкратной повторности по 50 семян редиса в каждой повторности, с использованием рендомизированного (случайного) метода распределения вариантов [14]. Биологическая активность оценивалась по следующим морфобиологическим критериям роста и развития растений: всхожесть семян, энергия прорастания, масса корнеплодов.

Результаты и их обсуждение**1. Рострегулирующая активность гидрооксалатов метилбис(фенилметил)- γ -аминопропилсиланов**

Как показывают данные, приведенные в таблице 1, растворы гидрооксалата метилбис(фенилметил)- γ -пиперидинопропилсилана не оказали на энергию прорастания значительного влияния по сравнению с контролем. Положительно воздействовал на прорастание семян редиса только наименее концентрированный раствор (0,000001 М), энергия прорастания в этом варианте достоверно увеличивалась по сравнению с контролем на 7 %. Энергия прорастания семян редиса, обработанных растворами гидрооксалата метилбис(фенилметил)- γ -(N-циклогексил)аминопропилсилана статистически достоверно увеличилась по сравнению с контролем. Раствор с концентрацией 0,0001 М не оказал стимулирующего действия на энергию прорастания, показатель имеет значение, одинаковое с контролем. Проведенные исследования показали неоднозначное влияние растворов гидрооксалата метилбис(фенилметил)- γ -пирролидинопропилсилана на энергию прорастания, в концентрациях 0,001 М и 0,00001 М повышали, а в концентрациях 0,0001 М и 0,000001 М статистически достоверно понижали этот показатель.

Таблица 1 – Влияние растворов изучаемых соединений на показатель энергии прорастания семян редиса

Вариант эксперимента	Энергия прорастания, %	
	Показатель	Отклонение от контроля
Гидрооксалат метилбис(фенилметил)- γ -пиперидинопропилсилана		
Контроль	93	–
0,0001 М	94	+1
0,00001 М	93	–
0,000001 М	100	+7
Гидрооксалат метилбис(фенилметил)- γ -(N-циклогексил)аминопропилсилана		
Контроль	92	–
0,001 М	98	+6
0,0001 М	92	–
0,00001 М	99	+7
0,000001 М	97	+5
Гидрооксалат метилбис(фенилметил)- γ -пирролидинопропилсилана		
Контроль	99	–
0,001 М	100	+1
0,0001 М	95	–4
0,00001 М	100	+1
0,000001 М	95	–4

В результате исследований по изучению влияния растворов исследуемых соединений на всхожесть семян редиса были получены данные, которые отражены в таблице 2.

Данные таблицы 2 свидетельствуют о том, что влияние растворов гидрооксалата метилбис(фенилметил)- γ -пиперидинопропилсилана на семена редиса проявлялось в статистически достоверном повышении их всхожести. При этом стимулирующий эффект увеличивался с уменьшением концентрации растворов. Растворы всех опытных

концентрацій гідроксалата метилбис(фенилметил)- γ -(N-циклогексил)аминопропилсилана положительно впливали на всхожість насіння редиса. Значительного впливу розчини гідроксалата метилбис(фенилметил)- γ -пирролидинопропилсилана на всхожість насіння редиса не оказували. Тільки найбільш концентровано розчин 0,001 М понижав цей показник на 6% порівняно з контролем.

Таблиця 2 – Вплив розчинів досліджуваних сполук на показник всхожості насіння редиса

Варіант експерименту	Всхожість, %	
	Показник	Відхилення від контролю
Гідроксалат метилбис(фенилметил)- γ -пиперидинопропилсилана		
Контроль	95	–
0,0001 М	95	–
0,00001 М	98	+3
0,000001 М	100	+5
Гідроксалат метилбис(фенилметил)- γ -(N-циклогексил)аминопропилсилана		
Контроль	94	–
0,001 М	100	+6
0,0001 М	100	+6
0,00001 М	97	+3
0,000001 М	99	+5
Гідроксалат метилбис(фенилметил)- γ -пирролидинопропилсилана		
Контроль	98	–
0,001 М	92	–6
0,0001 М	97	–1
0,00001 М	97	–1
0,000001 М	98	–

Аналіз отриманих даних про вплив розчинів гідроксалата метилбис(фенилметил)- γ -пиперидинопропилсилана на довжину зародкових корешків насіння редиса, представлених в таблиці 3, показує, що найменш концентровано розчин оказував статистично достовірне інгібуюче вплив. Показники інших концентрацій суттєво не відрізнялися від контролю.

Таблиця 3 – Довжина зародкових корешків насіння редиса, оброблених розчинами гідроксалата метилбис(фенилметил)- γ -пиперидинопропилсилана

Час, годин	Довжина $x \pm m$, мм			
	Контроль	0,0001 М	0,00001 М	0,000001 М
144	84,28 \pm 3,82	84,67 \pm 4,07	88,67 \pm 4,04	72,58** \pm 3,84
** при рівні значимості $p < 0,05$				

Обробка насіння розчинами гідроксалата метилбис(фенилметил)- γ -(N-циклогексил)аминопропилсилана призводила до достовірному зниженню приросту ко-

решков редиса. При этом ингибирующий эффект возрастал по мере увеличения концентрации растворов гидрооксалата (таблица 4).

Таблица 4 – Длина зародышевых корешков семян редиса, обработанных растворами гидрооксалата метилбис(фенилметил)- γ -(N-циклогексил)аминопропилсилана

Время, часов	Длина $x \pm m$, мм				
	Контроль	0,001 М	0,0001 М	0,00001 М	0,000001 М
144	87,98 \pm 5,26	60,06* \pm 2,68	69,06* \pm 3,27	72,14** \pm 3,08	78,32 \pm 3,18
* при уровне значимости $p < 0,01$ ** при уровне значимости $p < 0,05$					

Как видно из таблицы 5, растворы гидрооксалата метилбис(фенилметил)- γ -пирролидинопропилсилана во всех вариантах эксперимента вызывают статистически достоверное понижение роста зародышевых корешков по сравнению с контролем. Наибольшее ингибирующее влияние оказал самый концентрированный раствор, прирост длины корешков в этом варианте эксперимента оказался ниже контроля более чем в два раза.

Таблица 5 – Длина зародышевых корешков семян редиса, обработанных растворами гидрооксалата метилбис(фенилметил)- γ -пирролидинопропилсилана

Время, часов	Длина $x \pm m$, мм				
	Контроль	0,001 М	0,0001 М	0,00001 М	0,000001 М
144	96,61 \pm 3,90	43,77* \pm 2,63	54,18* \pm 3,34	75,47* \pm 4,23	77,46* \pm 4,45
* при уровне значимости $p < 0,01$					

Гидрооксалат метилбис(фенилметил)- γ -пиперидинопропилсилана, проявивший в лабораторных условиях наибольший стимулирующий эффект, был изучен нами на предмет рострегулирующей активности в полевых условиях.

В ходе проведенного эксперимента было выявлено достоверное повышение показателя энергии прорастания семян редиса, обработанных 0,00001 и 0,0001 М растворами исследуемого гидрооксалата. Как видно из данных таблицы, обработка семян редиса 0,00001 и 0,0001 М растворами гидрооксалата метилбис(фенилметил)- γ -пиперидинопропилсилана повышала энергию прорастания семян на 7% и 13% соответственно по сравнению с контролем. Как показывают данные таблицы 6, с уменьшением концентрации растворов гидрооксалата метилбис(фенилметил)- γ -пиперидинопропилсилана, его стимулирующий эффект в отношении энергии прорастания семян редиса уменьшается.

Таблица 6 – Влияние растворов гидрооксалата метилбис(фенилметил)- γ -пиперидинопропилсилана на энергию прорастания семян редиса в полевых условиях

Вариант эксперимента	Энергия прорастания, %	
Контроль	80	–
0,0001 М	93	+13
0,00001 М	87	+7
0,000001 М	81	+1

Данные по влиянию растворов гидрооксалата метилбис(фенилметил)- γ -пиперидинопропилсилана на всхожесть семян редиса в полевых условиях представлены в таблице 7.

Данные таблицы 7 демонстрируют повышение всхожести семян редиса, обработанных 0,0001 М и 0,00001 М растворами изучаемого соединения по сравнению с контролем на 7% и 4% соответственно по сравнению с контролем.

Таблица 7 – Влияние растворов гидрооксалата метилбис(фенилметил)- γ -пиперидинопропилсилана на всхожесть семян редиса в полевых условиях

Вариант эксперимента	Всхожесть, %	
Контроль	86	–
0,0001 М	93	+7
0,00001 М	90	+4
0,00001 М	84	–2

При исследовании влияния растворов гидрооксалата метилбис(фенилметил)- γ -пиперидинопропилсилана на урожайность редиса были получены данные, отраженные в таблице 8.

Как видно из приведенных в таблице 8 данных, растворы гидрооксалата метилбис(фенилметил)- γ -пиперидинопропилсилана во всех опытных концентрациях повышают урожайность корнеплодов редиса по сравнению с контролем.

Таблица 8 – Влияние растворов гидрооксалата метилбис(фенилметил)- γ -пиперидинопропилсилана на массу корнеплодов редиса

Масса корнеплода, г			
Контроль	0,0001 М	0,00001 М	0,000001 М
2,73 ± 0,15	3,74** ± 0,21	3,19 ± 0,20	3,06 ± 0,17
** достоверно при уровне значимости $p < 0,05$			

2. Рострегулирующая активность гидрооксалатов метилдибутил- γ -аминопропилсиланов

Данные о влиянии растворов гидрооксалатов метилдибутил- γ -аминопропилсиланов на энергию прорастания представлены в таблице 9.

Как видно из представленных в таблице 9 данных, наибольшим стимулирующим эффектом обладают гидрооксалат метилдибутил- γ -пирролидинопропилсилана и гидрооксалат метилдибутил- γ -(N-циклогексил)аминопропилсилана. Гидрооксалат метилдибутил- γ -пирролидинопропилсилана во всех опытных концентрациях, кроме максимальной (0,001 М), обладает довольно выраженным стимулирующим эффектом в отношении энергии прорастания семян редиса и повышает данный показатель на 12–18% по сравнению с контролем. В своей максимальной опытной концентрации (0,001 М) указанное соединение проявляет явный ингибирующий эффект и значительно понижает показатель энергии прорастания по сравнению с контролем. Гидрооксалат метилдибутил- γ -(N-циклогексил)аминопропилсилана в концентрациях 0,0001 М и 0,000001 М также повышает энергию прорастания на 14% и 15% соответственно по сравнению с контролем.

Таблица 9 – Влияние растворов гидрооксалатов метилдибутил-γ-аминопропилсиланов на показатель энергии прорастания семян редиса

Вариант эксперимента	Энергия прорастания, %	
	Показатель	Отклонение от контроля
Гидрооксалат метилдибутил-γ-пирролидинопропилсилана		
Контроль	81	–
0,001 М	55	–26
0,0001 М	99	+18
0,00001 М	93	+12
0,000001 М	97	+16
Гидрооксалат метилдибутил-γ-пиперидинопропилсилана		
Контроль	90	–
0,0001 М	92	+2
0,00001 М	86	–4
0,000001 М	85	–5
Гидрооксалат метилдибутил-γ-(N-циклогексил)аминопропилсилана		
Контроль	80	–
0,0001 М	94	+14
0,00001 М	75	–5
0,000001 М	95	+15

Анализируя данные о влиянии вышеназванных соединений на всхожесть, которые представлены в таблице 10, можно отметить, что растворы гидрооксалата метилдибутил-γ-пирролидинопропилсилана оказывают неодинаковое влияние на всхожесть семян редиса. В своей максимальной опытной концентрации указанное соединение обладает явным ингибирующим эффектом, в то время как 0,0001 М и 0,000001 М растворы повышают всхожесть на 5% и 3% соответственно по сравнению с контролем. Ингибирующий эффект в отношении всхожести семян редиса во всех опытных концентрациях проявляет и гидрооксалат метилдибутил-γ-пиперидинопропилсилана. Гидрооксалат метилдибутил-γ-(N-циклогексил)аминопропилсилана в своей минимальной концентрации повышает всхожесть семян на 5% по сравнению с контролем, а в концентрации 0,00001 М – понижает данный показатель на 14%.

Таблица 10 – Влияние растворов гидрооксалатов метилдибутил-γ-аминопропилсиланов на показатель всхожести семян редиса

Вариант эксперимента	Всхожесть, %	
	Показатель	Отклонение от контроля
1	2	3
Гидрооксалат метилдибутил-γ-пирролидинопропилсилана		
Контроль	92	–
0,001 М	56	–36
0,0001 М	97	+5

Продолжение таблицы 10

1	2	3
0,00001 М	90	-2
0,000001 М	95	+3
Гидрооксалат метилдибутил-γ-пиперидинопропилсилана		
Контроль	95,5	-
0,0001 М	87	-8,5
0,00001 М	84	-11,5
0,000001 М	82	-13,5
Гидрооксалат метилдибутил-γ-(N-циклогексил)аминопропилсилана		
Контроль	94	-
0,0001 М	94	-
0,00001 М	80	-14
0,000001 М	99	+5

Гидрооксалат метилдибутил-γ-пирролидинопропилсилана в своей максимальной опытной концентрации проявляет явный ингибирующий эффект, а в минимальной – стимулирующий эффект в отношении прироста длины зародышевых корешков (таблица 11).

Таблица 11 – Длина зародышевых корешков семян редиса, обработанных растворами гидрооксалата метилдибутил-γ-пирролидинопропилсилана

Время, часов	Длина корешков $x \pm m$, мм				
	Контроль	0,001 М	0,0001 М	0,00001 М	0,000001 М
144	62,04 ± 2,10	16,33* ± 2,40	56,75 ± 1,56	64,42 ± 2,00	72,93* ± 1,85
* при уровне значимости $p < 0,01$					

Данные таблицы 12 показывают незначительное влияние растворов гидрооксалата метилдибутил-γ-пиперидинопропилсилана на всхожесть семян редиса.

Таблица 12 – Длина зародышевых корешков семян редиса, обработанных растворами гидрооксалата метилдибутил-γ-пиперидинопропилсилана

Время, часов	Длина корешков $x \pm m$, мм			
	Контроль	0,0001 М	0,00001 М	0,000001 М
144	88,70 ± 2,30	68,91* ± 2,93	87,99 ± 3,97	86,40 ± 3,92
* при уровне значимости $p < 0,01$				

Из приведенных в таблице 13 данных можно сделать заключение, что гидрооксалат метилдибутил-γ-(N-циклогексил)-аминопропилсилана в своей минимальной опытной концентрации оказывает стимулирующий эффект в отношении прироста длины зародышевых корешков прорастающих семян.

Таблица 13 – Длина зародышевых корешков семян редиса, обработанных растворами гидрооксалата метилдибутил- γ -(N-циклогексил)-аминопропилсилана

Время, часов	Длина корешков $x \pm m$, мм			
	Контроль	0,0001 М	0,00001 М	0,000001 М
144	67,82 \pm 3,74	72,13 \pm 2,49	67,47 \pm 3,88	85,68* \pm 4,02
* при уровне значимости $p < 0,01$				

3. Рострегулирующая активность гидрооксалатов бутилметил(фенилметил)- γ -аминопропилсиланов

Данные таблицы 14 свидетельствуют о неоднозначном влиянии гидрооксалатов бутилметил(фенилметил)- γ -аминопропилсиланов на энергию прорастания. Так, 0,00001 М и 0,000001 М растворы гидрооксалата бутилметил(фенилметил)- γ -пиперидинопропилсилана повышают данный показатель на 16% и 17% соответственно по сравнению с контролем. Все опытные растворы гидрооксалата бутилметил(фенилметил)- γ -пирролидинопропилсилана незначительно понижают изучаемый критерий роста и развития растений по сравнению с контролем. Гидрооксалат бутилметил(фенилметил)- γ -(N-циклогексил)аминопропилсилана в максимальной опытной концентрации понижает энергию прорастания, а в остальных – повышает данный показатель.

Таблица 14 – Влияние растворов гидрооксалатов бутилметил(фенилметил)- γ -аминопропилсиланов на показатель энергии прорастания семян редиса

Вариант эксперимента	Энергия прорастания, %	
	Показатель	Отклонение от контроля
Гидрооксалат бутилметил(фенилметил)- γ -(N-циклогексил)аминопропилсилана		
Контроль	95	–
0,0001 М	87	–8
0,00001 М	98	+3
0,000001 М	97	+2
Гидрооксалат бутилметил(фенилметил)- γ -пирролидинопропилсилана		
Контроль	90	–
0,0001 М	85	–5
0,00001 М	87	–3
0,000001 М	87	–3
Гидрооксалат бутилметил(фенилметил)- γ -пиперидинопропилсилана		
Контроль	80	–
0,0001 М	80	–
0,00001 М	96	+16
0,000001 М	97	+17

Данные о влиянии гидрооксалатов бутилметил(фенилметил)- γ -аминопропилсиланов на показатель всхожести семян редиса, представленные в таблице 15, в целом согласуются с данными о влиянии изучаемых соединений на энергию

прорастания. Все опытные растворы гидрооксалата бутилметил(фенилметил)- γ -пиперидинопропилсилана повышают, а все опытные растворы гидрооксалата бутилметил(фенилметил)- γ -пирролидинопропилсилана понижают показатель всхожести семян редиса по сравнению с контролем. Гидрооксалат бутилметил(фенилметил)- γ -(N-циклогексил)аминопропилсилана в максимальной опытной концентрации понижает всхожесть, а в остальных – повышает данный показатель.

Таблица 15 – Влияние растворов гидрооксалатов бутилметил(фенилметил)- γ -аминопропилсиланов на показатель всхожести семян редиса

Вариант эксперимента	Всхожесть, %	
	Показатель	Отклонение от контроля
Гидрооксалат бутилметил(фенилметил)- γ -(N-циклогексил)аминопропилсилана		
Контроль	97	–
0,0001 М	90	–7
0,00001 М	100	+3
0,000001 М	100	+3
Гидрооксалат бутилметил(фенилметил)- γ -пирролидинопропилсилана		
Контроль	95	–
0,0001 М	87	–8
0,00001 М	90	–5
0,000001 М	92	–3
Гидрооксалат бутилметил(фенилметил)- γ -пиперидинопропилсилана		
Контроль	82	–
0,0001 М	94	+8
0,00001 М	98	+12
0,000001 М	96	+10

Приведенные в таблице 16 данные показывают незначительное влияние растворов гидрооксалата бутилметил(фенилметил)- γ -(N-циклогексил)аминопропилсилана на прирост длины зародышевых корешков. Только 0,0001 М раствор исследуемого соединения достоверно понижает данный показатель по сравнению с контролем.

Таблица 16 – Длина зародышевых корешков семян редиса, обработанных растворами гидрооксалата бутилметил(фенилметил)- γ -(N-циклогексил)аминопропилсилана

Время, часов	Длина корешков $x \pm m$, мм			
	Контроль	0,0001 М	0,00001 М	0,000001 М
144	59,78 \pm 2,99	48,44** \pm 2,99	64,82 \pm 2,43	62,88 \pm 2,89
** при уровне значимости $p < 0,05$				

На основании данных, приведенных в таблице 17, можно говорить о незначительном влиянии растворов гидрооксалата бутилметил(фенилметил)- γ -пирролидинопропилсилана на прирост длины зародышевых корешков.

Таблица 17 – Длина зародышевых корешков семян редиса, обработанных растворами гидрооксалата бутилметил(фенилметил)- γ -пирролидинопропилсилана

Время, часов	Длина корешков $x \pm m$, мм			
	Контроль	0,0001 М	0,00001 М	0,000001 М
144	37,73 \pm 1,91	36,74 \pm 1,73	37,99 \pm 1,82	41,84 \pm 2,31

Как видно из приведенных в таблице 18 данных, значительным стимулирующим эффектом обладает 0,00001 М раствор гидрооксалата бутилметил(фенилметил)- γ -пиперидинопропилсилана.

Таблица 18 – Длина зародышевых корешков семян редиса, обработанных растворами гидрооксалата бутилметил(фенилметил)- γ -пиперидинопропилсилана

Время, часов	Длина корешков $x \pm m$, мм			
	Контроль	0,0001 М	0,00001 М	0,000001 М
144	56,05 \pm 3,71	50,04 \pm 3,32	69,73* \pm 3,70	61,98 \pm 3,54
* при уровне значимости $p < 0,01$				

Заключение

Сравнительный анализ активности гидрооксалатов γ -аминопропилсиланов показал, что одно и то же соединение проявляет себя по-разному в отношении различных показателей роста и развития растений. Так, опытные растворы гидрооксалата метилбис(фенилметил)- γ -(N-циклогексил)аминопропилсилана повышают энергию прорастания и всхожесть семян редиса по сравнению с контролем, но вызывают ингибирующий эффект в отношении прироста длины зародышевых корешков.

Исследование показало, что активность одного соединения в лабораторном и полевом эксперименте может несколько отличаться. Так, гидрооксалат метилбис(фенилметил)- γ -пиперидинопропилсилана в концентрации 0,0001 М оказывает незначительное влияние на энергию прорастания, всхожесть и общий прирост длины зародышевых корешков прорастающих семян редиса в лабораторных условиях (значения соответствующих показателей в опыте и контроле практически одинаковы). Однако в полевых условиях у семян, обработанных данным раствором гидрооксалата, повышается энергия прорастания и всхожесть на 13% и 7% соответственно по сравнению с контролем. Кроме того, в данной концентрации изучаемое соединение достоверно повышает урожайность корнеплодов редиса по сравнению с контролем.

В связи с вышесказанным можно отметить, что перспективным направлением дальнейших исследований гидрооксалатов γ -аминопропилсиланов могло бы стать выявление механизма их действия на растительные объекты.

Проведенное исследование позволило выявить наиболее перспективные соединения и их концентрации, оказывающие стимулирующий эффект в отношении различных критериев роста и развития растений. Гидрооксалат метилдибутил- γ -(N-циклогексил)аминопропилсилана в концентрации 0,000001 М повышает энергию про-

растания и всхожесть семян редиса на 15% и 5% соответственно по сравнению с контролем и достоверно повышает прирост длины зародышевых корешков. Гидрооксалат бутилметил(фенилметил)- γ -пиперидинопропилсилана в концентрациях 0,00001 М и 0,000001 М повышает энергию прорастания семян редиса на 16% и 17% соответственно по сравнению с контролем, а всхожесть – на 12% и 10% соответственно. Растворы указанного соединения также стимулируют прирост длины зародышевых корешков. Гидрооксалат метилбис(фенилметил)- γ -пиперидинопропилсилана в концентрации 0,0001 М повышает энергию прорастания и всхожесть редиса в полевых условиях на 13% и 7% соответственно по сравнению с контролем и способствует повышению урожайности корнеплодов редиса.

Работа выполнена при поддержке Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований (договор № Х08М–198).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Воронков, М.Г. Кремний и жизнь. Биохимия, фармакология и токсикология соединений кремния / М.Г. Воронков, Г.И. Зелчан, Э.Я. Лукевиц. – Рига : Зинатне, 1978. – 587 с.
2. Silicon Biochemistry : Ciba Foundation Symposium 121. – Chichester – New York – Sydney – Toronto – Singapore : A-Wiley-Interscience Publication, 1986. – 269 p.
3. Стимулятор роста растений : пат. 7079 Респ. Беларусь, С 1 А 01 N 55/10 / Н.П. Ерчак [и др.] ; заявл. 23.07.01 ; опубл. 30.03.03 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2005. – № 2. – С. 114–115.
4. Воронков, М.Г. Новый биостимулятор – мивал в сельском хозяйстве / М.Г. Воронков, И.Г. Кузнецов, В.М. Дьяков. – М. : Наука, 1982. – 167 с.
5. Ламакова, В.А. Біялагічная актыўнасць крэмініяарганічных злучэнняў 2*Гідрааксалаты метылдыбутыл- γ -амінапрапілсіланаў / В.А. Ламакова [и др.] // Веснік Брэсцкага універсітэта. Сер. прыродазнаўчых навук. – 2006. – № 3. – С. 81–90.
6. Ламакова, В.А. Біялагічная актыўнасць крэмініяарганічных злучэнняў 4. Гідрааксалаты метылбутылбензіл- γ -амінапрапілсіланаў / В.А. Ламакова [и др.] // Веснік Брэсцкага універсітэта. Сер. прыродазнаўчых навук. – 2007. – № 1. – С. 100–107.
7. Ерчак, Н.П. Гидрооксалат метилбис(фенилметил)- γ -пиперидинопропил-силана / Н.П. Ерчак [и др.] // Журнал общей химии. – 2008. – Т. 78. – Вып. 9. – С. 1580–1581.
8. Erchak, N. Dibenzyl(methyl)[γ -(1-piperidyl)propyl]silane Hydrooxalate / N. Erchak [et al.] // Zhurnal Obshchei Khimii. – 2008. – Vol. 78. – № 9. – P. 1819–1820.
9. Коваленко, В.В. Гидрооксалаты метилбис(фенилметил)- γ -пирролидинопропилсилана и метилбис(фенилметил)- γ -пиперидинопропилсилана / В.В. Коваленко, А. Ювко, Э. Лиепиньш // Латвийский химический журнал. – 2008. – № 4. – С. 398–399.
10. Коваленко, В.В. Рострегулирующая активность гидрооксалатов метилбис(фенилметил)- γ -аминопропилсиланов / В.В. Коваленко, О.О. Ломакова, Н.П. Ерчак // Вестник Фонда фундаментальных исследований. – 2010. – № 1. – С. 52–59.
11. Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения всхожести : ГОСТ 12038–84. – Введ. 01.07.86. – М. : Министерство сельского хозяйства СССР : Изд-во стандартов, 1985. – 57 с.
12. Семена сельскохозяйственных культур. Определение посевных качеств семян. Термины и определения : ГОСТ 20290–74. – Введ. 01.07.75. – М. : Всесоюзный институт растениеводства : Изд-во стандартов, 1975. – 23 с.
13. Рокицкий, П.Ф. Биологическая статистика / П.Ф. Рокицкий. – Минск : Вышэйшая школа, 1973. – 316 с.

14. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б.А. Доспехов. – 5-е изд. – М. : Агропромиздат, 1985. – 351 с.

N.P. Erchak, A. Jówko, V.V. Kavalenka, V.A. Lamakova. Comparative Activity of Hydrooxalates of γ -Aminopropylsilanes

The growth regulating activity of hydrooxalates of γ -aminopropylsilanes which are new organosilicon compounds synthesized at the department of chemistry of Brest State University named after A. Pushkin was studied. There were defined the concentrations of their aqueous solutions which stimulate as well as inhibit germination energy of radish seeds, their germination capacity, general length growth of the embryonic roots of the germinating seeds and their productivity. The most worthwhile compounds and their concentrations were found.

УДК 542.61

Е.М. Рахманько, В.А. Ковалевич, А.Л. Гулевич

РАСЧЕТ РАВНОВЕСИЙ В АНИОНООБМЕННЫХ ЭКСТРАКЦИОННЫХ СИСТЕМАХ

Рассмотрены анионообменные экстракционные системы на основе растворов высших четвертичных аммониевых солей в присутствии сольватирующих добавок – производных трифторацетофенона различного строения. Исследована анионообменная экстракция ClO_4^- , SCN^- , Br^- и NO_3^- – анионов толуольными растворами пикрата тринилоктадециламмония в присутствии сольватирующих добавок. Разработана математическая модель экстракционной системы и на основании экспериментальных данных рассчитаны средние сольватные числа и константы сольватации ClO_4^- , SCN^- , Br^- и NO_3^- – ионов производными трифторацетофенона различного строения.

Введение

В настоящее время наиболее эффективным путем усиления экстракции анионов высшими четвертичными аммониевыми солями (ЧАС) является модифицирование фазы жидкого анионообменника сольватирующими добавками – производными трифторацетофенона [1]. Наиболее известной сольватирующей добавкой является гексиловый эфир п-трифторацетилбензойной кислоты [2; 3]. Введение этого вещества в органическую фазу позволяет резко усилить анионообменную экстракцию двухзарядных карбонат- и оксалат-анионов [3–5], а также практически всех органических анионов, содержащих –COOH-группу [1]. Величина эффекта прямо пропорциональна содержанию ГЭ в экстрагенте и составляет 3-4 порядка при 0,01 М его содержании. В работах [1; 6] описаны еще более эффективные сольватирующие добавки, представляющие собой нитро- и галоидпроизводные трифторацетофенона.

Основная сложность при исследовании таких экстракционных систем заключается в правильной интерпретации полученных экспериментальных данных, а именно в расчете стехиометрии образующихся сольватов, а также констант анионообменной экстракции и констант сольватации.

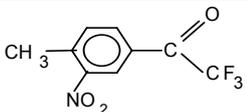
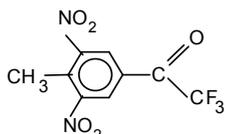
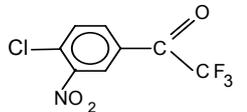
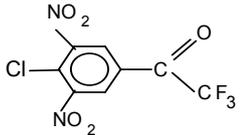
В данной работе предложена математическая модель анионообменной экстракционной системы и алгоритм расчета констант анионообменной экстракции и констант сольватации, реализованный посредством программы Mathematica 5.0.

Экспериментальная часть

В качестве анионообменника были использованы толуольные растворы пикратной соли тринилоктадециламмония $(\text{C}_9\text{H}_{19})_3\text{C}_{18}\text{H}_{37}\text{N}^+\text{Kp}^-$ (ТНОДА). Исходная иодидная соль ТНОДА содержала более 99,7% масс. основного вещества и переводилась в пикратную форму экстракционным методом [1]. Водная фаза экстракционных систем представляла собой растворы перхлората, роданида, бромида и нитрата натрия. В качестве сольватирующих добавок были использованы производные трифторацетофенона, приведенные в таблице 1.

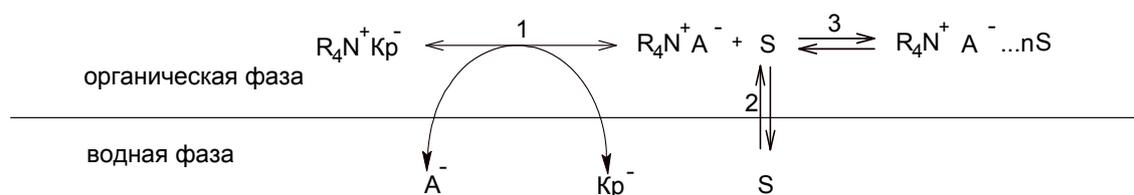
Экстракцию проводили в пробирках с пришлифованными пробками при соотношении объемов фаз 1:1 и температуре $293 \pm 1\text{K}$. После экстракции водную фазу отделяли, фильтровали и определяли содержание пикрат-анионов в водной фазе на спектрофотометре СФ-26 [7].

Таблица 1 – Используемые в работе сольватирующие добавки

Сольватирующая добавка	Обозначение	Константа распределения в системе толуол-вода P_S
	S13	102 ± 21
	S14	$2,6 \pm 0,3$
	S17	$11,1 \pm 0,9$
	S18	$2,5 \pm 0,4$

Математическая модель экстракционной системы

Совокупность равновесий в такого рода экстракционных системах может быть представлена следующей схемой (рисунок 1):

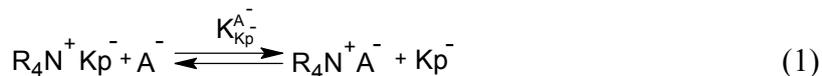


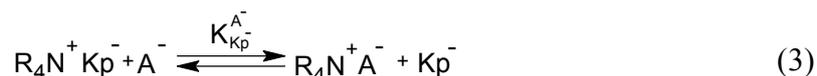
$R_4N^+Kp^-$ – экстрагент в форме красителя; A^- – экстрагируемый анион;

S – сольватирующая добавка; n – среднее сольватное число

Рисунок 1 – Схема анионообменной экстракционной системы

Как видно из рисунка 1, в этой системе можно выделить 3 основных равновесия: равновесие анионообменной экстракции (1), равновесие распределения сольватирующей добавки между водной и органической фазами (2) и равновесие образования в органической фазе сольвата (3):





Ранее было экспериментально доказано [8], что ЧАС в форме красителя практически не сольватируется молекулами S. Кроме того, в представленной схеме не учтена диссоциация ЧАС в органической фазе вследствие очень низких значений констант диссоциации (примерно на уровне 10^{-24} [9]).

Вышеприведенные равновесия (1–3) описываются константой обмена $K_{Kp^-}^{A^-}$, константой распределения P_S и константой сольватации K_S :

$$K_{Kp^-}^{A^-} = \frac{[R_4N^+ A^-][Kp^-]}{[R_4N^+ Kp^-][A^-]} \quad (4)$$

$$P_S = \frac{[S]_{org}}{[S]_{aq}} \quad (5)$$

$$K_S = \frac{[R_4N^+ A^- \cdots nS]}{[R_4N^+ A^-][S]_{org}^n} \quad (6)$$

Из 11 параметров, которые входят в выражения (4–6), известными являются только 4: константа обмена $K_{Kp^-}^{A^-}$ (определяется в отсутствие сольватирующей добавки), константа распределения P_S (определяется дополнительно по результатам эксперимента), а также равновесная концентрация красителя в водной фазе $[Kp^-]$ (определяется спектрофотометрически).

Так как исходные концентрации экстрагента, экстрагируемого аниона и сольватирующей добавки известны, то можно написать еще 4 независимых уравнения, отражающих материальные балансы по экстрагируемому аниону (7), красителю (8), катиону ЧАС (9) и сольватирующей добавке (10):

$$C_{0,A^-} = [A^-] + [R_4N^+ A^-] + [R_4N^+ A^- \cdots nS], \quad (7)$$

$$C_{0,R_4N^+ Kp^-} = [R_4N^+ Kp^-] + [Kp^-], \quad (8)$$

$$C_{0,R_4N^+ Kp^-} = [R_4N^+ Kp^-] + [R_4N^+ A^-] + [R_4N^+ A^- \cdots nS], \quad (9)$$

$$C_{0,S} = [S]_{org} + [S]_{aq} + n[R_4N^+ A^- \cdots nS]. \quad (10)$$

В итоге общее количество независимых уравнений достигло 7 при 8 неизвестных. По этой причине система уравнений не может быть решена напрямую численными методами.

Нами для решения этой системы нелинейных уравнений был использован метод линеаризации с использованием итерационных процедур. Для этого система уравнений (4–10) рядом алгебраических преобразований приводится к двум уравнениям, одно из которых может быть реализовано в виде прямолинейной графической зависимости, по тангенсу угла которой можно судить о среднем сольватном числе. Рассмотрим кратко этот вывод.

Сложив выражения (7) и (8) и отняв (9), получаем выражение (11), отражающее принцип эквивалентности обмена анионов:

$$C_{0,A^-} = [A^-] + [Kp^-]. \quad (11)$$

Приравниваем уравнения (8) и (9) и находим:

$$[R_4N^+ A^-] = [Kp^-] - [R_4N^+ A^- \cdots nS]. \quad (12)$$

С другой стороны, из (6):

$$[R_4N^+A^-] = \frac{[R_4N^+A^- \cdots nS]}{K_s \cdot [S]_{org}^n}. \quad (13)$$

Тогда из (12) и (13):

$$[R_4N^+A^- \cdots nS] = \frac{[Kp^-]}{1 + \frac{1}{K_s \cdot [S]_{org}^n}}. \quad (14)$$

Теперь, подставив (14) в (13), находим $[R_4N^+A^-]$:

$$[R_4N^+A^-] = \frac{[Kp^-]}{1 + K_s \cdot [S]_{org}^n}. \quad (15)$$

Из (8) и (11) получаем:

$$[R_4N^+Kp^-] = C_{0,R_4N^+Kp^-} - [Kp^-] \quad (16)$$

$$[A^-] = C_{0,A^-} - [Kp^-]. \quad (17)$$

Затем подставляем (15), (16), (17) в (4) и получаем конечное уравнение:

$$K_{Kp^-}^{A^-} = \left(\frac{[Kp^-]^2}{(C_{0,R_4N^+Kp^-} - [Kp^-]) \cdot (C_{0,A^-} - [Kp^-])} \right) \cdot \frac{1}{1 + K_s \cdot [S]_{org}^n}, \quad (18)$$

которое можно переписать в более компактном виде:

$$K_{Kp^-}^{A^-} = \frac{\tilde{K}_{Kp^-}^{A^-}}{1 + K_s \cdot [S]_{org}^n}, \quad (19)$$

где $\tilde{K}_{Kp^-}^{A^-}$ обозначает условную константу обмена, которая легко рассчитывается по известной концентрации красителя в водной фазе:

$$\tilde{K}_{Kp^-}^{A^-} = \frac{[Kp^-]^2}{(C_{0,R_4N^+Kp^-} - [Kp^-]) \cdot (C_{0,A^-} - [Kp^-])}. \quad (20)$$

Прологарифмировав (19), получаем бїлогарїфмїческое уравнение (21), представляющее собой уравнение прямой линии, по тангенсу угла наклона которой можно определить среднее сольватное число, а по отрезку, отсекаемому на оси ординат, численное значение логарифма константы сольватации:

$$\lg \left(\frac{\tilde{K}_{Kp^-}^{A^-}}{K_{Kp^-}^{A^-}} - 1 \right) = \lg K_s + n \cdot \lg [S]_{org}. \quad (21)$$

Необходимая для построения этой бїлогарїфмїческой прямой равновесная концентрация сольватирующей добавки будет определяться глубиной протекания сольватационных процессов и распределением самой сольватирующей добавки и также может быть рассчитана через соответствующие уравнения взаимосвязи.

Из (4) находим:

$$[R_4N^+A^-] = K_{Kp^-}^{A^-} \cdot \frac{[R_4N^+Kp^-] \cdot [A^-]}{[Kp^-]}. \quad (22)$$

Из уравнения материального баланса по катиону ЧАС (9):

$$[R_4N^+A^- \cdots nS] = C_{0,R_4N^+Kp^-} - [R_4N^+Kp^-] - [R_4N^+A^-]. \quad (23)$$

Подставив (22) в (23), получаем:

$$[R_4N^+A^- \dots nS] = C_{0,R_4N^+Kp^-} - [R_4N^+Kp^-] - K_{Kp^-}^{A^-} \cdot \frac{[R_4N^+Kp^-] \cdot [A^-]}{[Kp^-]}. \quad (24)$$

С учетом (16) и (17) выражение (24) принимает вид:

$$[R_4N^+A^- \dots nS] = [Kp^-] - K_{Kp^-}^{A^-} \cdot (C_{0,R_4N^+Kp^-} - [Kp^-]) \cdot \left(\frac{C_{0,A^-}}{[Kp^-]} - 1 \right). \quad (25)$$

Из (5) выразим равновесную концентрацию сольватирующей добавки в водной фазе:

$$[S]_{aq} = \frac{[S]_{org}}{P_s}. \quad (26)$$

Далее, из уравнения (10) и (26) выражаем:

$$[S]_{org} = C_{0,S} - \frac{[S]_{org}}{P_s} - n \cdot [R_4N^+A^- \dots nS] \quad (27)$$

и после преобразования получаем:

$$[S]_{org} = \frac{P_s}{P_s + 1} \cdot (C_{0,S} - n \cdot [R_4N^+A^- \dots nS]), \quad (28)$$

подставляем (25) в (28) и получаем окончательный вариант формулы для расчета равновесной концентрации $[S]_{org}$, учитывающий распределение сольватирующей добавки между водной и органической фазами:

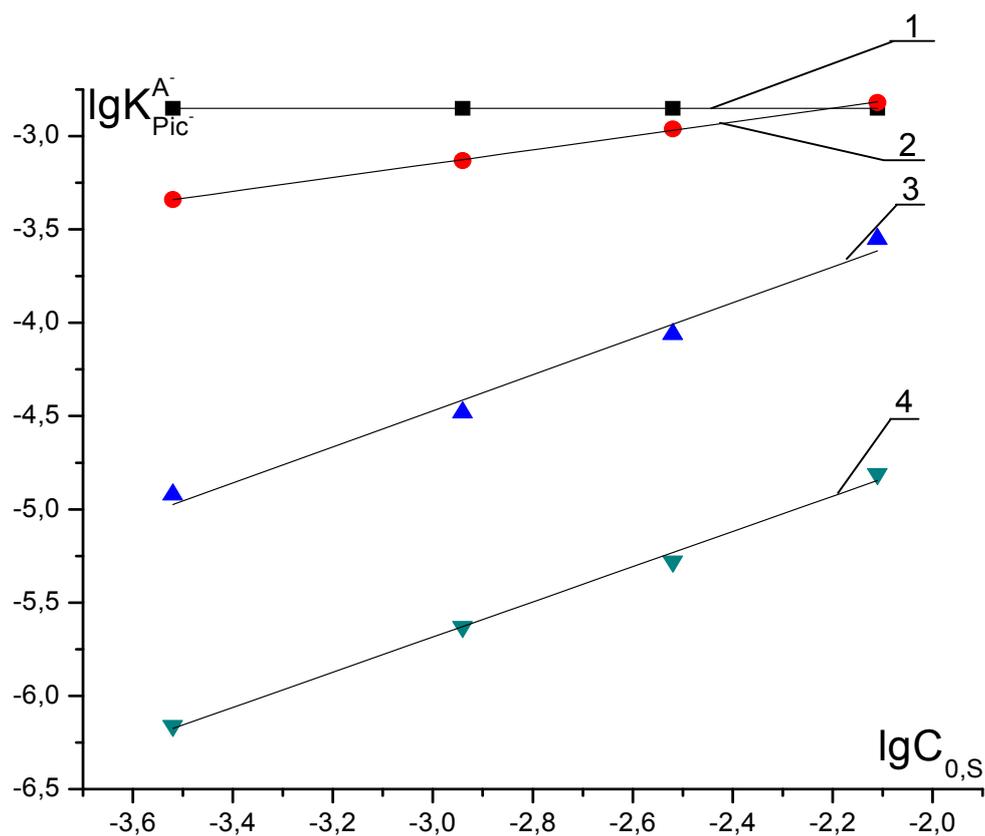
$$[S]_{org} = \frac{P_s}{P_s + 1} \cdot \left[C_{0,S} - n \cdot \left\{ [Kp^-] - K_{Kp^-}^{A^-} \cdot (C_{0,R_4N^+Kp^-} - [Kp^-]) \cdot \left(\frac{C_{0,A^-}}{[Kp^-]} - 1 \right) \right\} \right]. \quad (29)$$

Для решения (21) и (29) поступают следующим образом. Задают нулевое приближение $n_0=1$ и рассчитывают для каждой точки $[S]_i$, а затем строят билогарифмическую зависимость (21) и по тангенсу угла наклона рассчитывают первое приближение n_1 . Далее, если разница $n_1 - n_0$ больше некоторой заданной величины (обычно 0,01), то в качестве нулевого приближения задают n_1 и цикл повторяют снова. Данная процедура реализована при помощи программы Mathematica 5.0.

Результаты и их обсуждение

Как видно из рисунка 2, модификация органической фазы сольватирующими добавками различным образом влияет на экстракцию исследованных неорганических анионов. Экстрагируемость бромид- и нитрат-анионов, количественно выраженная через условную константу обмена $\tilde{K}_{Kp^-}^{A^-}$, в присутствии сольватирующих добавок резко возрастает. Причем эта зависимость имеет прямо пропорциональный вид с тангенсом угла наклона, близким к 1. Влияние сольватирующих добавок на экстрагируемость роданид-анионов значительно меньше, а для перхлорат-анионов она вообще отсутствует.

Это подтверждается и расчетными значениями средних сольватных чисел и констант сольватации (таблица 2).



Аніёны: 1 – перхлорат-, 2 – роданід-, 3 – нітрат-, 4 – бромід-

Рисунок 2 – Влияние концентрации сольватирующей добавки S18 на экстрагируемость неорганических анионов

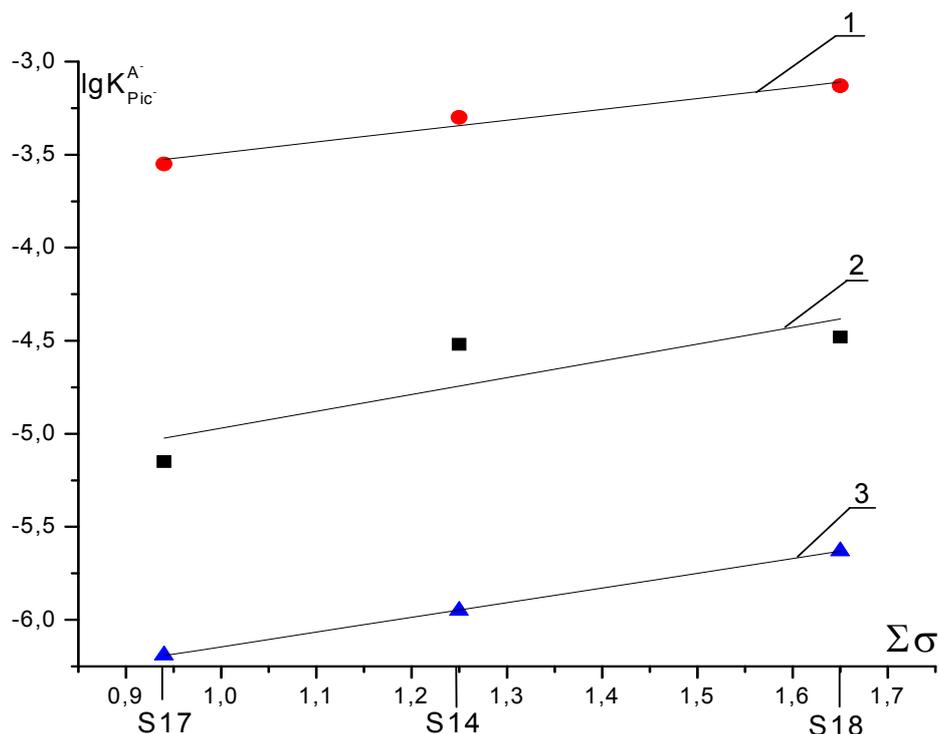
Таблица 2 – Средние сольватные числа и логарифмы констант сольватации некоторых неорганических анионов производными трифторацетофенона

Добавка	Анион	SCN^-	Br^-	NO_3^-
S13	n	$0,45 \pm 0,09$	$1,49 \pm 0,04$	$1,09 \pm 0,09$
	$\lg K_s$	$1,43 \pm 0,10$	$3,68 \pm 0,11$	$3,55 \pm 0,16$
S14	n	$0,43 \pm 0,03$	$0,86 \pm 0,07$	$1,00 \pm 0,06$
	$\lg K_s$	$2,03 \pm 0,10$	$3,38 \pm 0,19$	$4,33 \pm 0,17$
S17	n	$0,57 \pm 0,08$	$0,99 \pm 0,12$	$1,25 \pm 0,19$
	$\lg K_s$	$2,16 \pm 0,10$	$3,21 \pm 0,10$	$4,24 \pm 0,25$
S18	n	$0,39 \pm 0,01$	$1,01 \pm 0,09$	$0,96 \pm 0,08$
	$\lg K_s$	$2,16 \pm 0,03$	$4,18 \pm 0,28$	$4,36 \pm 0,23$

Как видно из таблицы 2, средние сольватные числа для бромид- и нитрат-анионов близки к 1, т.е. в органической фазе образуются сольваты состава 1:1 – $(\text{R}_4\text{N}^+\text{Br}^-\cdots\text{S})$ и $(\text{R}_4\text{N}^+\text{NO}_3^-\cdots\text{S})$. Для роданид-анионов средние сольватные числа близки

к 0,5, а для перхлорат-анионов они не определены вследствие отсутствия зависимости экстрагируемости этого аниона от содержания сольватирующей добавки. Соответствующим образом для этих анионов изменяются и численные значения констант сольватации. Для бромид- и нитрат-анионов они значительно выше, чем для роданид-анионов.

Таким образом, эффективность каждой отдельной сольватирующей добавки определяется ее содержанием в органической фазе. Эффективность же относительно конкретного аниона определяется характером распределения отрицательного заряда на его поверхности. Чем выше плотность отрицательного заряда на анионе, тем сильнее влияние сольватирующей добавки.



Анионы: 1 – роданид, 2 – нитрат, 3 – бромид. Концентрации сольватирующих добавок $1 \cdot 10^{-3}$ моль/л. Уравнения прямых: 1 – $\lg K = -4,07 + 0,58 \Sigma \sigma$, $r = 0,983$; 2 – $\lg K = -5,87 + 0,90 \Sigma \sigma$, $r = 0,856$; 3 – $\lg K = -6,93 + 0,79 \Sigma \sigma$, $r = 0,999$

Рисунок 3 – Зависимость логарифма константы обмена анионов на пикрат-ион от суммы σ-констант Гаммета заместителей

Если рассматривать эффективность добавок в зависимости от их строения, то, как видно из рисунка 3, наблюдается прямолинейная зависимость между логарифмами условных констант обмена и суммой σ-констант Гамметта заместителей в структуре трифторацетофенона. Таким образом, для анионообменных экстракционных систем выполняется уравнение Гаммета:

$$\lg K = \lg K_0 + \rho \cdot \Sigma \sigma. \quad (30)$$

Максимальный эффект, как и ожидалось, получен для структуры S18, в которой три электроноакцепторных заместителя: хлор в пара-положении и две нитро-группы в мета-положениях. Наличие зависимости (30) позволяет прогнозировать эффективность

сольватирующих добавок на основе производных трифторацетофенона в зависимости от природы и количества заместителей.

Заключение

1. Предложена математическая модель анионообменной экстракционной системы $R_4N^+Kp^-+S/A^-$ и приведен алгоритм расчета констант сольватации и средних сольватных чисел.

2. Исследована анионообменная экстракция ClO_4^- , SCN^- , Br^- и NO_3^- - анионов толуольными растворами пикрата ТНОДА в присутствии сольватирующих добавок – производных трифторацетофенона различного строения. Установлено, что экстрагируемость Br^- , NO_3^- и SCN^- - ионов линейно увеличивается с ростом концентрации сольватирующих добавок. Экстрагируемость ClO_4^- не зависит от содержания сольватирующей добавок в фазе ЧАС. Рассчитаны соответствующие константы сольватации и средние сольватные числа.

3. Установлена линейная корреляция между $lgK_{кр}^{A^-}$ и суммой σ -констант Гаммета, что позволяет прогнозировать экстракционную эффективность сольватирующих добавок различного строения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гулевич, А.Л. Анионообменная экстракция органических анионов высшими четвертичными аммониевыми солями и ее аналитическое применение : дис. ... д-ра хим. Наук / А.Л. Гулевич. – Минск, 2002. – 316 с.

2. Помеленок, Е.В. Влияние стерической доступности обменного центра высших четвертичных аммониевых солей на селективность анионообменной экстракции: дис. ... канд. хим. наук / Е.В. Помеленок. – Минск, 2004. 138 с.

3. Гулевич, А.Л. Изучение сольватации гидрофильных анионов гексиловым эфиром п-трифторацетилбензойной кислоты методом анионообменной экстракции / А.Л. Гулевич, Е.М. Рахманько, А.П. Подтероб // Журнал физической химии. – 1996. – Т. 70, № 12. – С. 2191–2193.

4. Барт, Т.Я. Применение кислот Льюиса в качестве анионоселективных лигандов в мембранах пленочных ионоселективных электродов / Т.Я. Барт [и др.] // Журнал аналитической химии. – 1990. – Т. 45, № 7. – С. 1364–1371.

5. Смирнова, А.Л. Исследование карбонатселективных мембран пленочного типа на основе нейтрального комплексона гексилового эфира п-трифторацетилбензойной кислоты / А.Л. Смирнова, А.Л. Грекович, Е.А. Матерова // Электрохимия. – 1985. – Т. 21, №10. – С. 1335–1339.

6. Рахманько, Е.М. Использование сольватирующих добавок в анионообменных экстракционных системах / Е.М. Рахманько [и др.] // Журнал прикладной химии. – 2006. – Т.79, № 1. – С. 71.

7. Старобинец, Г.Л.. Применение кислотных красителей для определения констант анионообменных экстракционных равновесий / Г.Л. Старобинец, Е.М. Рахманько, Ж.С. Сорока // Журнал неорганической химии. – 1978. – Т.23, №6. – С. 1628–1631.

8. Подтероб, А.П. Экстракция замещенных бензоат-анионов высшими четвертичными аммониевыми солями и ее аналитическое применение : дисс. канд. хим. наук / А.П. Подтероб. – Минск, 1997. – 122с.

9. Измайлов, Н.А. Электрохимия растворов / Н.А. Измайлов. – М. : Химия, 1976. – 488 с.

E.M. Rakhman'ko, V.A.Kovalevich, A.L. Gulevich. Calculation of Equilibrium in Anion-Exchange Extractive Systems

Anion-exchange extraction systems based on the solutions of higher quaternary ammonium salts in the presence of various trifluoroacetophenon derivatives as solvating additives are described. Anion-exchange extraction of ClO_4^- , SCN^- , Br^- , and NO_3^- ions with toluene solutions of trinonyloctadecylammonium picrate in the presence of solvating additives has been studied. A mathematical model of the extraction system has been developed, and average solvation numbers as well as constants of the solvation of ClO_4^- , SCN^- , Br^- , and NO_3^- ions by various trifluoroacetophenon derivatives have been calculated on the Anion-exchange extraction systems based on the solutions of higher quaternary ammonium salts in the presence of various trifluoroacetophenon derivatives as solvating additives are described. Anion-exchange extraction ClO_4^- , SCN^- , Br^- , and NO_3^- ions with toluene solutions of trinonyloctadecylammonium picrate in the presence of solvating additives has been studied. A mathematical model of the extraction system has been developed, and average solvation numbers as well as constants of the solvation of ClO_4^- , SCN^- , Br^- , and NO_3^- ions by various trifluoroacetophenon derivatives have been calculated on the basis of experimental data.

УДК 59

И.В. Абрамова, В.Е. Гайдук

ЭКОЛОГИЯ ПОЛЕВОГО ЖАВОРОНКА *Alauda arvensis L. (Alaudidae, Passeriformes)* В ЮГО-ЗАПАДНОЙ БЕЛАРУСИ

В юго-западной Беларуси полевой жаворонок – гнездящийся перелетный и транзитно мигрирующий вид. В регион прилетает в феврале – марте, в среднем 12 марта. Осенняя миграция проходит в сентябре – октябре. Гнездовой период продолжается со второй декады апреля до конца июля. Численность полевого жаворонка *Alauda arvensis L.* в 1995–2009 гг. в регионе оценивается в 390 000–510 000 гнездящихся пар.

Введение

В Беларуси полевой жаворонок – многочисленный гнездящийся перелетный и транзитно мигрирующий вид. Следует отметить, что экология полевого жаворонка в Беларуси изучена слабо. Имеются фрагментарные сведения в ряде монографий [1–3].

Материал и методы

Изучение экологии полевого жаворонка проводилось в 1967–2009 гг. в различных районах Брестской области (Брестский, Березовский, Ивацевичский, Каменецкий, Малоритский, Кобринский, Столинский и др.). Географические координаты крайних точек области: 51°30′–53°24′ с.ш. 23°11′–27°37′ в.д. Применялись общепринятые методы полевых и камеральных исследований [4–7]. Межгодовую и сезонную динамику численности изучали во второй половине мая – первой половине июня на постоянных маршрутах.

Результаты исследований

Ареал. Полевой жаворонок распространен в Европе, Центральной и Восточной Азии, Австралии, Новой Зеландии, на Тасмании, Гавайских островах. Зимует частично в границах гнездового ареала, в Западной, Центральной и Южной Европе, Южной Африке и Южной Азии [8]. В регионе встречается на всей территории.

Миграции. В 1967–2009 гг. в юго-западную Беларусь (Брестский, Кобринский, Ивацевичский и др. районы) полевой жаворонок прилетает (276 регистраций) в первой декаде февраля – третьей декаде марта, в среднем 10 марта. Крайние даты прилета: 2 февраля 1975 г. и 28 марта 1978 г. В теплые и бесснежные зимы и ранние весны (такие часто наблюдались в Брестской области за последние 20 лет) птицы появляются на 10–20 дней раньше средних многолетних сроков (в окрестностях Бреста жаворонки регистрировались 2.02–12.02), в холодные затяжные весны птицы прилетают примерно на столько же дней позже.

Таким образом, сроки прилета птиц значительно колеблются по годам и зависят от фенологического хода весны и характера минувшей зимы. Данные различных исследователей по весенней миграции жаворонков в XX в. приведены в монографии «Птицы Белоруссии»: в Пинском районе в 1899–1906 гг. средняя дата прилета приходилась на 16 марта, в Беловежской пуще в 1952–1958 гг. – на 12 марта [1]. Первая песня жаворонка в Беловежской пуще в 1948–1969 г. отмечена в среднем 17 марта, самая ранняя – 15 февраля, самая поздняя – 15 апреля, массовый прилет приходился на вторую поло-

вину марта [9, 10]. Отметим, что первая песня птиц обычно слышна с первых дней прилета и пролета. Жаворонки летят широким фронтом как над полями, лугами, так и обширными массивами леса, поселками, городами.

Прилет жаворонков весной зависит от появления значительных участков земли, свободной от снега, на которых птицы могут добывать корм. В этом случае ход прилета и пролета птиц определяются не только температурой, но прежде всего состоянием снегового покрова и появлением территорий, свободных от снега. Разрушение устойчивого снегового покрова в середине XX в. на крайнем юго-западе Беларуси происходило в среднем 5 марта, на северо-востоке – 31 марта, разница составляла 26 дней [11]. В середине XX в. средние многолетние даты прилета полевого жаворонка в Беловежскую пушу приходились на 12 марта, в Витебск – 23 марта [2], т.е. разница составляла 11 дней. Это противоречит данным по географии сроков разрушения устойчивого снегового покрова. По сведениям М.С. Долбика, скорость поступательного движения полевого жаворонка с юго-запада на северо-восток Беларуси составляет 17 км в сутки. По нашим данным, она равна примерно 35 км в сутки. Такая скорость поступательного движения птиц примерно совпадает с фенологией разрушения устойчивого снегового покрова. Полевые жаворонки в последние 20 лет стали прилетать в регион в среднем на 4–5 дней раньше по сравнению с первой половиной XX в. По-видимому, это связано с глобальными изменениями климата.

Анализ собственных и литературных данных показывает, что сроки весенней миграции полевого жаворонка по мере движения с юго-запада на северо-восток Беларуси на 1° с.ш. запаздывают в среднем на 3 дня, осенью – наоборот.

Прилет первых жаворонков в г. Брест и его окрестности в последние 20 лет, когда наблюдались малоснежные или бесснежные зимы (исключением стала зима 2009–2010 гг.), происходил в начале февраля (146 регистраций). В этот период прилет жаворонков регистрировали другие орнитологи [12]. Так, 03.02.2002 г. было встречено 9 полевых жаворонков в д. Курница Брестского района, с 06.02.2002 г. наблюдался массовый пролет птиц. Сроки весенней и осенней миграций птиц показаны на рисунке 1.

Отлет и осенний пролет жаворонков происходит в сентябре – октябре (18 регистраций), отдельные птицы встречаются позже (до середины ноября). Птицы летят не только днем, но и ночью небольшими стайками (иногда поодиночке), летят молча либо издают призывные крики. В Беловежской пуше [10] мигрирующие птицы регистрировались с середины августа до конца октября. Столь ранние сроки начала осенней миграции нами не отмечены. Даже в более северных регионах, например в Ленинградской области [13], осенняя миграция идет в первых числах сентября, наиболее интенсивно – во второй и третьей декадах этого месяца. Отлет и пролет заканчивается в третьей декаде октября.

Нам известны 6 случаев зимовки жаворонков в 1994–2002 гг. в окрестностях г. Бреста. Птицы (от 1 до 3 особей) встречались в декабре – январе в малоснежные или бесснежные зимы.

Места обитания. Жаворонки населяют (540 регистраций) открытые ландшафты (в %): сухие луга (30,4), поля сельскохозяйственных культур (42,5), вырубки (11,4), залежи (3,4), пустыри (4,2), осушенные болота (3,6) и другие биотопы.

Размножение. После прилета птицы рассредоточиваются по территории и занимают гнездовые участки. В этот период жаворонки поют особенно интенсивно. Птицы токуют (рисунок 1), сопровождая токовой полет песней с рассвета до наступления ночи. Иногда жаворонки поют на земле (6 случаев) или сидя на линиях электропередач (8 случаев). В июне песни жаворонков слышны весь день, особенно активно утром (5–10 ч.) и вечером (18–21 ч.). При демонстративных токовых полетах песня длится 2–3 минуты ($n = 60$), в некоторых случаях ($n = 5$) – 9–12 минут.



Рисунок 1 – Биоритмы миграций и размножения полевого жаворонка (пунктирная линия – второй цикл размножения)

Птицы приступают к размножению спустя 2–4 недели после прилета. Жаворонки гнездятся отдельными парами на земле ($n = 40$). Для гнезда птицы находят углубление в почве и выстилают его сухими стебельками диких и культурных травянистых растений, шерстью животных. Гнезда находили на лугах (30,0% случаев), полях сельскохозяйственных культур (25,0%), залежах (20,0%), пустырях (10,0%) и в других местах с невысоким редким травостоем (15,0%). Гнезда птицы обычно располагают под куртиной травы.

Средние размеры гнезд ($n = 18$): диаметр гнезда $10,2 \pm 0,9$ см; диаметр лотка $6,9 \pm 0,4$ см; глубина лотка $4,5 \pm 0,5$ см. В году 2 кладки. Фенология размножения полевого жаворонка отображена на рисунке 1.

К откладке яиц первого цикла размножения жаворонки приступают в третьей декаде апреля – первой декаде мая (таблица 1). Отметим, что в июне повсюду кроме северной части ареала бывает вторая кладка [14].

В кладке ($n = 22$) от 3 до 5 яиц, в среднем 4,1. Окраска яиц светло-бурая, они почти сплошь покрыты бурыми пятнами. Средние размеры яиц ($n = 22$) – $22,0 \times 16,6$ мм, средняя масса 1 яйца – 3,5 г., что соответствует литературным данным [15]. Насиживает кладку самка с течением 13–14 дней. Птенцы первого цикла размножения появляются во второй половине мая. Среднее количество птенцов в гнезде ($n = 20$) равно 3,2. Они находятся в гнезде около 10 дней, затем покидают гнездо. Некоторое время родители продолжают их докармливать. В возрасте 18–20 дней молодые жаворонки начинают летать и самостоятельно добывать корм.

Ко второй кладке птицы приступают в июне. Птенцы появляются в третьей декаде июня – первой половине июля. Подъем молодых на крыло приходится на вторую половину июля – начало августа (таблица 2, рисунок 1). Среднее количество слетков в одном выводке ($n = 11$) составляет 2,9.

Таблица 1 – Размеры и состояние кладок полевого жаворонка в юго-западной Беларуси

Месяц	Декада	Кол-во яиц в кладке и степень насиженности	Местообитания, кол-во гнезд
Апрель	III	4, 5?	Брестский р-н: долина р. Лесная у д. Тюхиничи – 2, луга в долине р. З. Буг у д. Томашовка – 16, поля с/х культур – 4, Ивацевичский р-н: поля у д. Любищицы – 6.
Май	I	3, 4, 5?	
	II	4?, 4, 5а	
	III	3?, 5а	
Июнь	I	4?	
	II	3в, 4в, 5?	
	III	3?, 4г, 5?	
Июль	I	3?, 4а, 5?	
	II	4?, 5в	

Примечание – п – свежая кладка; а – слегка насиженная кладка; в – сильно насиженная кладка; г – яйца проклюнуты; н? – степень насиженности неизвестна.

Таблица 2 – Количество птенцов в гнезде (выводке) полевого жаворонка

Месяц	Декада	Кол-во птенцов и степень их развития	Местообитания, кол-во гнезд (выводков)
Май	II	3, 4	Брестский р-н: долина р. Лесная у д. Тюхиничи – 6, у д. Томашовка – 14, у д. Леплевка – 3; Столинский р-н у д. Рухча – 2; Беловежская пуца у д. Каменюки – 5.
	III	2, 3е, 4?	
Июнь	I	2д, 2 по 3?, 3ж, 4?, 5ж	
	II	2 по 3?, 3ж, 4?	
	III	3з, 2 по 2з, 3з	
Июль	I	3ж, 4з, 4?	
	II	2ж, 3?, 4з	
	III	1з, 3ж, 3з	
Август	I	3з, 3з, 4з	

Примечание – п – слепые птенцы; д – птенец в пеньках; е – полуоперенные птенцы; ж – оперены почти полностью; з – подлетки или слетки; н? – возраст птенцов неизвестен.

Подросшие молодые собираются в стайки и кочуют по полям и лугам. В августе взрослые и молодые кочуют по жнивью, выгонам и полям.

Питание. Полевые жаворонки питаются мелкими беспозвоночными (пауками, равнокрылыми, прямокрылыми, гусеницами чешуекрылых), семенами трав [13]. Прослежена интенсивность кормления родителями птенцов полевого жаворонка (рисунк 2). Трофическая активность птиц выше в утренние (8–9 ч) и вечерние (17–19 ч) часы. В околополуденные часы она снижается. После 22 ч взрослые с кормом к гнезду не прилетали.

Враги. Разоряют кладки и уничтожают птенцов мелкие хищные млекопитающие (горностай, ласка и др.), также их поедают ежи и змеи. Преследуют и добывают полевых жаворонков чеглок (3 случая), перепелятник (5), полевой лушь (2) и луговой лушь (3 случая).

Численность полевого жаворонка в Беларуси стабильна, оценивается в 2,3–3,0 млн гнездящихся пар [3], в регионе, по нашей оценке, – 0,39–0,51 млн пар.

Была установлена плотность населения полевого жаворонка (ос/км²) в ряде экосистем юго-запада Беларуси [16]: в пойменных экосистемах г. Бреста – 31,6; в г. Иваце-

вичи и его окрестностях – 22,4; в агроценозах у д. Томашовка Брестского района – 40,5; на пойменных лугах (р. Лесная у д. Тюхиничи Брестского района; р. Западный Буг, Брестский район; р. Гривда у д. Любищицы Ивацевичского района) – 36,3; выгоны у д. Любищицы Ивацевичского района – 55,5.

Плотность населения полевых жаворонков (ос/км²) на гнездовье в Беловежской пушце на заросших сенокосах в 1982 г. составляла 31,0, на обширных массивах полей в 1983 г. – 2,0 [10]. Отметим, что плотность населения жаворонков на сенокосных естественных лугах в конце июня 1981 г. в северной части Псковской области составляла в среднем 8–10 пар/км², на полях, засеянных овсом – до 18–20 пар/км² [13].

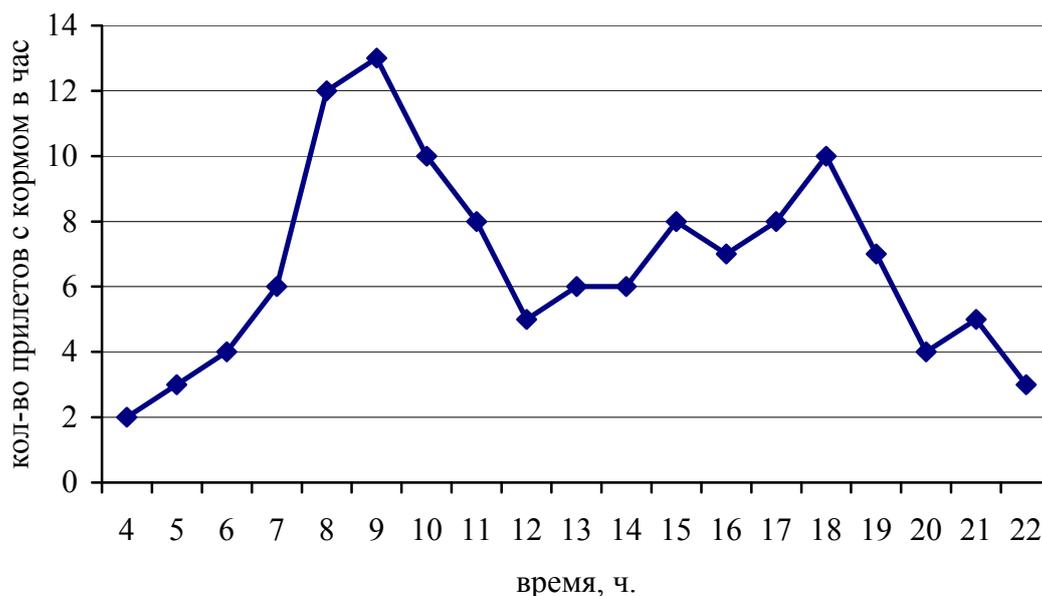


Рисунок 2 – Интенсивность кормления птенцов полевого жаворонка (возраст 5 суток) парой взрослых птиц 6 июня 1985 г. в окрестностях д. Томашовка Брестского района

В Брестском районе прослежена многолетняя динамика плотности населения полевого жаворонка в летний период 1982–2009 гг. в трех экосистемах: поля сельскохозяйственных культур и выгоны у д. Томашовка Брестского района, пойменные луга р. Лесной у д. Тюхиничи Брестского района. Плотность населения варьировала не более чем в 2 раза, что объясняется относительно стабильными условиями существования для этого вида в регионе. Наибольшая плотность (30–60 ос/км²) характерна для выгонов, наименьшая – для пойменных лугов р. Лесная (рисунок 3).

Полевой жаворонек является одним из многочисленных видов орнитофауны юго-запада Беларуси. Прилетает в регион в феврале – марте, иногда позже, что обусловлено фенологическим ходом весны. В связи с глобальными изменениями климата в последние 20 лет прилетает на неделю раньше по сравнению с первой половиной XX в. Сроки весенней миграции полевого жаворонка по мере продвижения с юго-запада на северо-восток Беларуси на 1° с.ш. запаздывают в среднем на 3 дня, осенью – наоборот.

Птицы приступают к размножению во второй половине апреля – мае. Делают 2 кладки за сезон размножения. В кладке от 3 до 5 яиц, в среднем 4,1.

Плотность населения полевого жаворонка в мае – первой половине июня колеблется в различных экосистемах не более, чем в 2 раза. Численность птиц стабильна, в юго-западной Беларуси оценивается в 390–510 тыс. пар.

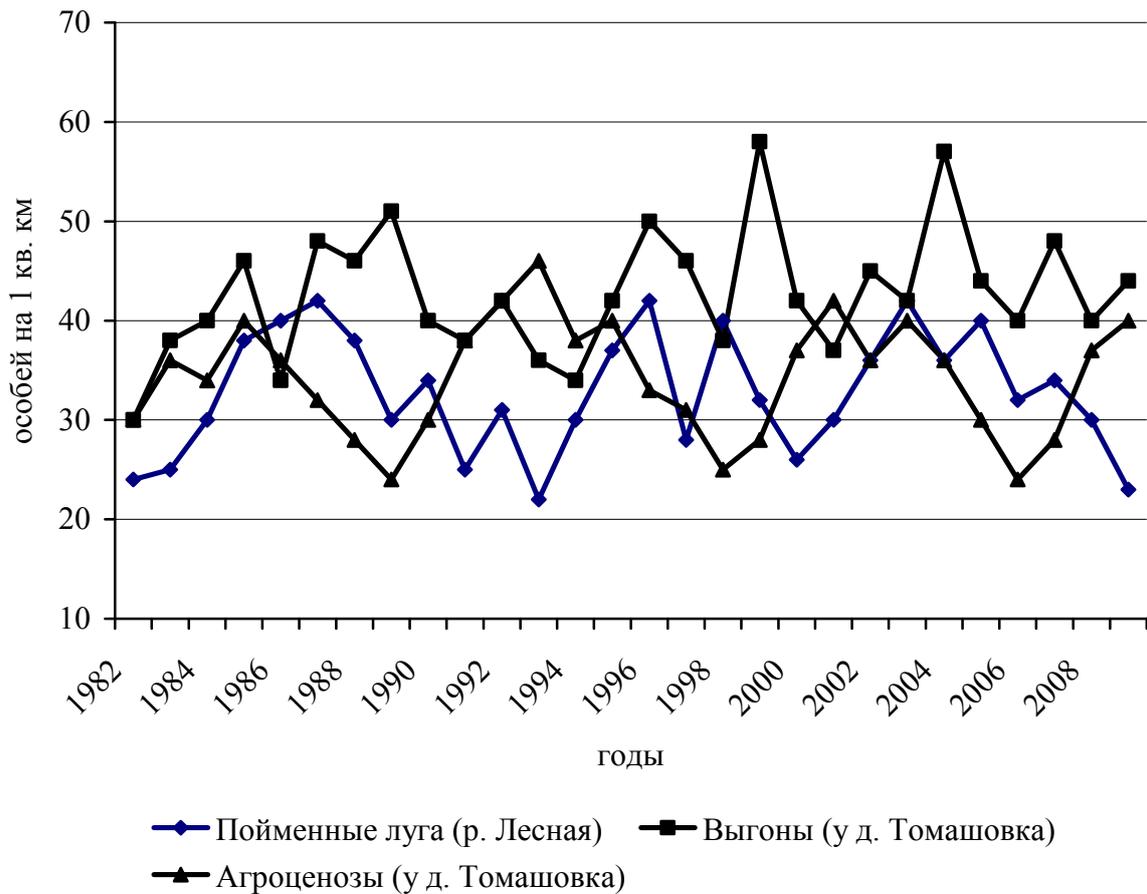


Рисунок 3 – Динамика плотности населения полевого жаворонка в трех открытых экосистемах в 1982–2009 гг. (первая половина июня), ос/км²

Заклучение

Полевой жаворонк является одним из многочисленных видов орнитофауны юго-запада Беларуси. Прилетает в регион в феврале – марте, иногда позже, что обусловлено фенологическим ходом весны. В связи с глобальными изменениями климата в последние 20 лет прилетает на неделю раньше по сравнению с первой половиной XX в. Сроки весенней миграции полевого жаворонка по мере продвижения с юго-запада на северо-восток Беларуси на 1° с.ш. запаздывают в среднем на 3 дня, осенью – наоборот.

Птицы приступают к размножению во второй половине апреля – мае. Делают 2 кладки за сезон размножения. В кладке от 3 до 5 яиц, в среднем 4,1.

Плотность населения полевого жаворонка в мае – первой половине июня колеблется в различных экосистемах не более, чем в 2 раза. Численность птиц стабильна, в юго-западной Беларуси оценивается в 390–510 тыс. пар.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Федюшин, А.В. Птицы Белоруссии / А.В. Федюшин, М.С. Долбик. – Минск : Наука и техника, 1967. – 519 с.
2. Долбик, М.С. Ландшафтная структура орнитофауны Белоруссии / М.С. Долбик. – Минск : Наука и техника, 1974. – 312 с.

3. Птицы Беларуси на рубеже XXI века / М.Е. Никифоров [и др.]. – Минск : изд-ль Н.А. Королев, 1997. – 188 с.
4. Новиков, Г.А. Полевые исследования по экологии наземных позвоночных / Г.А. Новиков. – М. : Советская наука, 1953. – 502 с.
5. Равкин, Ю.С. К методике учета птиц лесных ландшафтов / Ю.С. Равкин // Природа очагов клещевого энцефалита на Алтае. – Новосибирск : Наука, 1967. – С. 66–75.
6. Tomiałojć, L. Podstawowe informacje o sposobie prowadzenia cenzusow z zastosowaniem kombinowanej metody kartograficznej / L. Tomiałojć // Notatki Ornitologiczne. – 1980. – Vol. 21. – №1–4. – S. 55–61.
7. Tomiałojć, L. The combined version of the mapping method / L. Tomiałojć // Bird census work and nature conservation. – Göttingen, 1980. – P. 92–106.
8. Птушкі Еўропы / пад рэд. М.Я. Нікіфараў. – Варшава : Навуковае выдавецтва ПВН, 2000. – 350 с.
9. Дацкевич, В.А. Сезонное развитие явлений природы в Беловежской пушке (1946–1969) / В.А. Дацкевич // Заповедники Белоруссии. – Минск : Ураджай, 1977. – Вып. 1. – С. 5–23.
10. Дацкевич, В.А. Исторический очерк и некоторые итоги орнитологических исследований в Беловежской пушке (1945–1985) / В.А. Дацкевич. – Витебск : ВГУ, 1998. – 115 с.
11. Шкляр, А.Х. Климатические ресурсы Белоруссии и использование их в сельском хозяйстве / А.Х. Шкляр. – Минск : Вышэйшая школа, 1973. – 430 с.
12. Сербун, А.А. Зимовки некоторых воробьиных птиц (*Passeriformes*) на юго-западе Беларуси / А.А. Сербун // Subbuteo. Беларускі арнітал. бюлетэнь. – 2003. – №6. – С. 35–36.
13. Мальчевский, А.С. Птицы Ленинградской области и сопредельных территорий / А.С. Мальчевский, Ю.П. Пукинский. – Л. : ЛГУ, 1983. – Т. 2. – 504 с.
14. Птицы Советского Союза : в 6 т. / Г. П. Дементьев [и др.], под общ. ред. Г. П. Дементьева. – М. : Советская наука. – Т. 5. – 803 с.
15. Никифоров, М.Е. Птицы Белоруссии: справочник-определитель гнезд и яиц / М.Е. Никифоров, Б.В. Яминский, Л.П. Шкляров. – Минск : Вышэйшая школа, 1989. – 479 с.
16. Абрамова, И.В. Структура и динамика населения птиц экосистем юго-запада Беларуси / И.В. Абрамова. – Брест : Изд-во БрГУ, 2007. – 208 с.

I.V. Abramova, V.E. Gaiduk. Ecology of the Skylark *Alauda arvensis* L. (Alaudidae, Passeriformes) in the South-West of Belarus

The skylark is passage nesting and transmigration species in the south-west of Belarus. He comes in the region in February – March, on the average 12.03. Autumn migration usually walks in September – October. Nesting season continues from second decade of April till the end of July. The number of the skylark *Alauda arvensis* L. in 1995 – 2009 in region is estimated in 390 000 – 510 000 nesting pair.

УДК 59

Е.С. Блоцкая

БИОТОПИЧЕСКОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ГРЫЗУНОВ (*RODENTIA*, *SMINTHIDAE*, *CRICETIDAE*, *MURIDAE*) И ИХ ЗНАЧИМОСТЬ В СООБЩЕСТВЕ МЕЛКИХ МЛЕКОПИТАЮЩИХ ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМ

В результате многолетних исследований было установлено, что основными факторами биотопического распределения мелких грызунов в лесных экосистемах являются: кормность и ремизность биотопов, микроклимат, межвидовая конкуренция и биоценотические отношения.

Доминантными видами в лесных экосистемах являются рыжая полевка (*Clethrionomys glareolus Schreber*) и желтогорлая мышь (*Apodemus flavicollis Melch*), на долю которых приходится до 70% от всех мелких грызунов.

Введение

Выявление основных закономерностей и путей адаптации мелких млекопитающих к различным условиям среды представляет собой актуальную проблему современной экологии. Она имеет теоретическое и практическое значение, так как от ее решения зависит познание важнейших сторон популяционной экологии и разработка мероприятий по рациональному использованию видов животных. Мелкие грызуны являются хорошими объектами при изучении экологии видов. Многие из них занимают обширные ареалы, высокую численность, являются основными потребителями животных и растений в экосистемах, имеют разнообразное практическое значение [1–3]. Некоторые виды занесены в Красную книгу Республики Беларусь [4].

Материал и методика

Исследования проводились в 2004–2009 гг. в различных биотопах в ряде районов (Брестский, Каменецкий, Ивацевичский и др.) Брестской области. При изучении биотопического распределения мелких млекопитающих были использованы методы, разработанные и описанные в ряде работ [5–7]. Всего отработано в летний и зимний периоды 48 тыс. ловушко-суток (лс) и 800 канавко-суток. Зверьки добывались при помощи ловушек Геро.

Результаты исследований

Структура и численность микромаммалий. В этой работе анализируется 7 видов грызунов, которые относятся к семействам *Sminthidae*, *Cricetidae*, *Muridae*. По нашим данным, на территории юго-западной Беларуси обитает 70 видов млекопитающих, в том числе 18 видов грызунов и 7 видов насекомоядных [1]. Эти виды относятся к отряду грызунов (*Rodentia*). В Беларуси в настоящее время известно 76 видов млекопитающих [8].

Данная работа посвящена биотопическому распределению и численности мелких млекопитающих юго-западной Беларуси, расположенной в средней полосе Европы.

Широко распространена и доминирует в разных лесных экосистемах рыжая полевка. Этот вид доминировал на протяжении всех лет исследований, в одни годы в различных экосистемах он был доминантом, в другие – субдоминантом. Это характерно для лесных экосистем других регионов [9; 10].

Желтогорлая мышь в отдельные годы в некоторых лесных экосистемах была субдоминантом. Такое соотношение видов сохраняется в различные сезоны и годы в

исследованных лесных экосистемах юго-западной Беларуси, но зависит от метода отлова. Среди мелких млекопитающих, отловленных в канавки, на долю насекомоядных приходится более 50%, при этом численность некоторых малочисленных видов (лесная мышовка, мыш-малютка) при отлове ловушками Геро значительно увеличивается. В сборах ловушками доминируют массовые виды грызунов (рыжая полевка, желтогорлая мыш), которые идут в стандартные ловушки лучше землероек.

В различные годы численность отдельных видов грызунов и землероек колеблется не синхронно. Общая численность микромаммалей в лесных экосистемах в основном определяется двумя видами: рыжей полевкой и желтогорлой мышью. Эти два вида определяют также и годовые колебания численности как всего населения микромаммалей, так и их группировок в отдельных экосистемах. Ядро сообщества мелких млекопитающих составляют широко распространенные по всей лесной зоне виды: рыжая полевка и обыкновенная бурозубка. Им характерна высокая и стабильная численность, они являются доминантами или субдоминантами в большинстве лесных экосистем.

Среди мелких млекопитающих южного происхождения, выходцев из широколиственных лесов и лесостепных экосистем (лесная мышовка, мыш-малютка, лесная и желтогорлая мыш) имеются виды, широко распространенные с относительно высокой и стабильной численностью, и виды, которые встречаются спорадически.

В некоторых экосистемах существенное значение имеют виды-космополиты, ареал которых охватывает несколько ландшафтных зон (водяная полевка, полевка-экономка). К следующей группе относятся синантропные виды – домовая мыш, серая крыса и др.

Сосновые кустарничково-зеленомошные леса. Эти типы леса являются наиболее распространенными в Беларуси и занимают 50,2% площади сосновой формации [11]. Они объединяют два основных типа леса: сосняки брусничные (*Pinetum vacciniosum* – 3,3%) и мшистые (*P. pleuroziosum* – 46,9%). Произрастают они на относительно плодородных почвах. В напочвенном покрове сосняка брусничного произрастает брусника, большими пятнами – толокнянка, вереск обыкновенный, овсяница овечья, в небольших понижениях – черника и марьянник лесной. В сосняках зеленомошных пышно развиты зеленые мхи и куртинами встречается черника и другие растения.

Встречаемость и численность мелких млекопитающих приведена для июня – июля, а затем, при анализе, и для других месяцев (апрель – май, сентябрь – октябрь, декабрь – январь). В сосняках выявлено десять видов мелких млекопитающих. Доминировали рыжая полевка – 52% и обыкновенная бурозубка – 30%. Их численность достигала соответственно 4,5 и 2,4 зверька на 100 лс. Другие виды (темная полевка, лесная мыш, малая бурозубка) не всегда присутствовали в уловах, или их численность не превышала 0,25 особи на 100 лс.

Сосновые зеленомошно-черничные леса в сочетании с кустарничково-долгомошными. На территории Беларуси они занимают 15,2% площади сосняков республики и приурочены преимущественно к ровным пониженным местам с выраженным кочковатым нанорельефом [11]. Эта категория лесов включает два типа сосняков: черничный и долгомошный. В подлеске встречаются можжевельник, крушина ломкая и рябина, ракитник русский, дрок красильный и др. В напочвенном покрове произрастают черника, голубика, орляк обыкновенный и др.

В этом типе леса доминируют рыжая полевка и обыкновенная бурозубка, на долю которых приходится 68,5% от всех добытых зверьков.

Широколиственно-сосновые леса. Широколиственно-сосновые орляково-зеленомошно-кисличные леса занимают около 10% площади широколиственно-хвойных лесов Беларуси, на долю последних приходится 14,8% лесопокрытой площа-

ди [11]. В эту группу входят фитоценозы со значительной примесью широколиственных пород в составе всех ярусов и чистые сосновые древостои, которые имеют большую примесь этих пород в нижних ярусах (подрост, подлесок, начальная фаза формирования второго яруса из них). В формировании фитоценозов принимает участие дуб черешчатый, липа, граб, клен. Леса объединяют три типа насаждений: орляковый (7,7%), черничный (6,7%) и кисличный (18,4%). В напочвенном покрове произрастают орляк обыкновенный, черника, кислица, копытень европейский, звездчатка дубравная, марьянник дубравный и др.

В смешанном лесу, как и в других биотопах, доминируют рыжая полевка и обыкновенная бурозубка, на долю которых приходится соответственно 38 и 36% от всех добытых микромаммалий. Остальные виды (10) составляли от 1 до 6%.

Дубовые леса (дубравы). Орляково-черничные дубравы произрастают на повышенных ровных или несколько всхолмленных элементах рельефа. Они представлены двумя экологически близкими типами леса: дубравой орляковой и дубравой черничной. Основным эдификатором фитоценозов является дуб, к которому примешиваются сосна, ель, береза бородавчатая, осина, граб, клен, липа и ольха черная. В подлесочном ярусе встречаются лещина обыкновенная, бересклет бородавчатый и др. В подлеске дубравы орляковой растут орляк обыкновенный, майник двулистный, черника, земляника и др.

В дубово-грабовом лесу добывались зверьки одиннадцати видов. Доминировали, как и в сосняках, рыжая полевка (40%) и обыкновенная бурозубка (25%). Субдоминантом является желтогорлая мышь, на долю которой приходится 14% от всех добытых микромаммалий. Редкими видами в этом биотопе были лесная и домовая мыши. Не добывались полевая мышь, темная полевка, кутора и др.

Черноольховые леса представлены кисличным, снытевым и крапивным типами и занимают соответственно 2,6; 1,4, и 6,8% площади черноольховых лесов в Беларуси, которые занимают 8,7% лесопокрываемой площади. Во втором ярусе растут дуб, ель, граб, ясень и другие виды деревьев [11]. Основные массивы (42,6%) их находятся на Полесье. Для экосистемы характерна хорошая кормовая база и защитные условия (подлесок, подрост, травянистая растительность, почва и др.), поэтому численность обыкновенной бурозубки в этом биотопе наибольшая, в большинстве сезонов и лет исследования она является доминантом, составляя 40 и более процентов от всех добытых мелких млекопитающих. В отдельные годы на ее долю в уловах приходилось 70%. Доминантом и субдоминантом является рыжая полевка, численность которой варьировала в пределах 2,5–7 экз. на 100 лс. На долю желтогорлой мыши в некоторые годы приходилось до 28,0% от всех добытых мелких млекопитающих. Малая бурозубка относительно многочисленна в этом биотопе. В отдельные годы в ловушки попадалось от 0,8 до 3 экз. на 100 лс, составляя до 16%. Другие виды микромаммалий (средняя бурозубка, темная полевка, полевка-экономка, лесная мышь и др.) в целом составляют не более 15% от всех добытых зверьков.

Биотопическое размещение грызунов в лесных экосистемах

Лесная мышовка *Sisista betulina* Pall. Отлавливалась с использованием канавок и ловушек Геро на стационарах в Брестском и Ивацевичском районах Брестской области.

В юго-западной Беларуси (Брестский, Ивацевичский районы Брестской области) ($n = 64$) лесная мышовка нами добывалась (%) в летний период в широколиственно-сосновом лесу (21,9), сосняке-черничнике (23,4), мелколиственном лесу (21,9), субори (23,4) вырубках (4,7). Добывалась она также в кустарниковых зарослях, на полях и лугах с куртинами кустарников (4,7%).

Лесная мышовка включена в аннотированный список видов Красной книги Республики Беларусь [4], требующих дополнительного изучения и внимания в целях профилактической охраны. Вид включен в Красный список МСОП.

Лесная мышь *Apodemus sylvaticus* L. Обитает (80 регистраций) в различных типах леса (%): дубово-грабовые (27,5), смешанные (20,0), ольшаники (15,0), сосняки (12,5), молодняки лиственных пород (10,0). Отмечалась (15,0%) на лесных полянах, вырубках, а также залежах, лугах и сельскохозяйственных полях, которые находятся вблизи лесных насаждений. Предпочитает мелколиственные и спелые широколиственные леса и молодняки, где она чаще попадалась в ловушки.

Желтогорлая мышь *Apodemus flavicollis* Melch. В регионе заселяет различные биотопы (таблица 1). Оптимальными биотопами для этого вида являются дубово-грабовые и смешанные леса с хорошо развитым подлеском. В этих лесах желтогорлая мышь является субдоминантом рыжей полевки, на ее долю в различные сезоны года приходится 20,4–38,4% от всех добытых микромаммалий. Значительно меньше мышей в субори-черничнике и на вырубках, где она составляет 12% от мелких млекопитающих. В боре-черничнике и в ольшанике зверьки редки, а весной и зимой в ловушки вообще не попадались. Это характерно для полей и лугов.

Таблица 1 – Сезонные изменения в биотопическом размещении желтогорлой мыши по данным учетов ловушками (в числителе – число зверьков на 100 лс, в знаменателе – доля от улова, %)

Биотоп	Весна	Лето	Осень	Зима
Дубово-грабовый лес	$\frac{1,2}{30,0}$	$\frac{2,5}{37,0}$	$\frac{5,0}{38,4}$	$\frac{1,4}{28,0}$
Широколиственно-сосновый лес	$\frac{1,0}{22,0}$	$\frac{2,8}{28,5}$	$\frac{4,5}{20,0}$	$\frac{1,6}{24,5}$
Сосняк-черничник	–	$\frac{0,4}{5,0}$	$\frac{0,8}{6,2}$	–
Суборь-черничник	$\frac{0,2}{4,0}$	$\frac{0,9}{7,1}$	$\frac{1,8}{10,7}$	$\frac{1,0}{12,0}$
Ольшаник	–	$\frac{1,0}{15,4}$	$\frac{2,2}{18,0}$	$\frac{1,0}{10,0}$
Вырубки	$\frac{0,2}{6,0}$	$\frac{1,4}{10,0}$	$\frac{2,5}{12,0}$	$\frac{0,6}{8,0}$

Рыжая полевка *Clethrionomys glareolus* Schreber. Рыжая полевка относится к политоппым видам в Беларуси и заселяет различные биотопы (таблица 2).

Предпочитает смешанные, дубово-грабовые и сосновые леса с хорошо развитым богатым подлеском. В этих лесах она доминирует, на ее долю приходится 30,5–58,2% от всех микромаммалий, при этом характер биотопического размещения зверьков сохраняется в различные сезоны года и мало зависит от общей численности всего комплекса мелких млекопитающих.

В годы высокой численности зверьки расселяются в другие, менее пригодные для их жизнедеятельности биотопы. В периоды низкой численности они концентрируются в местообитаниях с лучшими ремизными условиями. В Беловежской пуще [1] рыжая полевка заселяет различные биотопы, во многих из них является доминантом.

В ольшаниках рыжая полевка занимает второе место после обыкновенной бурозубки. На ее долю приходится не менее 18,0% от всех микромаммалий. Во все сезоны

года зверьки добывались на вырубках, где рыжая полевка составляет 18,0–30,3% населения мелких млекопитающих.

Таблица 2 – Сезонные изменения биотопического размещения рыжей полевки по данным суммарных учетов ловушками (в числителе – количество зверьков на 100 лс., в знаменателе – доля от улова, %)

Биотоп	Весна	Лето	Осень	Зима
Дубово-грабовый лес	$\frac{0,9}{40,0}$	$\frac{3,8}{53,4}$	$\frac{4,6}{46,6}$	$\frac{0,8}{45,0}$
Широколиственно-сосновый лес	$\frac{1,2}{36,0}$	$\frac{6,5}{40,0}$	$\frac{8,4}{55,0}$	$\frac{0,4}{30,5}$
Сосняк-черничник	$\frac{0,8}{34,5}$	$\frac{3,4}{42,6}$	$\frac{4,6}{50,0}$	$\frac{1,5}{50,0}$
Суборь-черничник	$\frac{1,5}{58,0}$	$\frac{3,6}{44,0}$	$\frac{6,7}{58,2}$	$\frac{1,3}{36,0}$
Ольшаник	$\frac{0,4}{25,0}$	$\frac{2,0}{36,0}$	$\frac{4,3}{38,5}$	$\frac{0,6}{26,0}$
Вырубки	$\frac{0,6}{20,0}$	$\frac{3,3}{25,0}$	$\frac{3,8}{30,3}$	$\frac{0,8}{18,0}$

На лугах и других сельскохозяйственных угодьях рыжая полевка весной и зимой не попадалась в ловушки. Летом и осенью добывались в незначительном количестве прибылые полевки, очевидно, расселяющиеся из лесных близлежащих биотопов.

Темная полевка *Microtus agrestis* L. В юго-западной Беларуси темная полевка предпочитает ольшаники, широколиственно-сосновый лес, вырубки, поляны, окраины болот (таблица 3). В этих и других биотопах зверьки концентрируются во влажных захламленных участках с зарослями кустарников и травянистых растений. Размещение полевков зависит также от сезона года и плотности популяции зверьков.

Полевка-экономка *Microtus oeconomus* Pall. В Брестской области: (Брестский, Березовский, Ивацевичский, Каменецкий и др. районы) полевка-экономка (120 регистраций) предпочитает (%) луговые (20,8) и лугово-лесные станции (45,9), травянистые болота (20,8) и поросшие осокой берега лесных водоемов (12,5).

Таблица 3 – Биотопическое распределение темной полевки (число зверьков на 100 лс)

Биотоп	Сезон			
	Весна	Лето	Осень	Зима
Сосняк-черничник	–	–	0,4	–
Суборь-черничник	–	–	0,6	0,2
Дубово-грабовый лес	0,1	0,7	0,1	0,3
Ольшаник старовозрастной	0,4	0,6	1,1	0,5
Молодой ольшаник в пойме рек	0,1	0,8	1,1	0,7
Окраины болот	0,3	0,8	1,4	0,9
Вырубки, поляны	0,1	0,4	0,5	0,3

Подземная полевка *Microtus subterraneus* Selys – Longchamps. Подземная полевка добывалась нами в широколиственных и смешанных лесах Беловежской пуци в 1968–1984 гг., в Брестском районе (окр. д. Томашовка) в 1982–2003 гг. и в двух случаях в Ивацевичском районе [1]. Местообитания отдельных группировок (семей) подземных

полевков относительно легко определяются в природе по характерным для них выбросам земли, которые обычно сгруппированы в 9–18 кучек и занимают площадь 25–48 м². Таких скоплений выбросов мы отмечали в 2004–2009 гг. от 2 до 10 на 1 га земли. За последние 5 лет исследований нами было добыто 8 полевков в сосново-широколиственных лесах и 5 в смешанном лесу Томашовского лесничества Брестского лесхоза.

Грызуны как компоненты зооценозов распределяют территорию между собой по принципу равновесия и доминирования каждого вида в оптимальных для них условиях. Основным фактором распределения, на наш взгляд, являются: кормность биотопов, микроклимат, биоценотические взаимоотношения и межвидовая конкуренция в местах совместного обитания.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Блоцкая, Е.С. Популяционная экология мелких млекопитающих юго-западной и центральной Беларуси / Е.С. Блоцкая, В.Е. Гайдук. – Брест : БрГУ, 2004. – 187 с.
2. Блоцкая, Е.С. Биоразнообразие микромаммиалей биосферного резервата «Прибужское Полесье» / Е.С. Блоцкая // материалы междунар. науч.-практ. конф., Брест, 15–16 октября 2008 г. / Брест. гос. ун-т им. А.С. Пушкина; под ред. А.Н. Тарасюк [и др.]. – Брест : Изд-во БрГУ, 2008. – С. 10–13.
3. Лукашук, Н.А. Биоразнообразие позвоночных животных биосферного резервата «Прибужское Полесье» / Н.А. Лукашук, Е.С. Блоцкая, В.Е. Гайдук // Биомониторинг природных и трансформированных экосистем: материалы междунар. науч.-практ. конф., Брест, 15–16 октября 2008 г. / под ред. А.Н. Тарасюк [и др.] / Брест : Изд-во БрГУ, 2008. – С. 98–102.
4. Красная книга Республики Беларусь: животные // Редкие и исчезающие виды диких животных ; под ред. Л.И. Хоружик [и др.] / Минск : Беларус. энциклопедия, 2004. – 320 с.
5. Карасева, Е.В. Грызуны России / Е.В. Карасева, Ю.В. Тошигин. – М. : ИЭМЭЖ им. Н.А. Северцова, 1993. – 166 с.
6. Наумов, Н.П. Экология животных / Н.П. Наумов. – М. : Высшая школа, 1963. – 618 с.
7. Новиков, Г.А. Полевые исследования по экологии наземных позвоночных / Г.А. Новиков. – М. : Советская наука, 1953. – 502 с.
8. Савицкий, Б.П. Млекопитающие Беларуси / Б.П. Савицкий, С.В. Кучмель, Л.Д. Бурко // Млекопитающие Беларуси. – Минск : Изд. центр БГУ, 2005. – 319 с.
9. Ивантер, Э.В. Популяционная экология мелких млекопитающих таежного Северо-Запада СССР / Э.В. Ивантер. – Л. : Наука, 1975. – 245 с.
10. Башенина, Н.В. Пути адаптаций мышевидных грызунов / Н.В. Башенина. – М. : Наука, 1977. – 355 с.
11. Юркевич, И.Д. Растительность Белоруссии и ее картографирование, охрана и использование / И.Д. Юркевич, Д.С. Голод, В.С. Адерихо. – Минск : Наука и техника, 1979. – 248 с.

E.S. Blotskaya. The Biotopes Distribution of the Rodents (*Rodentia*) and Significance in the Association of the Small Mammals of the Forest Ecosystems

The investigation was carried out in 2004–2009 in different seasons of the year.

The primary factors the biotopes distribution of the small mammals are the forage reserve, protective condition, microclimate, interspecific struggle and the biocenosis relations.

The dominant of the species in the forest ecosystems are red mouse (*Clethrionomys glareolus* Schreber) and yellow-throat mouse (*Apodemus flavicollis* Melch). They are constituents 70% from all of the small rodents.

УДК 631.811.98

С.М. Ленивко, Ю.В. Кирисюк, Н.П. Ерчак

ВЛИЯНИЕ МАЛЫХ МОЛЬНЫХ КОНЦЕНТРАЦИЙ БИСИЛИЛЬНЫХ ПЯТИКООРДИНИРОВАННЫХ СОЕДИНЕНИЙ НА МОРФОФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ТРЕХ ВИДОВ ГАЗОННЫХ ТРАВ

Проведена оценка влияния малых мольных концентраций (10^{-4} и 10^{-5}) водных растворов D и L оптических изомеров двух бисилильных пятикоординированных соединений (E-2066 и E-2076) на лабораторную всхожесть и рост проростков мятлика лугового (*Poa pratensis L.*), полевицы обыкновенной (*Agrostis vulgaris With.*), овсяницы красной (*Festuca rubra L.*). Установлены концентрации, показывающие статистически достоверный стимулирующий эффект по изученным морфофизиологическим показателям.

Роль кремния как биогенного элемента велика для растений. Благоприятное действие кремния в составе кремнезема и силикатов, в первую очередь, на рост различных видов растений доказано многими авторами [3]. В литературе имеются сведения о возможности повышения природной устойчивости растений с помощью соединений кремния к различным абиогенным стрессовым факторам. Так, в работе В.В. Матыченкова экспериментально доказано, что при оптимальном кремниевом питании повышаются всхожесть семян и устойчивость растений к солевой токсичности, нехватке воды, низким температурам, присутствию тяжелых металлов и других загрязняющих веществ. В частности, отсутствие кремния неблагоприятно влияет на всхожесть, рост и урожайность зерновых, в основном, риса, а также сахарного тростника, подсолнечника, таких культур, как картофель, свекла, морковь, огурцы и томаты [9]. Повышенная засухоустойчивость растений связывается со способностью поликремниевых кислот удерживать молекулы воды внутри растительного организма с последующим их высвобождением в условиях почвенной и воздушной засухи [8]. Кремнийорганические соединения могут повышать устойчивость растений, стабилизируя клеточные мембраны путем упрочнения белково-липидных связей. Показано, что промышленный препарат мивал (1-хлорметилсилатран) в растительной клетке метаболизируется на два основных структурных компонента – триэтаноламин и хлорметилполисилоксан. Фундаментальное свойство полисилоксанов – гидрофобизация смачиваемых поверхностей [5; 11, с. 362].

Основным источником кремния для растений является почва. Кремний поглощается растениями в виде растворенных кремниевых кислот, силикатов и коллоидного кремнезема. Лишь немногие растения (злаки, осоки, пальмы, хвощи) могут концентрировать кремний, получая его из почвы. Ассимиляция кремнезема является не простой диффузией раствора кремнекислоты, а метаболическим процессом. Однако метаболический процесс ассимиляции кремния растениями в основе также является диффузионным, но до тех пор, пока количество доставляемого кремнезема не превысит потребности растения. После этого диффузия начинает регулироваться физиологической системой растения [1, с. 11].

Показано, что растения способны к перераспределению кремния внутри организма и обладают механизмом, обеспечивающим его целенаправленное концентрирование в органах и/или тканях, подверженных стрессу [9]. У злаков этот элемент в основном концентрируется в стебле [7]. Полагают, что поглощенная растениями кремнекислота прежде всего связывается с низкомолекулярными углеводами, а затем, по мере их трансформации в целлюлозу, накапливается с ней в стенках клеток [4, с. 121]. Накопление кремния может происходить как в оболочке, так

и внутри клетки – в виде конкреций кремнезема, причем окремнение обычно начинается с клеточной мембраны, откуда оно может распространяться как внутрь клетки, так и наружу. Кремнекислота может пропитывать или покрывать наружные стенки клеток. Везде, где стенки клеток утолщены целлюлозой или лигнином, они пропитаны и кремнеземом. Кремнийсодержащие клетки наиболее часто располагаются в эпидермисе растений [4, с. 115]. Таким образом, от способности растений накапливать кремний в своих тканях зависит крепость стебля, устойчивость к полеганию и в целом к негативному воздействию внешних факторов.

В связи с потенциальными возможностями кремния, а также с имеющимися важными практическими результатами в настоящее время ведется поиск и синтез доступных его форм для растений. Перспективность проводимых нами исследований связана с выявлением положительных фактов влияния новых синтезированных биссилильных пятикоординированных соединений на морфофизиологические показатели растений различных видов газонных трав, испытывающих повышенную нагрузку, связанную с антропогенным воздействием на условия их произрастания.

Объекты и методы исследования

Объектом наших исследований явились семена трех видов многолетних злаков – мятлик луговой (*Poa pratensis L.*), полевица обыкновенная (*Agrostis vulgaris With.*), овсяница красная (*Festuca rubra L.*), используемых для составления смесей газонных трав. Выбор объекта исследования, в первую очередь, обусловлен различным процентным содержанием кремния в сухом веществе растений этих видов. Так, по данным М.Г. Воронкова, овсяница красная содержит 0,77%, полевица обыкновенная – 1,35% кремния, а наибольший процент кремния (3,53%) содержит мятлик луговой [4, с. 99–101]. Поскольку средообразующая роль злаков, а также их практическая значимость связаны с особенностями морфологии, то при выборе объекта учитывались особенности типа кущения. Так, овсяница красная является примером рыхлокустовых злаков, у которых наиболее сильные побеги находятся в средней части зоны кущения. У мятлика лугового наиболее сильные побеги закладываются в нижней части зоны кущения, что способствует быстрому разрастанию этого рыхлокустового злака [2, с. 101]. Полевица обыкновенная – рыхлодерновинное растение с укороченным корневищем [8, с. 36].

В ходе биологических исследований была проведена серия экспериментов с использованием D и L оптических изомеров двух биссилильных пятикоординированных соединений (E-2066 и E-2076), хорошо растворимых в воде и устойчивых к гидролизу, в малых концентрациях 10^{-4} М и 10^{-5} М. Контролем служила дистиллированная вода и эпин в концентрации, рекомендованной производителем (0,025 г/л).

В каждом варианте опыта была использована навеска приблизительно 100 семян. Проращивали семена в стаканах объемом 50 мл на фильтровальной бумаге, увлажненной исследуемым соединением определенной концентрации, при комнатной температуре. Для создания оптимальной влажности и меньшего испарения стаканы закрывали крышками из фольги. По мере подсыхания добавляли дистиллированную воду. Реакцию мятлика лугового, овсяницы красной и полевицы обыкновенной на обработку их семян различными концентрациями исследуемых соединений оценивали по проценту проросших семян на 10 сутки эксперимента и средней длине проростков. Средняя длина проростков измерялась у 30 растений в каждом варианте опыта.

Полученные данные лабораторных исследований по рострегулирующей активности малых молярных концентраций водных растворов E-2066D, E-2066L, E-2076D, E-2076L обрабатывали с использованием стандартного пакета анализа данных программы Excel. Достоверность данных определяли по t-критерию Стьюдента [10].

Результаты исследования и их обсуждение

Результаты исследований влияния малых мольных концентраций водных растворов соединений E-2066D, E-2066L, E-2076D, E-2076L на морфофизиологические показатели растений трех видов газонных трав приведены в таблицах 1 и 2.

Таблица 1 – Влияние малых мольных концентраций соединений E-2066 и E-2076 на лабораторную всхожесть семян трех видов газонных трав

Вариант опыта	Лабораторная всхожесть, %			
	овсяница красная	полевица обыкновенная	мятлик луговой	
E-2066D	10 ⁻⁴ М	58,1 ± 5,3	45,5 ± 6,1	45,5 ± 6,1
	10 ⁻⁵ М	85,2 ± 4,8*	55,3 ± 7,3	38,8 ± 5,4
E-2066L	10 ⁻⁴ М	58,5 ± 5,1	47,1 ± 4,9	46,2 ± 6,2*
	10 ⁻⁵ М	69,8 ± 4,3	21,1 ± 4,2	43,8 ± 5,5
E-2076D	10 ⁻⁴ М	70,4 ± 5,1	64,7 ± 5,2*	31,3 ± 5,7
	10 ⁻⁵ М	51,7 ± 5,4	31,3 ± 5,7	27,3 ± 5,5
E-2076L	10 ⁻⁴ М	62,2 ± 4,3	45,0 ± 5,0	39,4 ± 5,0
	10 ⁻⁵ М	43,3 ± 4,9	57,8 ± 5,4	38,0 ± 5,1
Контроль		67,1 ± 5,6	47,6 ± 5,5	30,2 ± 5,0
Эпин		7,6 ± 3,0	36,1 ± 5,7	10,9 ± 3,2

Примечание – * – достоверно при уровне значимости P < 0,05

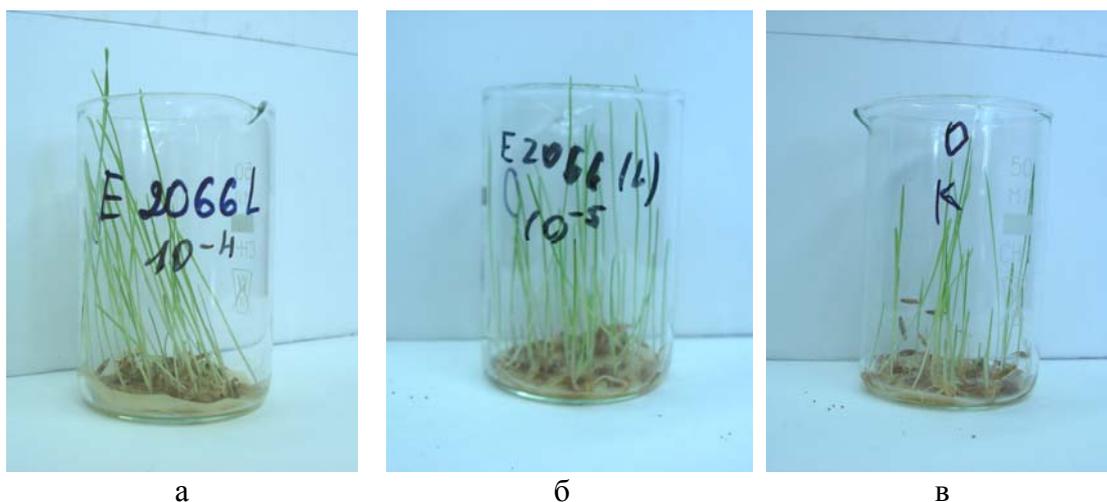
Таблица 2 – Влияние малых мольных концентраций соединений E-2066 и E-2076 на длину проростка трех видов газонных трав

Вариант опыта	Длина проростка, мм			
	овсяница красная	полевица обыкновенная	мятлик луговой	
E-2066D	10 ⁻⁴ М	42,1 ± 2,42	12,4 ± 1,15	18,5 ± 1,21
	10 ⁻⁵ М	35,5 ± 2,77	16,4 ± 1,03	11,4 ± 1,18
E-2066L	10 ⁻⁴ М	48,3 ± 2,49**	15,6 ± 0,83	18,3 ± 1,06
	10 ⁻⁵ М	50,4 ± 2,43**	10,5 ± 0,69	17,4 ± 1,48
E-2076D	10 ⁻⁴ М	43,4 ± 2,68	18,6 ± 0,64	23,7 ± 2,15**
	10 ⁻⁵ М	42,2 ± 3,64	21,9 ± 1,32	13,3 ± 1,12
E-2076L	10 ⁻⁴ М	41,1 ± 2,05	13,4 ± 0,91	14,7 ± 1,07
	10 ⁻⁵ М	42,8 ± 3,36	16,5 ± 0,72	14,0 ± 1,10
Контроль		39,0 ± 2,40	17,3 ± 1,23	15,4 ± 1,13
Эпин		21,0 ± 7,4	13,9 ± 0,75	7,2 ± 2,02

Примечание – ** – достоверно при уровне значимости P < 0,01

Наибольший достоверный стимулирующий эффект по показателю «лабораторная всхожесть» семян овсяницы красной был отмечен при применении 10^{-5} М концентрации соединения E-2066D (на 18,1% по сравнению с контролем). Также стимулирующий эффект был показан при обработке семян овсяницы красной 10^{-5} М раствором соединения E-2066L и 10^{-4} М раствором соединения E-2076D. Однако полученные данные оказались статистически недостоверными. По данному показателю наибольший достоверный стимулирующий эффект отмечен при воздействии 10^{-4} М раствором соединения E-2076D на семена полевицы обыкновенной (на 17,1% по сравнению с контролем). При обработке семян полевицы обыкновенной 10^{-5} М растворами соединений E-2066D и E-2076L наблюдалось также повышение показателя лабораторная всхожесть, хотя полученный результат статистически недостоверен. При обработке семян мятлика лугового соединением E-2066L в концентрации 10^{-4} М, процент проросших семян оказался на 16% выше по сравнению с контролем (при $P < 0,05$). Превышение контрольных данных по данному показателю у мятлика лугового наблюдалось еще в пяти вариантах опыта.

Оценка полученных результатов по второму показателю у трех видов газонных трав показала, что средняя длина проростков семян овсяницы красной по всем вариантам опыта, кроме 10^{-5} М раствора соединения E-2066D, превышала данные контроля. Причем воздействие исследуемыми концентрациями соединения E-2066L на семена овсяницы красной приводят к статистически достоверному эффекту по длине проростков (рисунок 1).



а

б

в

а – 10^{-4} М раствор соединения E-2066L,
б – 10^{-5} М раствор соединения E-2066L, в – контроль

Рисунок 1 – Проростки овсяницы красной

Несколько хуже оказался результат по стимулированию роста проростков мятлика лугового. Так, только в четырех из восьми испытываемых концентраций наблюдался ростстимулирующий эффект. При этом различия опытных и контрольных групп семян были не столь значительны. Только данные стимулирующего роста проростков мятлика лугового при воздействии на его семена соединения E-2076D в концентрации 10^{-4} М подтверждены статистически. Обработка семян полевицы обыкновенной опытными концентрациями исследуемых соединений вызвала незначительный ингибирующий эффект по данному показателю, за исключением концентрации 10^{-5} М раствора соединения E-2076D. Применение эпина в качестве стимулятора прорастания семян и роста проростков, исследуемых трех видов газонных трав, оказалось неэффективным.

Заклучение

Проведенные в настоящей работе исследования по оценке влияния малых мольных концентраций D и L оптических изомеров двух биссилильных пятикоординированных соединений (E-2066 и E-2076) подтвердили установленную нами ранее биологическую эффективность применения малых мольных концентраций бис(фенилметильных) производных кремния [6] при обработке семян газонных трав.

Выявленный статистически достоверный (при $P < 0,05$) стимулирующий эффект по показателю лабораторная всхожесть при обработке семян овсяницы красной, полевицы обыкновенной и мятлика лугового в проведенных вариантах опыта не коррелирует с таковым по показателю длина проростков. Это, по-видимому, связано с тем, что физиологические процессы выхода семян из состояния покоя и роста проростков находятся под контролем различных фитогормонов и их концентраций.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бабий, Л.Г. Кремний в водах зоны активного водообмена Белоруссии / Л.Г. Бабий. – Минск : Наука и техника, 1985. – 110 с.
2. Бавуто, Г.А. Учебно-полевая практика по ботанике: для вузов / Г.А. Бавуто. – Минск : Высш. шк., 1990. – 269 с.
3. Воронков, М.Г. Кремний в живой природе / М.Г. Воронков, И.Г. Кузнецов. – Новосибирск : Наука, 1984. – С.50–61.
4. Воронков, М. Г. Кремний и жизнь. Биохимия, фармакология и токсикология соединений кремния / М.Г. Воронков, Г.И. Зелчан, Э.Я. Лукевиц. – 2-е изд. – Рига : Зинатне, 1978. – 587 с.
5. Воронков, М. Г. Новый биостимулятор – «Мивал» в сельском хозяйстве / М.Г. Воронков, И. Г. Кузнецов, В.М.Дьяков. – М. : Наука, 1982. – С.87–89
6. Гидрооксалат метилбис(фенилметил)-γ-пиперидинопропилсилана / Н.П. Ерчак, В.В. Коваленко, С.М. Ленивко [и др.] // Журнал общей химии. – 2008. – Т. 78. – Вып. 9. – С. 1580–1581.
7. Колесников, М.П. Формы кремния в растениях / М.П. Колесников // Успехи биологической химии. – 2001, т. 41. – С. 301–332.
8. Матыченков, В.В. Кремниевые удобрения как фактор повышения засухоустойчивости растений / В.В. Матыченков [и др.] / Агрехимия. – 2007, № 5. – С. 63–67.
9. Матыченков, В.В. Роль подвижных соединений кремния в растениях и системе почва–растение: автореф. дис. ... док. биол. Наук : 24.12.2008 / В.В. Матыченков; Институт фундаментальных проблем биологии РАН. – Пущино, 2008. – 34 с.
10. Рокицкий, П.Ф. Биологическая статистика / П.Ф. Рокицкий. – 3-е изд. – Минск : Вышэйшая школа, 1973. – 320 с.
11. Сельскохозяйственная биотехнология / В.С. Шевелуха [и др.]; под ред. В.С. Шевелухи. – 2-е изд. – М. : Высшая школа, 2003. – 469 с.

S.M. Lenivko, J.V. Kirisjuk, N.P. Erchak. The Influence of Small Mole Concentrations of Bissilyl Pentacoordinated Compounds on Morphophysiological Characteristics of Three Kinds of Lawn Grasses

There was estimated in the laboratory the influence of small mole concentrations (10^{-4} M and 10^{-5} M aqueous solutions of D and L optical isomers of the two bissilyl pentacoordinated compounds E-2066 and E-2076) on germinating power and sprouts growth of *Poa pratensis* L., *Agrostis vulgaris* With. and *Festuca rubra* L. Concentrations revealing statistically reliable stimulating effect according to morphophysiological characteristics were defined.

УДК 599.33

А.А. Саварин**О ПОИМКАХ БУРОЗУБКИ СРЕДНЕЙ
(*Sorex caecutiens*)
НА ЮГО-ВОСТОКЕ БЕЛАРУСИ**

Приводятся сведения о находках (*Sorex caecutiens*) на юго-востоке Беларуси. Материал собран в 2006 и 2008 гг. Описаны экстерьерные и краниометрические особенности добытых особей вида и их сравнение с литературными данными.

Введение

Бурозубка средняя (*Sorex caecutiens* Laxmann, 1788) – один из малоизученных [1] аборигенных видов (о чем свидетельствуют находки в ископаемых остатках плейстоцена и голоцена [2]) териофауны Республики Беларусь, сведения по которому носят фрагментарный и противоречивый характер. В териологической литературе статус данного вида землероек традиционно оценивается как «обыкновенный немногочисленный вид». Сходной точки зрения придерживались и авторы «Определителя млекопитающих Беларуси», изданного в 1967 году [3]. Однако в многочисленных публикациях (сделанных даже в последние годы) по комплексам микромаммалий ряда регионов Беларуси (Центральное Полесье, Полесский ГРЭС и др.) бурозубка средняя не указывается [4–6]. Представляют интерес сведения о распространении вида на сопредельных к Гомельской области территориях. В 1992 г. несколько особей средней бурозубки было отловлено в коренной дубраве и зеленомошно-долгомошном сосняке заповедника «Брянский лес» [7]. В Чернобыльской зоне вид не зарегистрирован [8], поимки на территории Украины единичны [9]. Интенсивные многолетние исследования на западе республики внесли существенные дополнения в познание экологии этой землеройки. Так, средняя бурозубка «предпочитает захламленные валежником низины в травяно-зеленомошных сосняках с примесью лиственных пород» [10, с. 32]. По оценкам [10], средняя бурозубка в предпочитаемых биотопах составляет в уловах до 8% от всех мелких млекопитающих. Относительная численность на 100 ловушко-суток от 0,05 до 2 особей. Сходные сведения получены и по Березинскому заповеднику: вид является довольно обычным и широко распространенным [11].

Вместе с тем необходимо подчеркнуть следующее: в териологических сводках республики, как правило, не указываются основания для отнесения отловленных особей к тому или иному виду бурозубок, т. е. диагностические признаки, прежде всего краниологические. Поэтому можно предполагать определенную долю ошибок в видовой диагностике бурозубок. На данное обстоятельство указывают и другие авторы [12]. Таким образом, вопрос о статусе бурозубки средней на территории Беларуси нельзя считать решенным, что требует продолжения изучения данного вопроса, прежде всего путем тщательного анализа собранного материала.

По литературным источникам [9; 11; 13; 14], основными диагностическими краниологическими признаками *S. caecutiens* являются (в комплексе): кондиллобазальная длина 16–18 мм, в среднем около 17–17,5; наибольшая ширина черепа 7,8–10 мм, в среднем 8–9; промежуточные зубы достаточно равномерно уменьшаются в размерах.

Материал и методы исследований

Весной 2006 г. одна особь бурозубки средней была найдена мертвой в воде при разливе р. Днепр и затоплении пойменной дубравы Днепро-Сожского биологического заказника в Лоевском районе (рисунок 1).

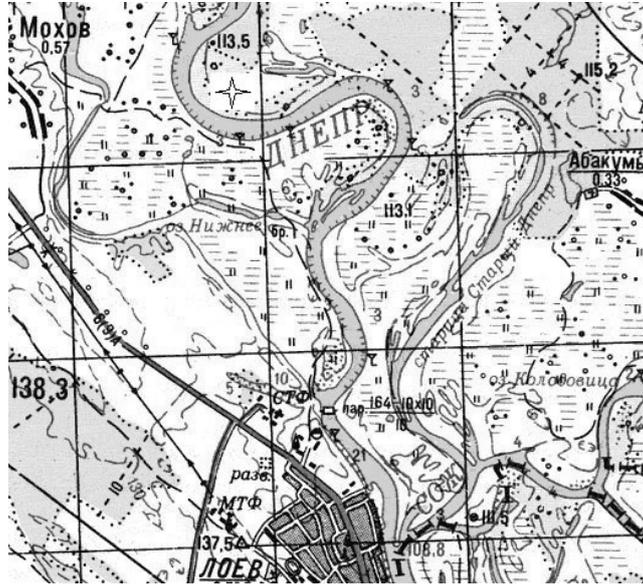


Рисунок 1 – Место находки бурозубки средней в Лоевском районе (обозначено ☆)

Летом 2008 г. одна особь поймана ловушкой Барбера на территории Гомельского района, в лиственном лесу, расположенном между деревнями Роги-Илецкий и Грабовка (рисунок 2).

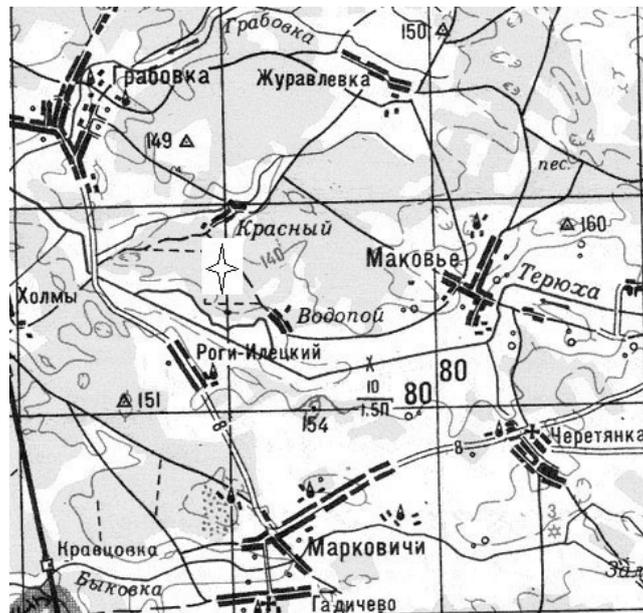


Рисунок 2 – Место находки бурозубки средней в Гомельском районе (обозначено ☆)

Для видовой диагностики особей *S. caecutiens* и их дифференциации от других видов рода (малой, *S. minutus* и обыкновенной, *S. araneus*) использовали черепа особей указанных двух видов, отловленных в тех же местообитаниях. Для изучения особенностей зубной системы использовали микроскоп МБС и ручные 7^x , 10^x лупы. Промеры черепа измерялись штангенциркулем с точностью 0,1 мм. Собранный материал после фотографирования анализировался с использованием компьютерной техники. Масса тела зверьков ввиду их долгого нахождения в воде не учитывалась.

Результаты и обсуждение

Отловленные две зимовавшие особи имели следующие экстерьерные признаки: окраска спины – темно-коричневая, плавно переходит в светло-серую окраску брюха. Хвост с ярко выраженной двухцветностью: бурый сверху, серо-белый снизу. Голова сильно заужена и имеет заметный перехват в области глаз. Промеры тела составляют: $L = 51/55$; $Ca = 34/36$; $Pl = 10,2/11$ мм. Соотношение длины хвоста к длине тела 0,65–0,67.

Наибольшую диагностическую ценность имеют краниометрические признаки: кондилобазальная длина и наибольшая ширина черепа соответственно – 17,1/17,2 и 8,2/8,3 мм. Череп средней бурозубки заметно отличается по указанным метрическим характеристикам от черепов малой и обыкновенной бурозубок (рисунок 3). Так, кондилобазальная длина черепа малой бурозубки составляет до 16,5 мм (обычно 15–16 мм), а обыкновенной – более 18 мм (18,5–20 мм) [9].

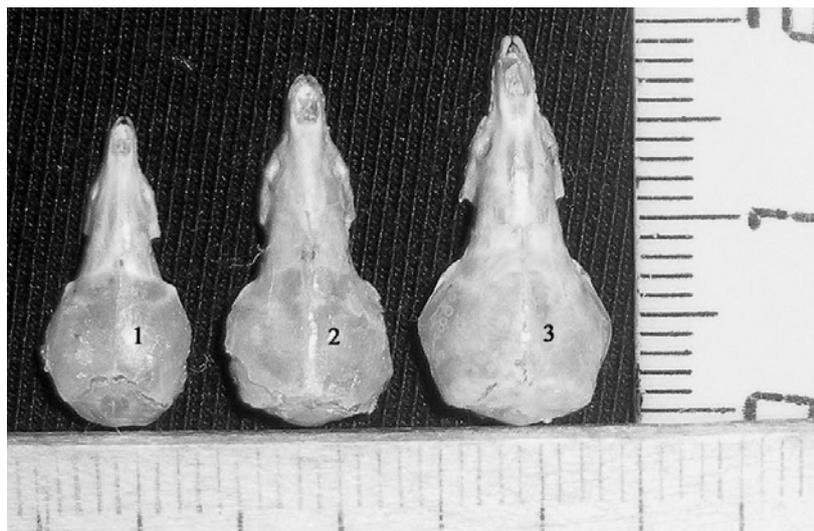


Рисунок 3 – Размеры черепа малой (1), средней (2) и обыкновенной бурозубок

У двух пойманных особей средней бурозубки первые четыре промежуточных зуба верхней челюсти (рисунок 4) мало различались по размеру и постепенно уменьшались от первого к четвертому. Пятый промежуточный зуб был очень мал.

Таким образом, сравнение выявленных экстерьерных признаков и краниологических особенностей с литературными сведениями по видовой дифференциации землероек р. *Sorex* позволяет утверждать, что две анализируемые особи относятся к одному виду – бурозубка средняя (*Sorex caecutiens*).

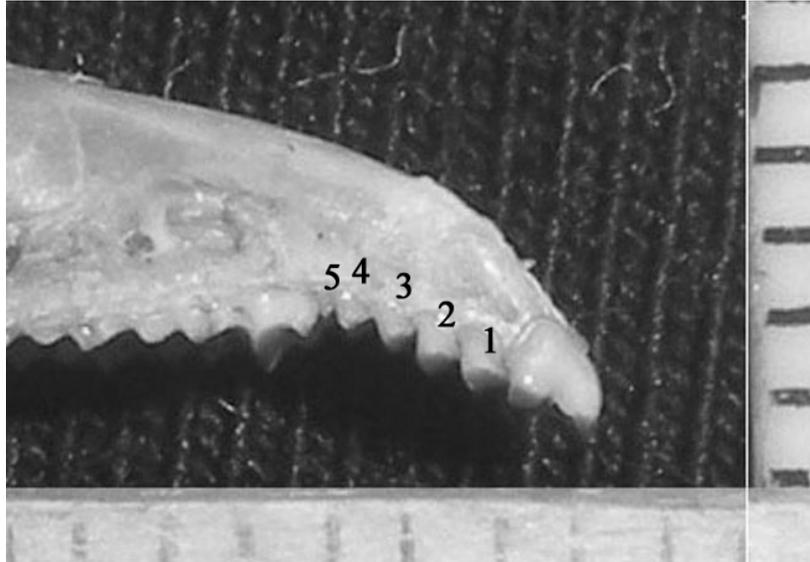


Рисунок 4 – Промежуточные зубы (1-5) средней бурозубки

Так как землеройки пойманы на востоке (Гомельский район) и юго-западе (Лоевский район) Гомельской области, а также на основе исследований [7; 10] следует полагать, что вся территория Белорусского Полесья входит в современный ареал средней бурозубки. Вместе с тем статус данного вида на юго-востоке Беларуси оцениваем как «редкий вид». Наше точка зрения основана на том что несмотря на проведенные многолетние исследования комплекса мелких млекопитающих в регионе, особи бурозубки средней попадаются впервые. Не исключено также, что широкое распространение и высокая численность средней бурозубки на западе Беларуси [10] в определенной степени обусловлены и самой высокой в республике (около 14%) общей площадью ООПТ Брестской области.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Козло, П.Г. Фаунистический анализ млекопитающих (Mammalia) и актуальные проблемы их изучения в Беларуси / П.Г. Козло // Вес. Нац. акад. навук Беларусі. Сер. біял. навук. – 2005. – № 1. – С. 92–98.
2. Еловичева, Я.К. Эволюция природной среды территории Беларуси в плейстоцене и голоцене по данным опорных разрезов / Я.К. Еловичева, А.Н. Мотузка, Д.Л. Иванов // Весн. Беларус. гос. ун-та. Сер. 2. Химия. Биология. География. – 2009. – № 1. – С. 88–99.
3. Сержанин, И.Н. Определитель млекопитающих Белоруссии / И.Н. Сержанин, Ю.Н. Сержанин, В.В. Слесаревич. – Минск : Наука и техника, 1967. – С. 25.
4. Зенина, И.М. Мелкие млекопитающие трансформированных территорий Центрального Полесья / И.М. Зенина // Фауна в антропогенном середовищі. Серія: Праці Теріологічної Школи, випуск 8. – Луганськ, 2006. – С. 165–174.
5. Кучмель, С.В. Степень изученности видового состава наземных млекопитающих Полесского ГРЭС / С.В. Кучмель // Актуальные проблемы экологии : материалы I Междунар. конф., 6–8 октября 2004 г. / Гродненский гос. ун-т; редкол.: Н.П. Канунникова [и др.]. – Гродно, 2005. – С. 41–44.

6. Бурко, Л.Д. Структура фауны микромаммалій Воложинского района / Л.Д. Бурко [и др.] // *Вестн. Белорус. гос. ун-та. Сер. 2. Химия. Биология. География.* – 2007. – № 3. – С. 56–60.
7. Шварц, Е.А. Мелкие наземные млекопитающие заповедника «Брянский лес» / Е.А. Шварц [и др.] // *Вестник зоологии.* – 1997. – № 3. – С. 25–32.
8. Гащак, С.П. Фауна хребетних тварин Чорнобильської зони відчуження (Україна) / С.П. Гащак, Д.О. Вишневський, О.О. Заліський. – *Славутич : Вид-во Чорнобильського центру з проблем ядерної безпеки, радіоактивних виходів та радіоекології,* 2006. – С. 59.
9. Загороднюк, И.В. Редкие виды бурозубок на территории Украины: легенды, факты, диагностика / И.В. Загороднюк. // *Вестник зоологии.* – 1996. – № 6. – С. 53–69.
10. Блоцкая, Е.С. Популяционная экология мелких млекопитающих юго-западной и центральной Беларуси / Е.С. Блоцкая, В.Е. Гайдук. – Брест : Изд-во Брест. ун-та, 2004. – С. 30–32.
11. Борисенко, А.В. Новые для Березинского биосферного заповедника виды млекопитающих (Chiroptera, Insectivora) / А.В. Борисенко, С.В. Крускоп, А.П. Каштальян // *Вестник зоологии.* – 1999. – № 6. – С. 107–113.
12. Савицкий, Б.П. Млекопитающие Беларуси / Б.П. Савицкий, С.В. Кучмель, Л.Д. Бурко. – Минск : Изд. центр БГУ, 2005. – С.57.
13. Гуреев, А.А. Землеройки (Soricidae) фауны мира / А.А. Гуреев. – Л. : Наука, 1971. – С. 99–101.
14. Юдин, Б.С. Насекомоядные млекопитающие Сибири / Б.С. Юдин. – Новосибирск : Наука, 1989. – С. 263–282.

A.A. Savarin. About the Record of Sorex Caecutiens in South-Eastern Belarus

New data on the record of *Sorex caecutiens* in South-Eastern Belarus are presented. The material was collected in 2006 and 2008. Description of external and craniometric characters of collected samples of *Sorex caecutiens* is given and compared with literary data.

УДК 612.014

Г.Е. Хомич, Н.К. Саваневский

ВОЗРАСТНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ НЕКОТОРЫХ ВЫЗВАННЫХ ПОТЕНЦИАЛОВ, КОРРЕЛИРУЮЩИХ С НАПРЯЖЕНИЕМ ВНИМАНИЯ

Излагаются результаты исследования слуховых вызванных потенциалов у людей разного возраста. Обнаружены возрастные различия в параметрах компонентов N_{200} и P_{300} при предъявлении пары звуковых стимулов, требующих для их различения максимального привлечения внимания.

Введение

В основе высоких результатов во многих видах спорта лежит способность спортсмена максимально быстро реагировать двигательной реакцией на стартовый сигнал или на действия соперника. Центральные механизмы управления спортивной моторикой обеспечиваются сложными иерархическими процессами, протекающими в нейромоторных центрах спинного мозга, мозжечка, ствола головного мозга и особенно коры больших полушарий. Произвольные движения спортсмена в ответ на действия товарищей по команде, а также соперников, не могут быть адекватными без эффективного включения такой психофизиологической функции, как активное, или направленное, внимание.

Установлено, что направленное внимание во время поступления и анализа информации сопровождается генерацией и изменением амплитудно-временных характеристик таких компонентов вызванных потенциалов, как негативности N_{200} и N_{500} , позитивность P_{300} и поздний позитивный комплекс, регистрируемых электроэнцефалографическим методом с разных областей коры больших полушарий [1; 2; 3]. Показано, что эти изменения неодинаково проявляются в условиях внимания и невнимания, а также имеют возрастные особенности, обусловленные постепенным и гетерохронным созреванием различных областей коры головного мозга в онтогенезе [3; 4; 5].

Недостаточно изученными в возрастном аспекте пока остаются электроэнцефалографические корреляты внимания, вызываемые поступлением слуховых сигналов. Однако именно словесная информация играет важнейшую роль во взаимосвязи тренера и спортсмена, учителя и ученика.

Целью нашей работы явилось изучение возрастных особенностей компонентов слуховых вызванных потенциалов (СВП) N_{200} и P_{300} при предъявлении пары звуковых стимулов, требующих различения. Экспериментальная часть исследования выполнена на базе лаборатории нейро- и психофизиологии НИИ физиологии детей и подростков Российской Академии образования. В эксперименте участвовали испытуемые трех возрастных групп по 15 человек в каждой. Первую группу составили учащиеся 7–8 лет, вторую – школьники 9–10 лет, третью – взрослые люди 20–40 лет. В экспериментальные группы подбирались имевшие нормальную остроту слуха здоровые праворукие испытуемые с высоким коэффициентом правшества.

Слуховые вызванные потенциалы регистрировались монополярно. При регистрации СВП хлорсеребряные неполяризующиеся электроды располагались на голове испытуемого в затылочной (О), теменной (Р), центральной (С) и лобной (F) областях по сагитальной линии. Во время обследования испытуемый находился в затемненной звукоизолированной камере в положении сидя, с закрытыми глазами. Ему предъявлялись с интервалом в 2,0 с два звуковых сигнала (C_1 и C_2), имевшие одинаковую частоту (1250 Гц), но разную громкость. При предъявлении менее громкого сигнала C_1 испы-

туемый должен был оставаться неподвижным, а при появлении более громкого (на 10 Дб) сигнала S_2 испытуемый должен был максимально быстро ответить нажатием на кнопку. Сравнение и дифференциация в паре похожих стимулов S_1 и S_2 представляли значительную трудность и требовали привлечения активного внимания.

Звуковые сигналы поступали от ЭВМ ДЗ-28 через цифро-аналоговый преобразователь к звуковому генератору, от которого звуковые тоны подавались испытуемому через динамик. Биоэлектрические потенциалы от электродов поступали через усилитель на коммутатор, затем в аналого-цифровой преобразователь и в ЭВМ ДЗ-28 с дальнейшим выводом на самописец. Достоверность различий амплитудных и временных характеристик слуховых вызванных потенциалов оценивали по критерию Стьюдента.

В результате проведенных нами исследований было установлено, что в ситуации, не требующей напряжения внимания (стимул S_1), отчетливо регистрируется компонент N_{200} , амплитуда которого с возрастом достоверно не изменяется, но наблюдается уменьшение пиковой латентности и длительности волны. Согласно литературным данным, компонент N_{200} является гетерогенным по своей структуре. В нем отражаются как сенсорный анализ, так и процессы ненаправленного и направленного внимания. Поскольку указанные изменения с возрастом нами не обнаружены, можно предполагать, что в ситуации, не требующей привлечения внимания, на динамику компонента N_{200} не оказывает влияние формирование механизмов внимания в онтогенезе. Уменьшение временных параметров данного компонента, очевидно, связано с созреванием сенсорного входа.

Иная картина наблюдалась в ситуации привлечения внимания к стимулу (S_2). Полученные нами данные свидетельствуют о том, что необходимость дифференцировки стимула приводит к увеличению с возрастом амплитуды компонента N_{200} , максимальном в центральной зоне коры больших полушарий – фокусе максимальной активности СВП. Так, в центральной области коры правого полушария амплитуда компонента N_{200} достоверно увеличивалась в старшей группе детей по сравнению с младшей на 24,4%, а в группе взрослых по отношению к 7–8-летним школьникам – на 43%. В центральной области левого полушария у взрослых испытуемых амплитуда N_{200} была выше, чем у 7–8-летних школьников на 17,7% и 9–10-летних – на 15,7%. Увеличение амплитуды компонента N_{200} от 7–8 до 20–40 лет в ситуации напряженного внимания указывает на увеличивающийся с возрастом вклад внимания, отражающийся на параметрах компонента N_{200} .

Существенные изменения с возрастом претерпевает такой компонент СВП, как P_{300} . В ситуации, не требующей привлечения внимания, этот компонент, отчетливо выраженный у взрослых во всех областях коры больших полушарий, у детей 7–8 лет не обнаруживается, а у детей 9–10 лет регистрируется только в левой теменной области. Эти данные следует рассматривать в русле имеющихся представлений о структуре P_{300} и корреляции ее с психофизиологическими функциями.

Известно, что наиболее существенными из условий, необходимых для возникновения P_{300} , являются неожиданность стимула и его значимость для выполнения поставленной задачи. Предполагается, что наличие или отсутствие P_{300} не определяется однозначно необходимостью реагировать на стимул, а зависит от общей стратегии испытуемого. По-видимому, обнаруженное нами отсутствие этой волны у 7–8-летних детей и единичное проявление в редуцированной форме у школьников 9–10 лет, при хорошей ее выраженности у взрослых, свидетельствует о разной стратегии внимания у этих групп испытуемых, что обусловлено, вероятно, степенью зрелости соответствующих мозговых структур. Поскольку стимул S_1 требовал минимального напряжения внимания, то вышеприведенные данные о волне P_{300} свидетельствуют также о слабой когнитивной обработке информации у детей, если к ней не привлечено активное внимание.

В пользу этого предположения свидетельствуют наши данные, полученные при исследовании компонента P_{300} на стимулы C_2 , требующие привлечения внимания. Было установлено, что уже в 7–8-летнем возрасте в такой экспериментальной ситуации регистрируется компонент P_{300} в левой центральной области, а у 9–10-летних школьников – в левой центральной и изредка в левой теменной областях (таблица). У взрослых испытуемых этот компонент отчетливо выражен во всех исследуемых областях коры больших полушарий.

Следует отметить, что амплитуда и длительность P_{300} с возрастом увеличивалась, а пиковая латентность уменьшалась. Наибольшая выраженность позитивности наблюдалась в левой центральной области коры больших полушарий. Амплитуда P_{300} у 9–10-летних детей была выше, чем у 7–8-летних в 4,1 раза, а у взрослых по отношению к детям 9–10 лет – в 3,1 раза. Значения амплитуды данной позитивности у взрослых превышали таковые у 7–8-летних детей в 12,7 раза. Длительность P_{300} у взрослых была больше, чем у 7–8-летних школьников на 107,1 мс, а по сравнению с 9–10-летними учениками – на 77,1 мс. Пиковая латентность уменьшалась у 9–10-летних школьников по сравнению с 7–8-летними на 93 мс (таблица).

Таблица – Амплитудно-временные показатели P_{300} в ответах теменных и центральных областей коры на стимул C_2 у лиц разного возраста ($\bar{x} \pm S\bar{x}$)

Показатель	Возраст, лет	Области коры больших полушарий			
		левая теменная	правая теменная	левая центральная	правая центральная
Амплитуда, мкВ	7 – 8	–	–	1,3 ± 0,4	–
	9 – 10	–	–	5,3 ± 0,5	–
	20 – 40	13,7 ± 0,9	14,4 ± 1,0	16,2 ± 1,3	13,3 ± 1,1
	P_{2-1}			<0,001	
	P_{3-1}			<0,001	
	P_{3-2}			<0,001	
Пиковая латентность, мс	7 – 8	–	–	393,8 ± 16,4	–
	9 – 10	–	–	300,8 ± 16,8	–
	20 – 40	309,2 ± 17,8	290,1 ± 19,6	305,0 ± 16,5	309,3 ± 18,4
	P_{2-1}			<0,001	
	P_{3-1}			<0,001	
	P_{3-2}			–	
Длительность, мс	7 – 8	–	–	125,0 ± 18,7	–
	9 – 10	–	–	155,0 ± 10,7	–
	20 – 40	260,0 ± 12,8	255,0 ± 19,7	232,1 ± 16,1	250,7 ± 11,2
	P_{2-1}			–	
	P_{3-1}			<0,001	
	P_{3-2}			<0,001	

Примечание – P_{2-1} обозначает достоверность различий между показателями P_{300} у 9–10-летних испытуемых и 7–8-летними, P_{3-1} – между показателями у 20–40-летних и 7–8-летними, P_{3-2} – между показателями у 20–40-летних испытуемых и 9–10-летними. Прочерк означает отсутствие достоверных различий или отсутствие показателя для сравнения.

Результаты о возрастных изменениях волны P_{300} в условиях напряжения внимания дают основание предполагать, что в онтогенезе происходит постепенное формирование механизмов, обеспечивающих направленное внимание к поступающей информации и ее последующую когнитивную обработку.

Заключение

На основе полученных нами экспериментальных результатов можно сделать следующие выводы. Напряжение внимания уже с 7–8-летнего возраста отчетливо проявляется в постепенном возрастном усилении процесса переработки информации и отражается в амплитудно-временных характеристиках компонентов N₂₀₀ и P₃₀₀. Созревание мозговых механизмов направленного внимания приводит к усилению его влияния на разные этапы анализа и обработки слуховой информации. Применительно к спортивной практике выше приведенные электрофизиологические данные дают основание предполагать, что выполнение юными спортсменами гимнастических и акробатических упражнений, а также других сложных элементов спортивной моторики более подвержено негативному влиянию отвлекающих слуховых стимулов, например шуму болельщиков соперника, из-за пока недостаточно зрелых по сравнению с взрослыми атлетами механизмов направленного внимания.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Näätänen, R. Attention and brain function / R. Näätänen. – New Jersey : Erlbaum Associates, 1992. – 192 p.
2. Николлс, Дж. Т. От нейрона к мозгу / Дж.Т. Николлс, А.Р. Мартин, Б.Дж. Валлас. – Москва, 2003. – 672 с.
3. Савченко, Е.И. Онтогенетические особенности развития медленных негативных и позитивных потенциалов при выполнении зрительной перцептивной задачи / Е.И. Савченко, Д.А. Фарбер // Журнал высш. нервн. деят. – 1990. – т. 40. – № 1. – С. 29–36.
4. Бетелева, Т.Г. Возрастные особенности соотношения произвольного и произвольного анализа при опознании изображений / Т.Г. Бетелева // Журнал высш. нервн. деят. – 1992. – т. 42. – № 1. – С. 3–11.
5. Tervaniemi, M. Pre-attentive processing of complex auditory information in the human brain / M. Tervaniemi // Dr. Dissertation. – Helsinki, 1997. – 436 p.

G.E. Khomich, N.K. Savanevski. Age Changes in Some Parameters of Evoked Potentials, which Correlate with Rapt Attention

Results of investigation of auditory evoked potentials in humans of different ages. Discovered age-related differences in the parameters of the components N₂₀₀ and P₃₀₀, upon presentation of a pair of sound stimuli, requiring for their differentiation to attract maximum attention.

НАВУКІ АБ ЗЯМЛІ

УДК 551.5(476)

А.А. Волчек, И.Н. Шнока

ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ПОВТОРЯЕМОСТИ ГРАДА НА ТЕРРИТОРИИ БЕЛАРУСИ

В работе рассмотрено изменение числа дней с градом на территории Беларуси за период с 1975 по 2008 гг. по 49 станциям. Выполнен анализ пространственно-временной изменчивости числа дней с градом, выделены зоны градовой активности, дана оценка влияния различных ландшафтов на распределение града по территории Республики Беларусь.

Введение

Град – осадки, выпадающие в теплое время года из мощных кучево-дождевых облаков в виде частичек плотного льда различных, иногда очень крупных размеров; всегда наблюдается при грозе, обычно вместе с ливневым дождем. По величине градины, как правило, бывают не особенно крупными, иногда размеры градин достигают значительной величины. Град может стать опасным явлением тогда, когда диаметр градин достигает 20 мм и более. Иногда наблюдается интенсивное его выпадение, в результате чего земля покрывается градом толщиной до 20–30 см.

Иногда ошибочно ледяную крупу принимают за град. Ледяной крупой являются твердые осадки, выпадающие из кучево-дождевых облаков в виде мелких частичек плотного льда, обычно белых, но с прозрачной оболочкой, диаметром не более 5 мм. Ледяная крупа выпадает при невысокой положительной температуре воздуха (обычно несколько градусов выше 0°), чаще всего в переходные сезоны года [1].

Механизмы образования града и воздействия на мощные градовые процессы описаны в работах [2; 3; 4].

Целью настоящей работы является анализ пространственно-временных изменений количества дней с градом на территории Беларуси в современных условиях.

Исходные данные и методы исследования

Основой для анализа града послужила статистическая информация, приводимая в метеорологических ежемесячниках Государственного комитета по гидрометеорологии Республики Беларусь Республиканского гидрометеорологического центра за период 1975–2008 гг. по 49 метеорологическим станциям.

Пространственная изменчивость числа дней с градом на территории Беларуси оценивалась путем их картографирования. Временные ряды количества дней в году с градом исследовались с помощью стандартных статистических методов.

Для получения обеспеченных величин числа дней с градом использовано распределение Пирсона III типа и соотношение

$$N_{p\%} = N_{cp} (\Phi_{p\%} \cdot C_v + 1), \quad (1)$$

где $N_{p\%}$ – число дней с градом расчетной обеспеченности; N_{cp} – среднее число дней с градом; $\Phi_{p\%}$ – число Фостера расчетной обеспеченности; C_v – коэффициент вариации.

Пространственная изменчивость количества града оценивалась с помощью картографирования. Временная изменчивость количества дней с градом определялась стандартными статистическими методами.

Трансформация количества дней с градом оценивалась по результатам анализа графиков хронологического годового хода, разностных интервальных кривых и линейных трендов.

Тенденция изменения числа дней с градом в годы определялась с помощью линейных трендов:

$$N = \alpha_0 + \alpha_1 \cdot t, \quad (2)$$

где N – количество дней с градом в году; α_0 , α_1 – эмпирические коэффициенты; t – текущая координата времени.

Обсуждение результатов

Град, как и другие опасные явления, может наносить вред и значительный экономический ущерб хозяйствам.

Например, 14 июля 2000 года местами по республике прошли сильные ливни, сопровождавшиеся грозами, мелким и крупным градом. Крупный град диаметром 30–60 мм выпадал в течение 3 минут (17:34–17:37) в юго-западной части Витебска и местами по Витебскому району, а в районе гидропоста Новолукомль град диаметром до 22 мм выпадал в течение 5 минут (20:15–20:20). В результате действия шквалистого ветра с сильными грозовыми дождями были частично разрушены и повреждены производственные помещения, дома частного сектора, объекты соцкультбыта, в лесах образовались завалы деревьев на площади до 10 га, подтоплены сотни гектаров сельхозугодий, временно были обесточены сотни населенных пунктов и ферм из-за обрывов на линиях электропередачи. Крупным градом было повреждено большое количество автомобилей, разбиты стекла и шифер в жилых домах и учреждениях [5].

В г. Витебске и его окрестностях 11 июня 2007 г. отмечались грозовые ливневые дожди с локальным шквалистым усилением ветра до 20 м/с и градом. В районе пос. Верховье диаметр градин достигал 30–40 мм. Выпавший град залегал слоем до 10 см, поэтому в низких и затененных местах он сохранялся и в первой половине следующего дня. 11 июня град с диаметром градин более 30 мм наблюдался также в г. Климовичи. В результате шквалистого усиления ветра, сопровождавшегося грозой и градом в пос. Верховье пострадала крупнейшая в республике бройлерная птицефабрика. Сильным ветром, дождем и градом были частично разрушены кровли птичников, ветром снесены крыши вентиляционных шахт. Ливневая канализация не справилась с резким увеличением нагрузки и вода затопила птичники, что привело к нарушению в них микроклимата и падежу птицы. Из 1,1 млн голов пало более 10,7 тыс. цыплят-бройлеров. Ущерб составил 600 млн. рублей. В г. Климовичи градом были повреждены кровли помещений производственной базы и котельной общей площадью около 800 м², отмечались внешние повреждения автомобилей [6].

Анализ среднегодового числа дней с градом по всем метеостанциям Беларуси показал их изменчивость за последние 30 лет (таблица 1). Среднее число дней с градом за год на территории Беларуси составляет 0,7 дня и колеблется от 0,1 до 1,9, возрастая от низин к возвышенностям. Пространственная структура распространения числа дней с градом представлена на рисунке 1. На возвышенных участках Полесья, вблизи населенного пункта Камень Пинского района (162 м над уровнем моря), на Волковысской (242 м), Минской (345 м) и Витебской (295 м) возвышенностях, на Мозырской гряде град выпадает значительно чаще, чем на равнинной территории. Для этих же районов характерны такие явления, как шквалы и грозы, что говорит об их взаимосвязи. Временная изменчивость числа дней с градом на территории Беларуси достаточно велика и соизмерима с другими метеорологическими и гидрологическими элементами, она оценивается средним коэффициентом вариации $C_v = 1,5$, который колеблется на территории республики от 0,8 (Минск, Витебск) до 2,7 (метеостанция Слуцк).

Таблица 1 – Основные статистические параметры числа дней с градом на территории Беларуси

Метеостанция	Среднее за период			Cv	r (1)	Обеспеченность, %				
	1975–2008	1975–1987	1988–2008			5	10	20	25	30
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Верхнедвинск	0,6	0,5	0,6	1,3	-0,3	1,9	1,6	1,3	1,1	1,0
Езерище	0,9	1,1	0,7	1,2	0,0	2,5	2,1	1,7	1,5	1,3
Полоцк	0,9	0,8	1,0	1,1	0,2	2,5	2,2	1,7	1,6	1,4
Шарковщина	0,3	0,2	0,3	1,9	-0,2	1,2	1,0	0,8	0,7	0,6
Витебск	1,2	0,9	1,4	0,8	0,1	2,8	2,4	2,0	1,8	1,7
Лынтупы	0,6	0,8	0,6	1,1	0,2	1,7	1,4	1,2	1,0	0,9
Лепель	0,4	0,5	0,3	1,3	0,0	1,3	1,1	0,8	0,7	0,7
Докшицы	0,9	1,0	0,9	1,3	-0,1	2,8	2,4	1,9	1,7	1,5
Сенно	0,2	0,1	0,2	2,6	0,0	1,1	0,9	0,6	0,5	0,5
Березинский заповедник	1,0	1,1	1,0	1,0	0,1	2,6	2,3	1,8	1,7	1,5
Орша	0,2	0,2	0,3	2,0	0,4	0,9	0,7	0,5	0,5	0,4
Нарочь	0,4	0,8	0,1	1,9	0,2	1,6	1,4	1,0	0,9	0,8
Вилейка	0,5	0,9	0,3	1,6	0,0	1,8	1,5	1,2	1,0	0,9
Борисов	0,7	0,6	0,7	1,2	0,2	2,1	1,8	1,4	1,3	1,1
Воложин	0,3	0,5	0,1	2,8	-0,1	1,7	1,4	1,0	0,9	0,7
Минск	1,8	2,4	1,5	0,8	0,2	4,2	3,6	3,0	2,8	2,5
Колодищи	1,9	1,2	2,4	0,9	0,1	4,7	4,1	3,3	3,0	2,8
Березино	0,8	1,2	0,5	1,0	0,2	2,1	1,8	1,5	1,3	1,2
Городище	0,4	0,8	0,2	2,1	0,3	1,8	1,5	1,1	1,0	0,8
Марына Горка	0,7	0,9	0,6	1,3	0,2	2,2	1,9	1,5	1,3	1,2
Столбцы	0,6	0,6	0,6	1,4	-0,1	2,0	1,7	1,3	1,2	1,0
Слуцк	0,1	0,1	0,1	2,7	-0,1	0,5	0,4	0,3	0,3	0,2
Ошмяны	1,0	0,8	1,1	1,3	0,0	3,1	2,7	2,1	1,9	1,7
Лида	0,7	0,8	0,6	1,3	0,2	2,2	1,9	1,5	1,3	1,2
Гродно	0,3	0,3	0,2	2,1	-0,2	1,3	1,1	0,8	0,7	0,6
Новогрудок	0,5	0,6	0,5	1,3	-0,1	1,6	1,3	1,0	0,9	0,8
Волковыск	1,1	1,1	1,1	0,9	-0,1	2,7	2,4	1,9	1,8	1,6
Горки	0,9	1,7	0,4	1,0	0,3	2,4	2,1	1,7	1,5	1,4
Могилев	0,5	0,5	0,5	1,3	0,0	1,6	1,3	1,0	0,9	0,8
Славгород	0,4	0,3	0,5	2,0	0,2	1,7	1,4	1,1	0,9	0,8
Костюковичи	0,5	0,6	0,4	1,6	0,4	1,8	1,5	1,2	1,0	0,9
Бобруйск	0,9	0,5	1,2	1,1	0,1	2,5	2,2	1,7	1,6	1,4
Барановичи	0,8	1,2	0,6	1,2	0,0	2,4	2,0	1,6	1,4	1,3
Ганцевичи	1,2	1,0	1,4	0,9	0,2	3,0	2,6	2,1	1,9	1,7
Ивацевичи	0,6	0,8	0,6	1,2	0,2	1,8	1,5	1,2	1,1	1,0
Пружаны	1,3	1,2	1,4	1,0	0,4	3,4	3,0	2,4	2,2	2,0
Высокое	0,6	0,9	0,4	1,4	0,1	2,0	1,7	1,3	1,2	1,0
Полесская	0,2	0,2	0,2	2,3	0,0	1,0	0,8	0,6	0,5	0,4
Пинск	0,2	0,2	0,2	2,6	-0,1	1,1	0,9	0,6	0,5	0,5

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Брест	1,1	1,3	0,9	0,9	-0,1	2,7	2,4	1,9	1,8	1,6
Чечерск	0,1	0,2	0,1	2,4	0,3	0,5	0,4	0,3	0,3	0,2
Жлобин	0,6	0,3	0,9	1,4	-0,1	2,0	1,7	1,3	1,2	1,0
Октябрь	0,6	0,2	0,8	1,2	-0,2	1,8	1,5	1,2	1,1	1,0
Гомель	0,8	0,7	0,9	1,0	0,0	2,1	1,8	1,5	1,3	1,2
Василевичи	1,1	1,2	1,0	0,9	0,0	2,7	2,4	1,9	1,8	1,6
Житковичи	0,6	1,3	0,2	1,7	0,5	2,3	1,9	1,5	1,3	1,1
Мозырь	0,6	0,7	0,5	1,7	-0,1	2,3	1,9	1,5	1,3	1,1
Лельчицы	0,6	0,8	0,5	1,2	0,1	1,8	1,5	1,2	1,1	1,0
Брагин	0,5	0,6	0,4	1,6	-0,1	1,8	1,5	1,2	1,0	0,9
Среднее	0,7	0,8	0,7	1,5	0,1	2,1	1,8	1,4	1,3	1,1

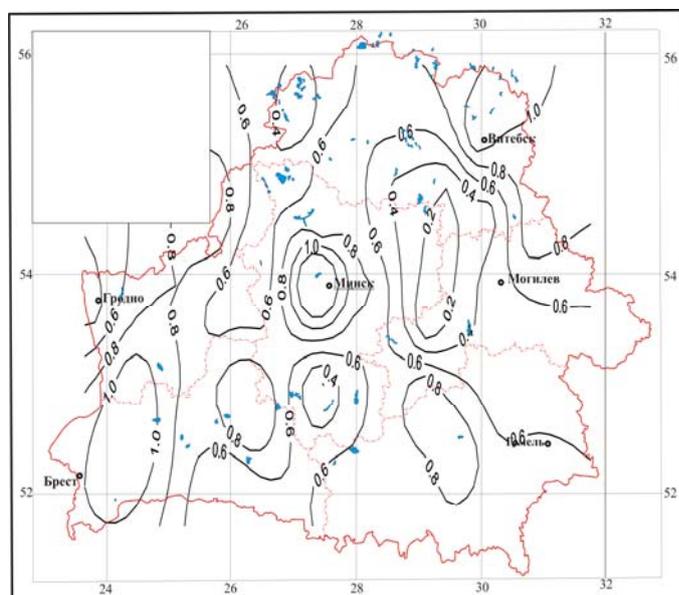
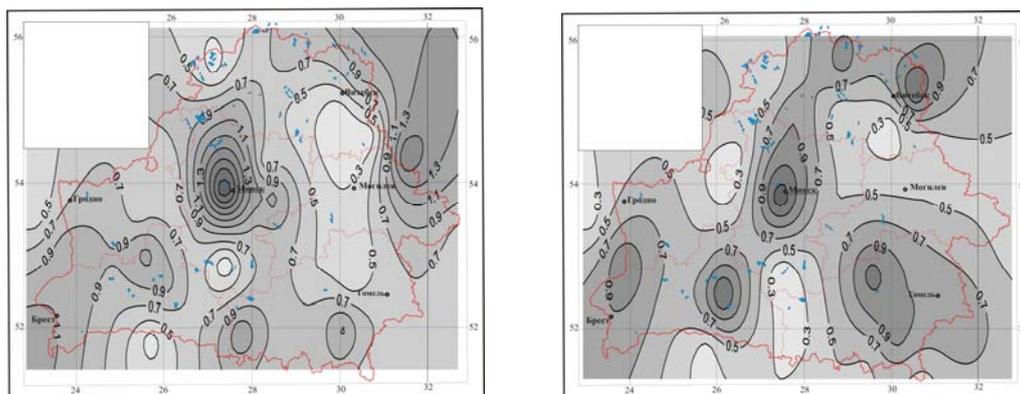


Рисунок 1 – Пространственное распределение среднегодового количества дней с градом по территории

дов определялись средние значения числа дней в году с градом.

На севере, юге и в центральной части республики отмечается увеличение количества дней с градом, а на западе – уменьшение (рисунок 2). На метеостанциях Полоцк, Шарковщина, Витебск, Сенно, Орша, Борисов, Колодищи, Ошмяны, Славгород, Бобруйск, Ганцевичи, Пружаны, Жлобин, Октябрь, Гомель отмечается увеличение количества дней с градом. Например, на метеостанции Витебск в период с 1975 по 1987 гг. отмечалось 0,9 дня с градом, а с 1988 по 2008 гг. – 1,4 дня, на метеостанции Колодищи – 1,2 и 2,4 соответственно. Значительные изменения в уменьшении количества дней с градом наблюдаются по метеостанциям Нарочь, Вилейка, Березино, Горки, Барановичи, Житковичи. Так, на метеостанции Нарочь за период 1975–1987 гг. отмечалось 0,8 дня с градом, а в 1988–2008 г. – 0,1, на метеостанции Горки – 1,7 и 0,4 дня соответственно, на метеостанции Березино – 1,2 и 0,5 соответственно, на метеостанции Житковичи – 1,3 и 0,2 дня соответственно. В тоже время по ряду станций (Столбцы, Слуцк, Волковыск, Могилев, Полесская, Пинск) изменений в сторону увеличения или уменьшения количества дней с градом не отмечается.

На территории Беларуси наблюдается рост среднегодовой температуры воздуха начиная с 1988 года [7]. Средняя годовая температура воздуха в 1988 году была выше средних многолетних температур на 0,3–0,9°C. В 1989 году средняя годовая температура воздуха изменялась от 7°C тепла на крайнем востоке до 9–9,5°C – на крайнем юго-западе Беларуси, что на 2–2,5°C теплее обычного, а для северо-востока Витебской области – почти на 3°C выше средних многолетних температур. Для оценки влияния потепления на количество дней с градом исходный временной ряд разбит на 2 периода: с 1975 по 1987 гг. и с 1988 по 2008 гг. Для этих периодов



а)

б)

Рисунок 2 – Пространственное распределение среднегодового количества дней с градом по территории Беларуси (а – за период с 1975–1987 гг., б – за период 1988–2008 гг.)

Временная изменчивость среднегодового числа дней с градом по всем метеостанциям Беларуси представлена на рисунке 3. Здесь можно видеть две волны увеличения количества дней с градом: вторая половина 70-х – первая половина 80-х гг. и вторая половина 90-х – начало XXI века.

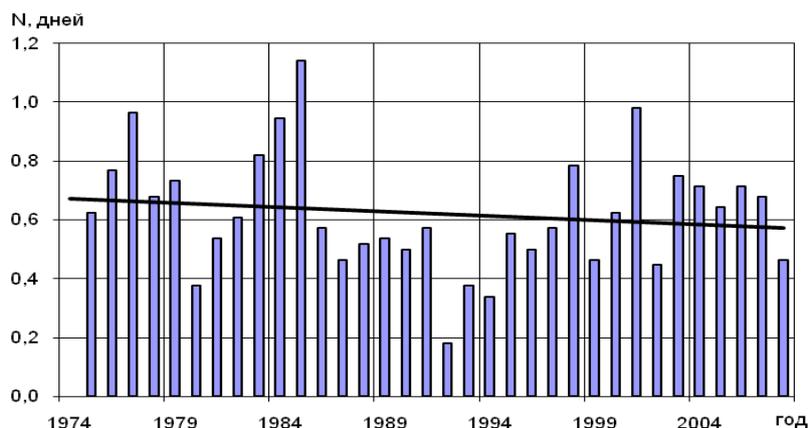


Рисунок 3 – Годовой ход среднего количества дней с градом по метеостанциям на территории Беларуси

Однако за последние 30 лет в целом по республике отмечается уменьшение количества дней с градом. Это связано с тем, что последние 11 лет (включая 2006 г.) являются самыми теплыми за весь период инструментальных наблюдений за глобальной температурой приземного воздуха (с 1850 г.). В Беларуси, как и на территории России, потепление климата оказалось более значительным, чем глобальное. В России за последние 35 лет (1972–2006 гг.) среднее изменение температуры приземного воздуха составило $1,35 \pm 0,4^{\circ}\text{C}$ [8].

На рисунке 4 представлен ход количества дней с градом на западе и востоке республики. На западе Беларуси до 1987 г. наблюдалось 0,8 дня с градом, на востоке – 0,6; в период с 1988 по 2008 гг. – 0,6 и 0,5 дня с градом соответственно. Линейные и полиномиальные тренды показывают на западе страны уменьшение количества дней с градом, а на востоке – незначительное увеличение.

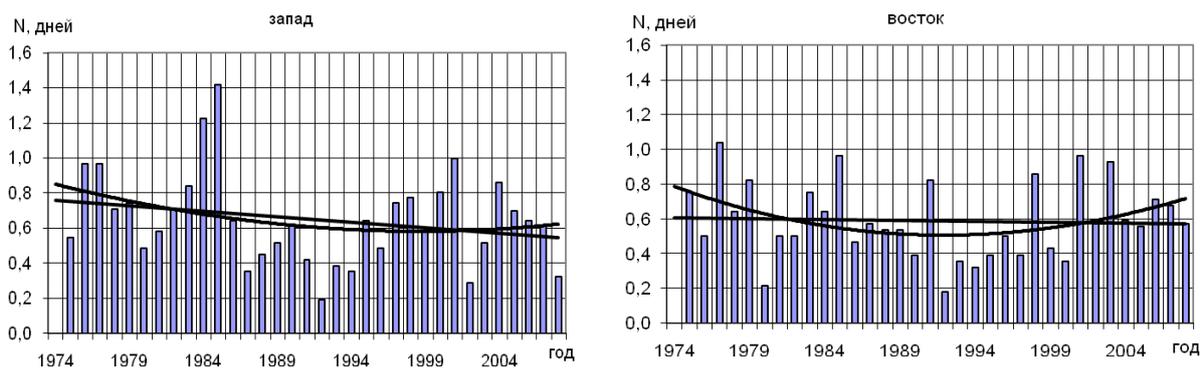


Рисунок 4 – Годовой ход количества дней с градом в западной и восточной частях территории Беларуси

Изменение среднего годового количества дней с градом по месяцам представлено на рисунке 5.

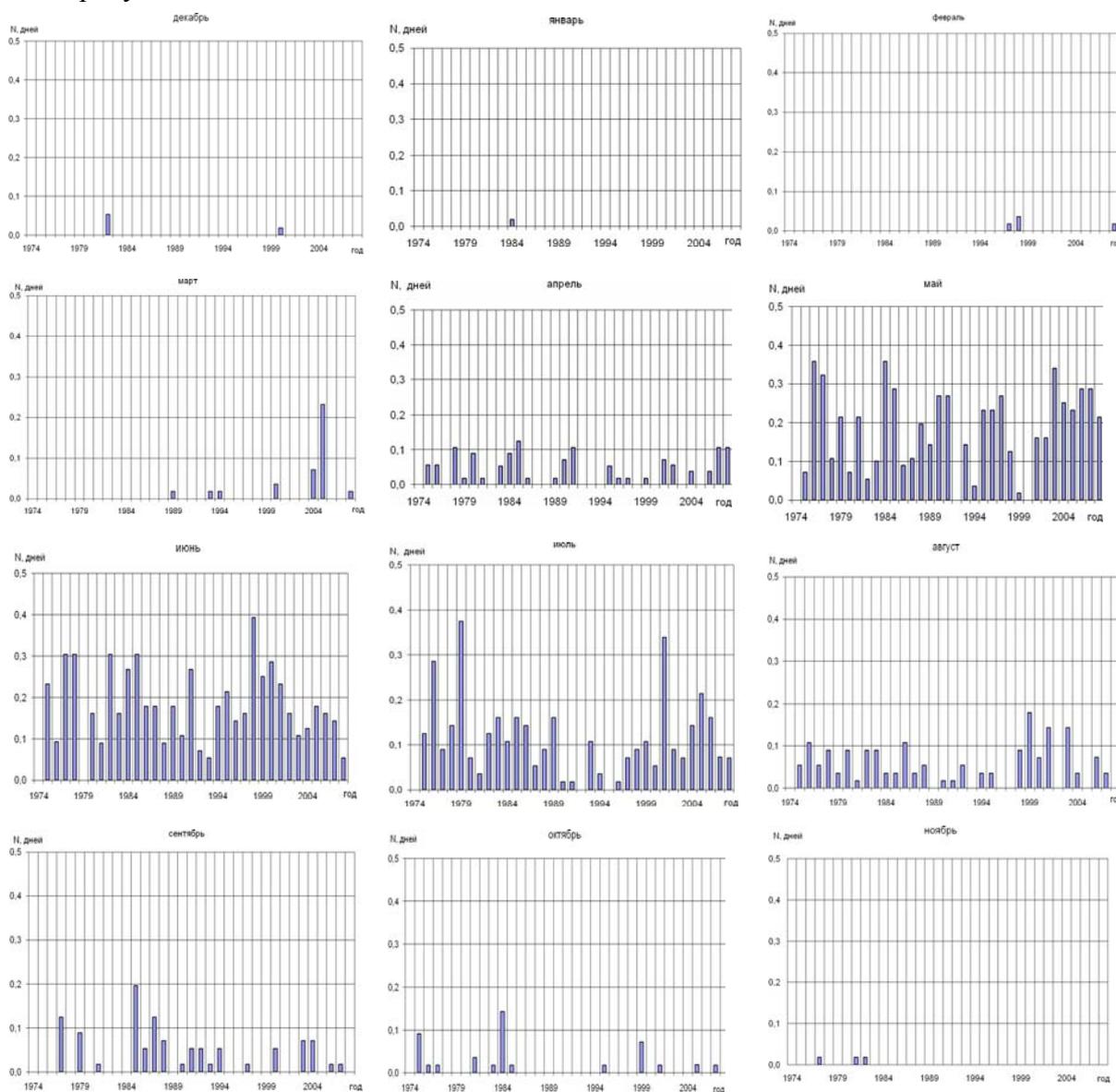


Рисунок 5 – Изменение среднего количества дней с градом, приходящихся на одну метеостанцию Беларуси

С ноября по февраль град – явление крайне редкое (1–3 случая за более чем 30-летний период наблюдений). Наибольшее количество случаев с градом регистрируется в теплый период: с апреля по август. Это связано с тем, что для образования градин необходима большая водность облаков, поэтому град выпадает, как правило, в теплое время года при высоких температурах у земной поверхности. Из рисунка 6 видно, что чем выше температура, тем чаще отмечается выпадение града. Однако в последние годы отмечается уменьшение количества дней с градом в теплый период и увеличение в холодный (рис. 7). Это может быть связано с тем, что в последние годы, особенно в 2007 г., средняя температура воздуха составляла +7,8°C. Такая высокая средняя годовая температура воздуха была отмечена в третий раз за весь период метеорологических наблюдений (после самых теплых 1989 и 2000 гг.) [7]. Очень теплыми в 2007 г. были январь, март и октябрь. Температура воздуха в январе и марте превысила климатическую норму на 7,2°C и 6,8°C соответственно. В октябре средняя температура воздуха по Беларуси составила +7,2°C, что выше климатической нормы на 1,0°C. Такой и более теплый октябрь в Беларуси наблюдается примерно один раз в 3–4 года.

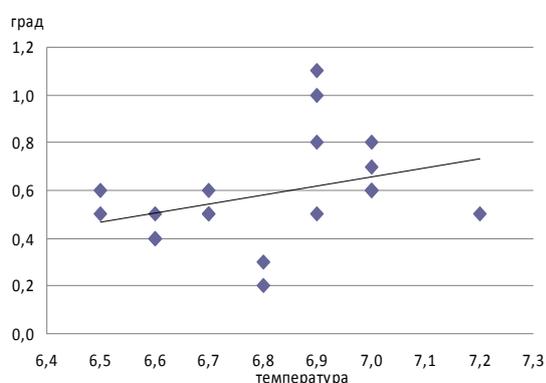


Рисунок 6 – Зависимость количества дней с градом от температуры

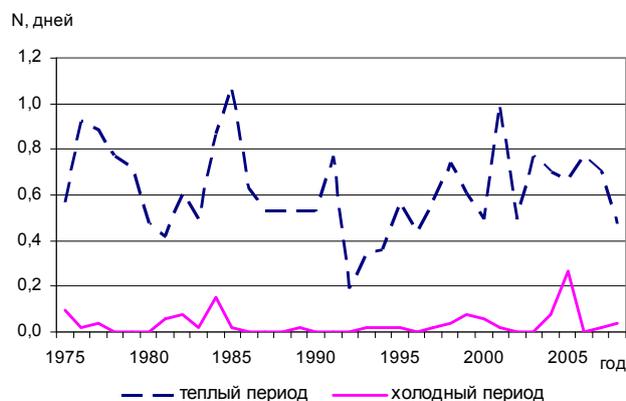


Рисунок 7 – Изменение среднего количества дней с градом в теплый и холодный периоды на территории Беларуси

Годовой ход града как стихийного метеорологического явления представлен в таблице 2, из которой видно, что чаще всего опасная ситуация по области складывается в июне – в среднем 34,7% от общего числа дней, реже в апреле и сентябре – 1,2% и 3,5% соответственно. В апреле град как опасное явление отмечается только в Минской и Гомельской областях. В теплый период наблюдается тенденция в сторону уменьшения количества дней с градом с севера на юг. В мае меньше всего случаев града в Витебской области (22%), в июне – в Гродненской области (11%), в июле – в Минской области (5%), в Гомельской области – в августе (отсутствует) и в сентябре (2%).

Таблица 2 – Годовой ход града как стихийного метеорологического явления (повторяемость, % от общего числа дней с градом)

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Витебская область	-	-	-	-	22	43	29	6	-	-	-	-
Минская область	-	-	-	5	28	38	5	19	5	-	-	-
Гродненская область	-	-	-	-	26	11	44	15	4	-	-	-
Могилевская область	-	-	-	-	23	27	30	17	3	-	-	-
Брестская область	-	-	-	-	24	48	21	7		-	-	-
Гомельская область	-	-	-	2	26	41	29		2	-	-	-
Среднее	-	-	-	1,2	24,8	34,7	26,3	12,8	3,5	-	-	-

Особенности подстилающей поверхности, растительность, возвышенные формы рельефа увеличивают шероховатость земной поверхности и поэтому имеются основания рассмотреть их влияние на повторяемость града.

Из рисунка 8 следует, что чем выше территория, тем более часто она подвержена влиянию града.

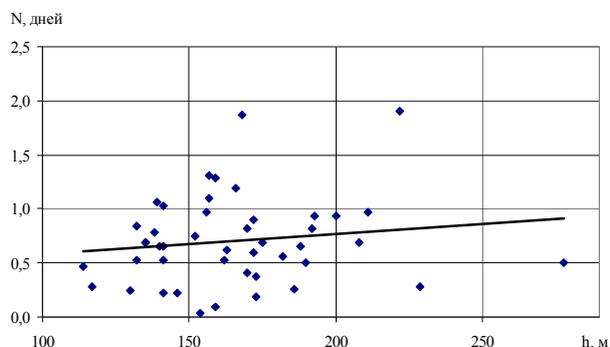


Рисунок 8 – Зависимость среднего годового количества дней с градом от высоты местности

На возвышенной и равнинной территории северной и центральной части, а также на территории Полесья количество случаев выпадения града различное (таблицы 3, 4). В таблицах 3, 4 и на рисунке 8 приведена зависимость повторяемости града от высоты местности. На возвышенной части северной и центральной территории Беларуси град выпадает чаще (1,1 дня), чем на равнинной территории (0,6 дня). На территории Белорусского Полесья количество дней с градом составляет около 0,8 дней в месяц, приходящихся на одну метеостанцию.

Это связано с неустойчивой стратификацией атмосферы, сильной конвекцией и большей водностью облаков на Полесской низменности, что является более существенным, чем такой географический фактор, как высота над уровнем моря.

Таблица 3 – Количество града на метеорологических станциях северной и центральной части территории Беларуси

Равнинная территория			Возвышенная территория		
Метеостанция	Высота пункта, м	Количество града	Метеостанция	Высота пункта, м	Количество града
Гродно	117	0,3	Езерище	172	0,9
Шарковщина	130	0,3	Марына Горка	175	0,7
Верхнедвинск	132	0,6	Борисов	188	0,7
Полоцк	132	0,9	Могилев	190	0,5
Лида	152	0,7	Горки	200	0,9
Нарочь	170	0,4	Ошмяны	211	1,0
Березино	170	0,8	Колодищи	220	1,9
Столбцы	172	0,6	Минск	222	1,8
Средняя высота станции над уровнем моря и среднее число града	146,9	0,6	Средняя высота станции над уровнем моря и среднее число града	197,3	1,1

Таблица 4 – Количество града на метеорологических станциях Полесья

Метеостанция	Высота пункта, м	Среднегодовое количество града
1	2	3
Брагин	114	0,5
Житковичи	135	0,6
Гомель	138	0,8
Василевичи	139	1,1
Октябрь	141	0,6
Брест	141	1,1
Полесская	141	0,2
Лельчицы	141	0,6

Продолжение таблицы 4

1	2	3
Ивацевичи	153	0,6
Ганцевичи	157	1,2
Пружаны	159	1,3
Мозырь	162	0,6
Высокое	163	0,6
Средняя высота станции над уровнем моря и среднее число дней с градом	144,9	0,8

На формирование града в определенной степени оказывает влияние облачность. Формы облаков в зависимости от времени года существенно различаются. В холодный период года при малом влагосодержании воздуха и наличии приземных инверсий над снежным покровом преобладают слоистые формы облаков. Весной, после схода снежного покрова, повторяемость слоистых форм уменьшается, а повторяемость облаков кучевых форм увеличивается. По мере того, как изменяется форма облаков, изменяется и количество дней с градом. Однако у града такой тесной зависимости от формы облаков, как у гроз не наблюдается. Некоторая положительная тенденция к увеличению числа дней с градом наблюдается при увеличении облачности в теплое время года в августе (рисунок 9).

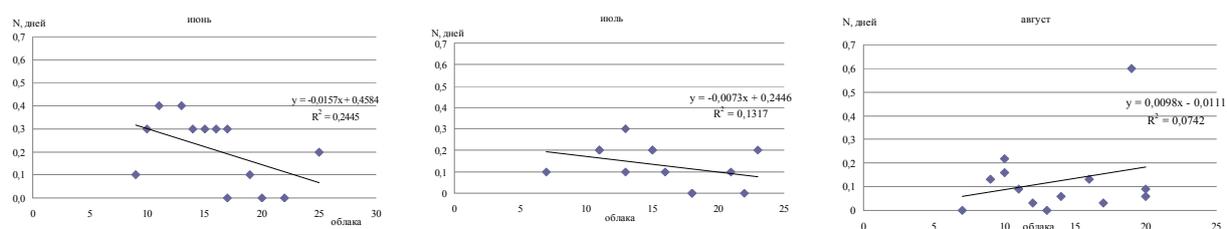


Рисунок 9 – Зависимость повторяемости града от кучево-дождевых облаков

Особенно важно изучать повторяемость числа дней с градом в городах, т.к. в них проживает около 70% населения. Город оказывает сильное влияние на климат, формируя свой местный климат. Большие города загрязняют атмосферу аэрозолями, твердыми частицами, газообразными примесями. Все это приводит к тому, что увеличивается мутность атмосферы, уменьшается приход солнечной радиации. Дома, мостовые и шоссейные дороги и другие элементы города сильнее нагреваются в течение дня, чем почва и трава, и отдают тепло, особенно вечером. Температура воздуха в городах выше, чем в сельской местности, над городом усиливается конвекция и больше развиваются облака, а значит и град в больших городах будет отмечаться чаще, чем в малых. Это можно видеть на рисунке 10. В больших городах град отмечается чаще (около 1,0 дня с градом), чем в малых (0,6).

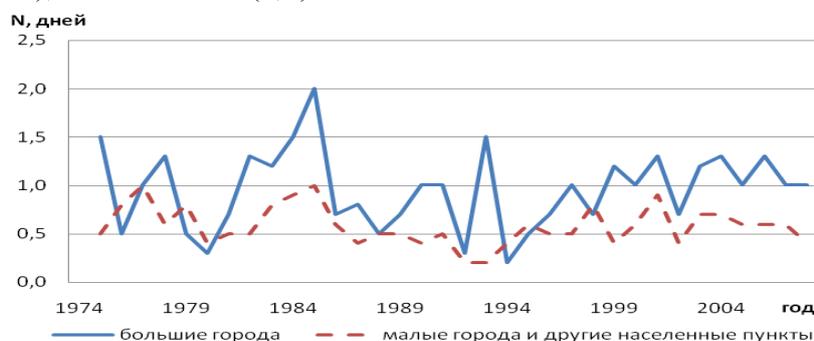


Рисунок 10 – Изменение среднегодового количества дней с градом в году, приходящихся на одну метеостанцию по большим и малым городам и другим населенным пунктам Беларуси

Заключение

Таким образом, выполненный комплексный анализ формирования града на территории Беларуси позволяет установить пространственно-временные закономерности формирования числа дней с градом на территории Беларуси. Среднее число дней с градом за год на территории Беларуси составляет 0,7 дня и колеблется от 0,1 до 1,9, возрастая от низин к возвышенностям. На возвышенных участках Полесья, вблизи населенного пункта Камень Пинского района (162 м над уровнем моря), на Волковысской (242 м), Минской (345 м) и Витебской (295 м) возвышенностях, на Мозырской гряде град выпадает значительно чаще, чем на равнинной территории. Для этих же районов характерны такие явления, как шквалы и грозы, что говорит о взаимосвязи всех этих явлений.

На севере, востоке и юге республики отмечается увеличение количества дней с градом, а на западе – уменьшение.

С ноября по февраль град – явление крайне редкое (1–3 случая за более чем 30-летний период наблюдений). Наибольшее количество случаев с градом регистрируется в теплый период с апреля по август.

Град, как стихийное метеорологическое явление чаще всего наблюдается в июне – в среднем 34,7% от общего числа дней по области, реже в апреле и сентябре – 1,2% и 3,5% соответственно. В апреле град как опасное явление отмечается только в Минской и Гомельской областях. За теплый период наблюдается тенденция в сторону уменьшения количества дней с градом с севера на юг. В мае меньше всего случаев града в Витебской области (22%), в июне – в Гродненской области (11%), в июле – в Минской области (5%), в Гомельской области – в августе (отсутствует) и в сентябре (2%).

На возвышенной части северной и центральной территории Беларуси град выпадает чаще (1,1 дня), чем на равнинной территории (0,6 дня). На территории Белорусского Полесья количество дней с градом составляет около 0,8 дней в месяц, приходящихся на одну метеостанцию.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Хромов, С.П. Метеорологический словарь / С.П. Хромов, Л.И. Мамонтова. – Ленинград : Гидрометеиздат, 1974. – 568 с.
2. Осокин, А.А. О механизме образования крупного града / А.А. Осокин // География в школе. – 2001. – № 8. – С. 34–35.
3. Болгов, Ю.В. Новый подход к оценке физической эффективности активных воздействий на мощные градовые процессы / Ю.В. Болгов [и др.] // Метеорология и гидрология. – 2009. – № 3. – С. 35–42.
4. Краусс, Т.В. Оценка результатов воздействий на кучево-дождевое облако с целью ослабления града в провинции Альберта (Канада) по данным радиолокатора и численного моделирования / Т.В. Краусс [и др.] // Метеорология и гидрология. – 2009. – № 4. – С. 39–53.
5. Обзор стихийных гидрометеорологических явлений и климатических особенностей Республики Беларусь в 2000 году / Государственный комитет по гидрометеорологии Республики Беларусь, Республиканский гидрометеорологический центр, Государственный кадастр по климату. – Минск, 2001. – 33 с.
6. Обзор опасных гидрометеорологических явлений и климатических особенностей Республики Беларусь в 2007 году : Государственный климатический кадастр. – Минск : Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь, Департамент по гидрометеорологии, Государственное учреждение «Республиканский гидрометеорологический центр». – 2008, – 55 с.

-
7. Логинов, В.Ф. Глобальные и региональные изменения климата: причины и следствия / В.Ф. Логинов. – Минск : ТетраСистемс, 2008 – 486 с.
8. Мелешко, В.П. Климат России в XXI веке. Ч. 1. Новые свидетельства антропогенного изменения климата и современные возможности его расчета / В.П. Мелешко [и др.] // Метеорология и гидрология. – 2008. – № 6. – М. : ГУ «Научно-исследовательский центр космической гидрометеорологии «Планета». – С. 5–19.

I.N. Shpoka. Existential Changes of Repeatability of Hailstones in Territory of Belarus

In work change of number of days with hailstones in territory of Belarus and feature of their formation from 1975 for 2008 on 49 stations is considered. The analysis of existential variability of number of days with hailstones is made, zones of activity of hailstones are allocated, the estimation of influence of various landscapes on hailstones distribution on territory is given.

УДК 550.461+551.311(476)

В.П. Зерницкая, Н.А. Махнач, И.Л. Колосов

СТАБИЛЬНЫЕ ИЗОТОПЫ УГЛЕРОДА И КИСЛОРОДА И ПЫЛЬЦЕВЫЕ СПЕКТРЫ В СРЕДНЕ-ВЕРХНЕГОЛОЦЕНОВЫХ КАРБОНАТНЫХ ОСАДКАХ ОЗЕРА НАРОЧЬ

Установлено, что вариация величин $\delta^{13}\text{C}$ и $\delta^{18}\text{O}$ в аутигенном кальците донных осадков слабопроточного озера Нарочь регулировалась главным образом колебаниями его гидрологического режима. При этом кратковременные фазы относительно аридного климата (пониженной глубины и скорости водообмена), как правило, совпадали с теплыми эпизодами (с усиленным испарением воды), а гумидные фазы с похолоданиями. Выполнена корреляция изотопно-кислородных кривых разрезов Нарочь и GISP 2 (гренландский ледник). На ее основании реконструирована хронология природных палеособытий в окрестностях озера и в белорусском регионе. В частности, установлено, что в начале термического максимума голоцена (8000 календарных л.н.) озеро Нарочь находилось на стадии подъема уровня воды. Период максимальных температур в голоцене включал сравнительно теплую и сухую (8000–6400 л.н.), влажную и прохладную (6400–5200 л.н.) и теплую и сухую (5200–4500/4300 л.н.) климатические фазы. Широколиственные деревья достигли наибольшего распространения в среднюю сравнительно прохладную и влажную фазу. Между 5550 и 5300 л.н. в Нарочи имел место эпизод аномально высокого уровня воды. Отрезок времени 4300–2200 л.н. соответствовал тренду похолодания и/или увлажнения климата. Этот тренд был прерван теплой сухой фазой 2100–1500 л.н., после которой снова вступила в силу тенденция к похолоданию и увлажнению климата с повышением уровня Нарочи.

Введение

Анализ изотопных соотношений $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ и $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ в кальците озерных карбонатных отложений в последние годы стал традиционным методом палеоклиматологических и палеогидрологических исследований. Информативность величин $\delta^{18}\text{O}$ и $\delta^{13}\text{C}$ обусловлена их генетической связью с несколькими природными факторами.

Изотопный состав кислорода кальцита зависит от изотопного состава и температуры минералообразовательного раствора. Соотношение $\text{O}^{18}/\text{O}^{16}$ в нем определяется температурой воздуха и интенсивностью испарения. Из уравнения, связывающего $\delta^{18}\text{O}$ дождевых и снеговых вод со среднегодовой температурой воздуха ($T_{\text{оС}}$) на востоке Европы [1], полученного на основании данных К. Ружанского и др. [2], следует, что средняя многолетняя величина $\delta^{18}\text{O}_{\text{SMOW}}$ атмосферных осадков в Минске (где $T_{\text{оС}} = 5,4\text{оС}$) составляет $-11,8\text{‰}$, а рост $T_{\text{оС}}$ на $1,5\text{оС}$ вызывает увеличение $\delta^{18}\text{O}$ атмосферных осадков (а также подземных и поверхностных вод и выпадающего из них кальцита) на 1‰ . Повышение температуры воды, наоборот, приводит к облегчению изотопного состава кислорода осадившегося из нее кальцита (1‰ на 4оС) [3]. В закрытых озерах вода в результате испарения обогащается изотопом ^{18}O по сравнению с атмосферными осадками, и кальцит, образующийся в таких озерах, имеет более тяжелый изотопный состав кислорода, чем кальцит осадков проточных водоемов (при одинаковых климатических условиях).

Вариации в содержании изотопа ^{13}C в аутигенном кальците определяются долями вкладов нескольких источников растворенного неорганического углерода (РНУ). Углероду атмосферного углекислого газа присущи значения $\delta^{13}\text{C} = -8 \dots -7\text{‰}_{\text{PDB}}$, и кальцит, формирующийся в изотопном равновесии с ним, имеет величины $\delta^{13}\text{C} \approx +4 \dots +5\text{‰}$ [4]. Равновесие с изотопным составом углерода атмосферного CO_2 достигается только в застойных водоемах. Поэтому кальцит, образовавшийся на этапе повышенной глубины и/или проточности бассейна (во влажные климатические фазы), имеет более легкий

изотопный состав углерода, чем кальцит сухих климатических эпизодов. Углекислота, обогащенная легким изотопом ^{12}C , генерируется в почвах в результате корневого дыхания и разложения наземного органического вещества и поступает в озеро. Величина $\delta^{13}\text{C}$ органогенного (почвенного) углерода в умеренных широтах Европы, в том числе в Беларуси, равна в среднем -27‰ . Кальциту, осажденному в изотопном равновесии с углеродом органогенного (почвенного) происхождения, свойственны значения $\delta^{13}\text{C} = \sim -12\text{‰}$ [5]. Поэтому более плотная растительность на водосборе приводит к формированию пониженных значений $\delta^{13}\text{C}$ аутигенного кальцита (вплоть до -12‰ и ниже в проточных озерах). Обогащение РНУ тяжелым изотопом ^{13}C осуществляется благодаря фотосинтетическому удалению ^{12}C из озерной воды в макрофиты и планктон, и повышение биопродуктивности (трофического статуса) озера приводит к изотопному утяжелению кальцита [6].

Величины $\delta^{18}\text{O}$ и $\delta^{13}\text{C}$ аутигенных карбонатов могут быть связаны как прямой, так и обратной зависимостями. Антиквариация характерна для карбонатов из озер с быстрым водообменом [7], а прямая корреляция наблюдается главным образом в слабопроточных и закрытых озерах [8]. В последнем случае обусловленность варьирования $\delta^{18}\text{O}$ кальцита изменениями температуры воздуха в той или иной мере маскируется зависимостью от колебаний гидрологического режима водоема.

Объектом нашего исследования явились вскрытые в озере Нарочь осадки среднего и позднего голоцена, хронологического диапазона, наименее изученного палеоклиматологами методом стабильных изотопов как в Беларуси, так и в Европе. Заметим, что первая из восьми полученных к настоящему времени в Беларуси пар кривых $\delta^{18}\text{O}$ и $\delta^{13}\text{C}$ была выведена в результате исследования толщи именно этого озера, привлекающей уникальной полнотой позднеледниково-голоценового карбонатного разреза [9]. Однако хроностратиграфическое расчленение профиля базировалось лишь на результатах радиоуглеродного датирования двух образцов из нижней части разреза и на интуитивном анализе конфигурации изотопных кривых. Попутно был проанализирован состав диатомовых водорослей. Понятно, что корректность интерпретации изотопных трендов может быть повышена при условии их рассмотрения на фоне параллельных независимых свидетельств изменения природных палеообстановок не только во внутрилимнической системе, но и на водосборе (в частности пыльцевых спектров). С учетом этого обстоятельства была определена цель нашего исследования – сопоставить вариации величин $\delta^{18}\text{O}$ и $\delta^{13}\text{C}$ в кальците с особенностями пыльцевых спектров и на этом основании охарактеризовать динамику палеогеографических обстановок в окрестностях озера Нарочь (и по возможности в белорусском регионе) и установить хронологию природных событий прошлого.

Территория исследования

Озеро Нарочь расположено в пределах Нарочанско-Вилейской низины и южных склонов Свенцянской гряды на высоте 165 м над уровнем моря. Ниже дана краткая физико-географическая характеристика озера и его окружения [10]. Площадь озера 79,6 км², длина 12,8 км, ширина 9,8 км, максимальная глубина воды 24,8 м, а средняя – 8,9 м. Площадь водосбора 199 км² (без площади озера) лишь в 2,5 раза превышает территорию водоема. Котловина Нарочи принадлежит к подпрудному типу. Полуостров Наносы делит озеро на малый и большой плесы. В малом плесе преобладают карбонатные донные осадки (как правило, по всему разрезу). Озеро мезотрофное и весьма слабопроточное (полный водообмен осуществляется за 12–13 лет). Протока Скема из оз. Мястро и 17 ручьев впадают в озеро, а р. Нарочь вытекает из него. В приходной части водного баланса атмосферные осадки составляют 45%,

поверхностный приток более 35%, а подземный – более 18%. Колебания уровня воды на протяжении года составляют 40 см. Вода во все сезоны насыщена кислородом до дна. Средняя температура в верхнем метре воды в июле – +18,9°C, а в октябре – +8,7°C. Прозрачность воды 5–7 м летом и до 10 м зимой. Среднегодовая температура воздуха на Нарочанской озерной станции – +5,2°C.

Скважина была пробурена в начале марта 2007 г. в 600 м от западного берега малого плеса в точке с координатами 54°53,174' с.ш., 26°41,303' в.д. при глубине воды 7,2 м. Изученная залежь, по-видимому, локализована в небольшом по площади углублении дна.

Полевые и аналитические методы

Керн отложений отбирался озерным буром с диаметром ложки 10 см и длиной 100 см. Пыльцевой анализ проведен согласно традиционной методике [11]. В каждом образце подсчитывалось не менее 500 пыльцевых зерен.

Радиоуглеродные датировки по органическому веществу и карбонатному материалу выполнены методом подсчета актов радиоактивного распада в бензоле Н.Н. Ковалюхом и В.В. Скрипкиным из Киевской радиоуглеродной лаборатории. Калибрование дат (с величиной погрешности 2 σ) осуществлялось при помощи компьютерной программы OxCal 3.10 [12].

Содержания стабильных изотопов измерялись путем анализа углекислого газа, полученного при реакции карбоната со стопроцентной H_3PO_4 при 25°C, на масс-спектрометре MI 1201 Б. Результаты выражены в промилле по отношению к стандарту PDB и имеют аналитическую точность 0,1‰ для $\delta^{13}\text{C}$ и 0,2‰ для $\delta^{18}\text{O}$.

Минеральный состав четырех образцов определен рентгендифрактометрическим методом на установке ДРОН-3 (аналитик Л.П. Евстратенко).

Описание и интерпретация результатов

Вскрытая скважиной толща мощностью 340 см представлена почти полностью светло-серым озерным мелом (рисунок 1). В колонках керна отчетливо заметны слойки более темной окраски, очевидно маркирующие какие-то природные события прошлого (эпизоды эвтрофирования либо повышенного уровня воды, обуславливающего ослабленный фотосинтез макрофитов и поэтому подавленное карбонатообразование). Содержание обломочной примеси и, следовательно, аллотигенных карбонатов, искажающих палеоклиматический изотопный сигнал, невелико. Это следует из особенностей четырех рентгенограмм. В образце с глубины 5–10 см отмечены исключительно рефлексы кальцита (3,85; 3,03; 2,48; 2,27; 2,08Å). В пробе из интервала 160–162,5 см зафиксирован также едва заметный рефлекс кварца (3,34Å). В отложениях, извлеченных с глубин 270–275 и 303–308 см, примесь кварца к кальциту регистрируется по малым пикам 4,26 и 3,34Å, а примесь полевого шпата – по пику 3,20Å.

На глубине 328 см озерный бур углубился в песок, который не удалось пройти более чем на 12 см.

Результаты пяти радиоуглеродных датировок свидетельствуют о том, что вскрытая толща имеет, по-видимому, средне-позднеголоценовый возраст. Палинологические данные также говорят о том, что низ толщи накопился в начале (или незадолго до начала) атлантического периода. Здесь уже в значительном количестве представлена пыльца широколиственных пород и орешника (рисунок 1).

Среди примечательных особенностей палиноспектров следует отметить тесную, выдержанную по всему разрезу, отрицательную корреляцию между пиками *Alnus* и *Picea* несмотря на то, что обе породы являются гигромезофитами. По-видимому, при заболачивании либо подтоплении прибрежной территории ольха вытесняла ель, так как

лучше переносит избыточное увлажнение. Также интересно отметить антиковариацию между пиками *Alnus* и водорослями *Pediastrum boryanum*, обусловленную тем, что при повышении уровня воды и заболачивании берегов заросли водной растительности отдалялись от места скважины. В пыльцевой диаграмме выделено 10 локальных пыльцевых зон.

Значения $\delta^{13}\text{C}$ изменяются от $-1,5$ до $+3,9\text{‰}_{\text{PDB}}$ (в среднем $+1,6\text{‰}$). Они близки величине, равновесной с $\delta^{13}\text{C}$ углерода атмосферного углекислого газа ($+4 - +5\text{‰}$), и очень далеки от равновесной с $\delta^{13}\text{C}$ углерода органического вещества ($\sim -12\text{‰}$). Из этого следует, что в течение времени накопления изучаемой толщи озеро Нарочь было весьма слабопроточным. Наблюдаемая на большей части разреза ковариация соотношений $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ и $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ указывает на общность причин, определяющих изменения изотопного состава обоих рассматриваемых элементов.

Значения $\delta^{18}\text{O}$ варьирует в чрезвычайно широком диапазоне – от $-11,5$ до $+1,2\text{‰}$. Средняя величина ($-5,4\text{‰}$) намного больше равновесной с $\delta^{18}\text{O}$ атмосферных осадков ($\sim -11,8\text{‰}$ при температуре воды в $15,7^\circ\text{C}$), что свидетельствует об осаждении кальцита из раствора, претерпевшего значительное испарение. Вместе с тем, наличие отрицательных пиков (с величинами ниже $-9 \dots -10\text{‰}$) на изотопно-кислородной кривой говорит о том, что в истории озера были эпизоды, когда кальцит осаждался из воды с мало измененным в результате испарения изотопным составом кислорода.

Отрицательные пики и участки низких значений $\delta^{18}\text{O}$, как правило, соотносятся с параллельными свидетельствами заболачивания берега и высокого уровня воды в бассейне. Так, на отрезке пониженных значений **D–E** отмечается малая концентрация *Pediastrum boryanum*. На уровне пика **E** регистрируется пик максимального содержания *Alnus* (26%), синхронный с дециметровым слоем особенно обогащенного органическим веществом малокарбонатного черного осадка. На отрицательном пике **G** видны спады *Pediastrum boryanum* и *Picea* (от 25 до 10%), пик *Alnus*, а также слой обогащенного органическим веществом осадка. Пик **I**, расположенный сразу над одним из темных прослоев, параллелен пику *Alnus* и спаду *Picea*. Отрицательный пик **K** почти синхронен слойку темного осадка. Сдвиг к минимальным значениям **L–M** сопоставляется с приповерхностным темным слоем мощностью 27 см, в котором отсутствуют фоссилии *Pediastrum boryanum*.

Пики высоких значений $\delta^{18}\text{O}$ соответствуют палинологическим указаниям на фазы низкого уровня воды (климатической аридизации). Так, окрестности положительного пика **C** совпадают с участком максимального содержания *Pediastrum boryanum*. Сразу над пиком **F** (в пределах относительно высоких значений $\delta^{18}\text{O}$) отмечены «вспышки» *Pediastrum boryanum* (подъем от 0,5 до 2,8%) и *Picea* (от 7 до 25%) на фоне «провала» *Alnus*. Положительный пик **J** совпадает со спадом *Alnus* и пиком *Picea*.

Как можно судить по пыльцевым данным, быстрое снижение роли широколиственных пород (в частности вяза и липы) в составе растительности происходило в окрестностях озера дважды. На уровне сильного положительного изотопно-кислородного пика **F** содержание пыльцы *Ulmus* снизилось от 9,5 до 2,8%, а *Tilia* от 6 до 1,5% на фоне начавшегося быстрого увеличения концентрации пыльцы *Picea*. Однако вскоре роль широколиственных деревьев пикообразно возросла, хотя и не достигла величин максимума. На уровне пика **H** доля пыльцы *Ulmus* снова снизилась от 6 до 2%, а *Tilia* от 3 до 1,5%, начался резкий тренд увеличения роли *Picea*.

Таким образом, по палинологическому признаку (резкое сокращение доли вяза) с постатлантическими климатическими этапами можно сопоставлять как участок **F–M**, так и более короткий участок **H–M**. Они оба соответствуют трендам падения величины $\delta^{18}\text{O}$ в направлении поверхности залежи. Примечательно, что в период своего

значительного распространения широколиственные породы оказываются наиболее обильными на этапах накопления изотопно-легкого кальцита. Так, интервалу максимальной доли пыльцы *Ulmus* (до 10%) и *Tilia* (до 6%) соответствуют две верхних трети отрезка **D–E**. Пики *Ulmus* (до 6%) и *Tilia* (до 3%), а также максимальный пик *Quercus* (10%) приурочены и к отрицательному изотопно-кислородному пику **G**. Начиная от перелома кривой **H**, в залежи постоянно присутствует пыльца *Carpinus*. Широкий максимум содержания пыльцы *Picea* (до 36%), синхронный с отрицательным зубцом $\delta^{13}\text{C}$, соответствует середине отрезка **H–I** (тренда падения $\delta^{18}\text{O}$).

Одно из наиболее значительных изменений пыльцевых спектров происходит на уровне отрицательного пика **I**. Здесь резко повышается роль *Betula* и трав. От уровня пика **I** до поверхности выдерживается особенно точное совпадение трендов $\delta^{18}\text{O}$ и $\delta^{13}\text{C}$, а также наблюдается антиковариация « $\delta^{18}\text{O}$ - *Betula*».

Итак, высокие абсолютные значения $\delta^{18}\text{O}$, широта их диапазона, соответствие пониженных величин ряду литологических и палинологических признаков высокого стояния воды (повышенной скорости водообмена) предполагают преимущественно гидрологическую обусловленность колебаний изотопного состава кислорода в залежи озера Нарочь. В связи с этим представляется важным установить, содержится ли в конфигурации изотопно-кислородной кривой информация об изменениях температуры воздуха.

Для диагностики, а также датировки температурных событий надрегионального ранга в различных местностях Европы все чаще применяется корреляция местных изотопно-кислородных кривых с надежно датированными кривыми $\delta^{18}\text{O}$ (палеотемпературными кривыми), полученными по воде гренландского ледника [13; 14].

При беглом взгляде на голоценовую часть кривой $\delta^{18}\text{O}$ скважины GISP 2 [15] обнаруживается подобие ее конфигурации на временном отрезке последних 8000 тыс. л. с наблюдаемой в профиле Нарочь. На рисунке 2 показано предположительное сопоставление двух обсуждаемых изотопно-кислородных кривых. Несмотря на большую разницу в размахе вариации $\delta^{18}\text{O}$ в GISP 2 и Нарочи, основные пики и спады (а также целые отрезки) одной кривой имеют параллели в другой. Приведенная корреляция кривых предполагает систематическую удревненность наших радиоуглеродных дат, чего и следует ожидать при датировке карбонатов и органических остатков водной растительности из осадков озера с жесткой водой. Хорошо известно, что величина требуемой коррекции хронологических определений в связи с таким эффектом может быть существенной. Например, она составляет 250–500 лет для современных карбонатных осадков озер Мичиган и Гурон [16], 1570 лет для голоценовых отложений ирландского озера Лох Инчикуин [14], 870–3080 лет для позднеледниково-голоценовых отложений польского озера Гостенж [17]. В качестве косвенного подтверждения контаминации древним углеродом осадков именно озера Нарочь можно привести результаты Д.К. Нургалиева и др. [18]. Им удалось синхронизировать кривые магнитного склонения и наклонения, полученные путем измерения остаточной намагниченности в позднеледниково-голоценовых осадках озер Нарочь и Свирь, с кривыми, выведенными для ряда местностей Европы, при условии смещения радиоуглеродного возраста осадков Нарочи в сторону значительно более молодых (~ на 600–2300 лет) дат.

Если признавать хронологическую модель нарочанской кривой $\delta^{18}\text{O}$, основанную на совмещении с данными по GISP 2, корректной, то степень удревнения радиоуглеродных дат в белорусском разрезе составляет 660–950 л. (гл. 94–99 см), 380–600 л. (гл. 161–165 см), 440–700 л. (гл. 200–205 см), 180–630 л. (гл. 210–216 см) и 980–1120 л. (гл. 250–256 см).

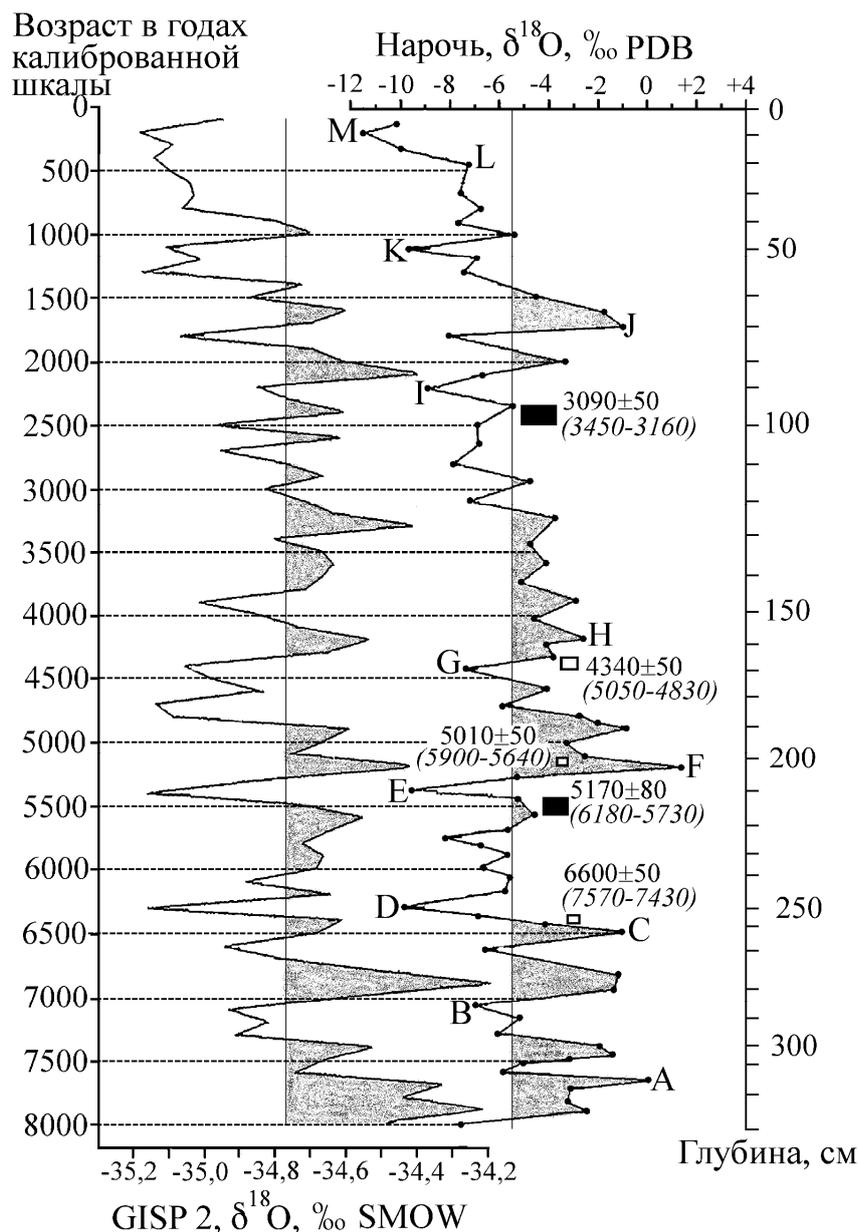


Рисунок 2 – Корреляция между изотопно-кислородными кривыми скважины GISP 2 (вода гренландского ледника) и разреза донных отложений озера Нарочь (кальцит)

Примечание – Изотопные данные по гренландской скважине [15] осреднены по 100-летним интервалам, соответствующим временному разрешению одного образца из белорусской залежи. На кривой разреза Нарочь возраст датированных слоев выражен в условных радиоуглеродных годах и в скобках – в годах калиброванной шкалы.

При рассмотрении двух совмещенных кривых возникает вопрос, почему динамика величины $\delta^{18}\text{O}$ в залежи Нарочи, отражающая колебания гидрологических особенностей бассейна, коррелирует с изменениями палеотемператур в североатлантическом регионе. По-видимому, в Беларуси на протяжении значительной части среднего и позднего голоцена потепления (по крайней мере, сильные кратковременные) приводили к росту относительной аридности климата, т.е. к уменьшению разницы между количеством атмосферных осадков и испаряющейся воды. На теплых

дождливых этапах избыток воды не всегда компенсировал относительную аридизацию, вызванную усиленным испарением. Совпадение теплых и относительно сухих кратковременных климатических фаз прослеживается в вариациях $\delta^{18}\text{O}$ кальцита слабопроточного озера Нарочь в подчеркнутом виде.

На фоне параллелизма пиков в двух сравниваемых кривых прослеживаются определенные различия длительных изотопных трендов. Так, осложненный разнонаправленными отскоками тренд понижения величины $\delta^{18}\text{O}$ от 5200 л.н. до современности, видимый в кривой Нарочи, прослеживается в GISP 2 не на всем протяжении, а только начиная с 3200 л.н. и наиболее четко с 2100 л.н. Различия в трендах можно объяснить как различными долговременными температурными тенденциями в северной Атлантике и Беларуси, так и тем, что в кривой Нарочи на температурный сигнал накладывается влияние изменений количества атмосферных осадков.

Основываясь на предлагаемой корреляционной модели, попытаемся очертить палеогеографическую сущность основных изотопных, палинологических, литологических событий, регистрируемых в нарочанской залежи, и установить их хронологию (в калиброванной радиоуглеродной шкале).

Началу накопления толщи (~8000 л.н.) предшествовало какое-то аномальное климатическое (гидрологическое) событие. Уровень озера понизился настолько, что близлежащие подводные склоны литорали оказались в зоне волноприбойного воздействия, и на дне аккумулярировался песчаный слой, вероятно, перекрывший более древние озерные осадки. Это могло произойти как во время широко известного «холодного события 8200 л.н.», характеризуемого некоторыми авторами как сухая климатическая фаза в континентальной части Европы к северу от 50-ой параллели [19], так и несколько раньше или позже него. В любом случае, 8000 л.н. озеро Нарочь находилось на стадии подъема уровня.

Первое (наиболее значительное) понижение роли вяза и липы в растительности (от уровня максимума), сопровождавшееся усилением роли ели, произошло ~ 5200 л.н. (пик **F**). С этого рубежа и до современности в залежи озера Нарочь прослеживается длительный тренд снижения величины $\delta^{18}\text{O}$ (похолодания и/или увлажнения климата). Названная хронологическая веха несколько моложе даты регионального спада вяза и «вспышки» ели (5000 условных радиоуглеродных или ~5750 календарных л.н.), традиционно сопоставляемых с окончанием атлантического периода в Беларуси [20].

Второе снижение роли широколиственных деревьев (пик **H**) соответствует времени 4300 л.н. Именно к этой дате приурочивается конец периода максимальных температур исследователями ряда гренландских скважин (Dye-3, GRIP, NorthGRIP) [21] и к несколько более ранней дате (4500 л.н.) палинологами, изучавшими озерные отложения Швеции, Финляндии и Эстонии [22]. Если придерживаться репера в 4500–4300 л.н. в качестве даты окончания термического максимума, то оказывается, что он имел в Беларуси трехчленное строение. Его первая теплая и относительно сухая фаза (отрезок **A-C**) продолжалась между 8000 и 6400 л.н. Вторая прохладная и относительно влажная фаза (отрезок **D-E**) соответствует временному интервалу между 6400 и 5300 л.н. Она завершилась кратковременным аномальным климатическим эпизодом 5550–5300 л.н., вызвавшим сильное обводнение озера Нарочь и «сбой» в системе осадконакопления (горизонт черного органогенного материала на глубине 205–216 см). Именно этому эпизоду синхронен сильный отрицательный (холодный) пик $\delta^{18}\text{O}$ в GISP 2. Этап максимального распространения широколиственных деревьев (6000–5300 л.н.) приходится на вторую половину относительно прохладной и влажной фазы. Термический максимум завершился теплой сравнительно аридной фазой (5200 – 4500/ 4300 л.н.). В ее конце (с 4550 л.н.) граб становится постоянным компонентом

растительности в окрестностях Нарочи. В целом температурные флуктуации во время термического максимума в окрестностях Нарочи (и, по-видимому, в Беларуси) происходили синхронно с таковыми в северной Атлантике.

Временному интервалу 4300–2200 л.н. соответствует тренд облегчения изотопного состава кислорода в залежи Нарочи. Он имеет нечеткий аналог в GISP 2 и может объясняться ускорением водообмена как из-за похолодания и сопутствующего ослабления испарения, так и благодаря увеличению абсолютного количества осадков. На часть названного тренда (4000–3100 л.н.) приходится максимум ели, широкое распространение которой (очевидно, не только вблизи берегов, но и в лесах водосбора) можно рассматривать как одно из проявлений реакции растительности на снижение температур и увлажнение климата.

Примерно 2500 л.н. в окрестностях озера резко увеличилась роль березы. Отрезок времени 2100–1500 л.н. можно охарактеризовать как относительно теплый, исходя из совпадающих в Нарочи и GISP 2 повышенных значений $\delta^{18}\text{O}$, «отскакивающих» от тренда понижения величины. При этом в Беларуси между 1700 и 1500 л.н., вероятно, имел место особенно теплый и аридный эпизод (пик **J** со слабовыраженной параллелью в GISP 2).

Около 1500 л.н. началось монотонное похолодание надрегионального ранга, прослеживающееся в обеих сопоставляемых кривых. Оно обусловило повышение уровня озера Нарочь, который (судя по отрезку **L–M** кривой $\delta^{18}\text{O}$) особенно быстро поднимается в течение последних 500 лет.

Заключение

1. Вариации величин $\delta^{13}\text{C}$ и $\delta^{18}\text{O}$ в кальците средне- и верхнеголоценовых донных осадков Нарочи регулировались в основном колебаниями уровня водоема и степени его проточности, которые, в свою очередь, были связаны с изменениями эффективной влажности климата (разности между количествами атмосферных осадков и испаряющейся воды). При этом кратковременные фазы относительно аридного климата, как правило, совпадали с теплыми эпизодами (с усиленным испарением воды), а гумидные фазы с похолоданиями.

2. Корреляция изотопно-кислородных кривых разрезов Нарочь и GISP 2 (гренландский ледник) позволила предложить, что вариации температуры воздуха в Беларуси были в значительной степени синхронны таковым в северо-атлантическом регионе.

3. Реконструированная динамика природных палеособытий представляется в следующем виде. В начале термического максимума голоцена (8000 л.н.) озеро Нарочь находилось на стадии подъема уровня воды. Период максимальных температур (8000–4500/4300 л.н.) включал сравнительно теплую и сухую (8000–6400 л.н.), влажную и прохладную (6400–5200 л.н.) и теплую и сухую (5200–4500/4300 л.н.) климатические фазы. Максимальная роль широколиственных пород в растительности окрестностей Нарочи приходилась на вторую половину средней относительно прохладной фазы. Между 5550 и 5300 л.н. в Нарочи имел место эпизод аномально высокого уровня воды. Отрезок времени 4300–2200 л.н. соответствовал тренду похолодания и/или увлажнения климата. Этот тренд был прерван теплой фазой 2100–1500 л.н., завершающие 200 лет которой были, вероятно, особенно аридными. В последние 1500 лет происходит похолодание и увлажнение климата с соответствующим повышением уровня Нарочи, особенно ускорившимся 500 лет назад.

Выражение благодарности. Авторы признательны доктору геогр. наук Б.П. Власову за помощь в проведении полевых работ и ценные советы на стадии интерпретации аналитических данных.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРЫ

1. Makhnach, N. Stable oxygen and carbon isotopes in Late Glacial-Holocene freshwater carbonates from Belarus and their palaeoclimatic implications / N. Makhnach [et al.] // *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*. – 2004. – V. 209. – P. 73–101.
2. Rózański, K. Isotopic patterns in modern global precipitation. Climate change in continental isotopic records geophysical monograph 78. / K. Rozanski, L. Araguas-Araguas, R. Gonfiantini // Copyright by the American Geophysical Union, 1993. – 36 p.
3. Hays, P.D. Oxygen Isotopes in Meteoric Calcite Cements as Indicators of Continental Palaeoclimate / P.D. Hays, F.I. Grossman // *Geology*. – 1991. – V. 19. – P. 441–444.
4. Fritz, P. Stable isotope, fossil Coleoptera and pollen stratigraphy in Late Quaternary sediments from Ontario and New York State / P. Fritz [et al.] // *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*. – 1987. – V. 58. – P. 183–202.
5. Boutton, T.W. Stable carbon isotope ratios of natural materials, II. Atmospheric, terrestrial, marine and freshwater environments / T.W. Boutton // Coleman, C., Fry, B. (Eds.). *Carbon Isotope Techniques*. – New York : Academic Press, 1991. – P. 173–486.
6. McKenzie, J.A. Carbon isotopes and productivity in the lacustrine and marine environment / J.A. McKenzie // *Chemical processes in lakes*. – New York : Wiley, 1985. – P. 99–118.
7. Andrews, J.E. Stable isotope record of palaeoclimatic change in a British Holocene tufa / J.E. Andrews, H.M. Pedley, P.E. Dennis // *The Holocene*. – 1994. – V. 4. – № 4. – P. 349–355.
8. Turner, J.V. Isotopic and geochemical composition of marl lake waters and implications for radiocarbon dating of marl lake sediment / J.V. Turner [et al.] // *Canadian Journal of Earth Sciences*. – 1983. – V. 20. – P. 599–615.
9. Пуннинг, Я.-М.К. Палеогеографические условия образования карбонатных отложений озера Нарочь / Я.-М.К. Пуннинг [и др.] // *Литология, геохимия и стратиграфия континентальных кайнозойских отложений Белоруссии*. – Минск : Наука и техника. – 1988. – С. 101–110.
10. Якубоўскі, Я.А. Нарач / Я.А. Якубоўскі, Г.С. Гігевіч, Т.М. Міхеева // *Энцыклапедыя прыроды Беларусі : У 5 т.* – Мінск : Беларуская Савецкая Энцыклапедыя. – 1984. – Т. 3. – С. 462.
11. Berglund, B.E. Pollen analysis and pollen diagrams / B.E. Berglund, M. Ralska-Jasiewiczowa // *Handbook of Holocene Palaeoecology and Palaeohydrology*. – Chichester : Wiley, 1986. – P. 455–483.
12. Bronk Ramsey, C. Deposition models for chronological records / C. Bronk Ramsey // *Quaternary Science Reviews*. – 2008. – V. 27. – № 1–2. – P. 42–60.
13. Marshall, J.D. A high resolution Late-Glacial isotopic record from Hawes Water, Northwest England. Climatic oscillations: calibration and comparison of palaeotemperature proxies / J.D. Marshall [et al.] // *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*. – 2002. – V. 185. – P. 25–40.
14. Diefendorf, A.F. Evidence for high-frequency late Glacial to mid-Holocene (16,800 to 5500 cal yr B.P.) climate variability from oxygen isotope values of Lough Inchiquin, Ireland / A.F. Diefendorf [et al.] // *Quaternary Research*. – 2006. – V. 65. – P. 78–86.
15. The Greenland Summit Ice Cores Cd-Rom. Available from the National Snow and Ice Data Center, University of Colorado at Boulder, and the World Data Center – A for Palaeoclimatology, National Geophysical Data Center, Boulder, Colorado, 1997.
16. Moore, T. C. Regional variation in modern radiocarbon ages and the hardwater effects in Lakes Michigan and Huron / T.C. Moore [et al.] // *Journal of Paleolimnology*. – 1998. – V. 20. – P. 347–351.

17. Pazdur, A. Late Glacial and Holocene water-level changes of the Gosciaz Lake, Central Poland, derived from carbon isotope studies of laminated sediment / A. Pazdur [et al.] // *Quaternary Science Reviews*. – 1995. – V. 14. – P. 125–135.

18. Nourgaliev, D.K. Principal features (master curve) of geomagnetic field variations in Belorussia during the last 12 thousand years / D.K. Nourgaliev [et al.] // *Russian Journal of Earth Sciences*. – 2005. – V. 7. – № 2. – P. 1–16.

19. Magny, M. Contrasting patterns of hydrological changes in Europe in response to Holocene climatic cooling phases / M. Magny [et al.] // *Quaternary Science Reviews*. – 2003. – V. 22. – P. 1589–1596.

20. Зерницкая, В.П. Стратиграфическая схема позднеледниковых и голоценовых отложений Беларуси / В.П. Зерницкая [и др.] // *Лїтасфера*. – 2005. – Т. 22. – № 1. – С. 157–165.

21. Johnsen, S. J. Holocene climate in Greenland based on 3 deep ice cores and 2 temperate profiles / S.J. Johnsen, D [et al.] // *XVI Inqua Congress. Abstracts with Programs*. – Reno, 2003. – P. 157.

22. Seppa, H. Holocene annual mean temperature changes in the boreal zone of Europe: pollen based reconstructions / H. Seppa [et al.] // *XVI Inqua Congress. Abstracts with Programs*. – Reno, 2003. – P. 157.

V.P. Zernitskaja, N.A. Makhnach, I.L. Kolosov. Stable Carbon and Oxygen Isotopes and Pollen Spectra in Mid-Upper Holocene Carbonate Sediments from the Lake Naroch

It was revealed that variations of $\delta^{13}\text{C}$ and $\delta^{18}\text{O}$ in the authigenic calcite of bottom sediments from the rather stagnant lake Naroch were controlled by hydrological regime fluctuations mainly. As a rule, short term phases of a relatively arid climate (that is of lower water levels and slower water exchange) coincided with warmer episodes with enhanced water evaporation, and comparatively humid phases were consistent with colder ones. The oxygen isotope curve derived from calcites precipitated in Naroch was correlated with that from the GISP 2 Greenland ice core. The correlation allowed the reconstruction of the chronology of natural palaeoevents in the lake Naroch vicinities as well as in Belarus. In the beginning of the Holocene thermal maximum (8000 calendar years BP) the lake was at the stage of rising water level. The period of maximum air temperatures included three parts: a warmer and drier (8000 - 6400 BP), a wetter and colder (6400 – 5200 BP), and a warmer and drier (5200 – 4500/4300 BP) phases. Broad-leaved trees reached their maximum expansion in the intermediate (a relatively cold and wet) phase. An episode of anomalously high lake level occurred between 5550 and 5300 BP. The time interval from 4300 to 2200 BP corresponded to a trend of climate cooling and/or humidification. This trend was interrupted by a warmer and drier phase between 2100 and 1500 BP, after which the tendency to cooling and humidification came into force again, and the lake level began to rise.

УДК 911.3(476)

К.К. Красовский, С.В. Корженевич

SWOT- И PESTM-АНАЛИЗ ДЕМОГРАФИЧЕСКОЙ СИТУАЦИИ В БЕЛОРУССКОМ ПОЛЕСЬЕ

В рамках изучения демографической ситуации в Белорусском Полесье применен SWOT-анализ, который позволил выявить потенциальные преимущества и недостатки, возможности и угрозы для демографического развития региона. SWOT-анализ дает основание объективно оценить демографические возможности Полесского региона и разработать эффективные меры для предотвращения демографических угроз. На основе PESTM-анализа определены существенные факторы, влияющие на демографические процессы в Белорусском Полесье, сила их влияния на рождаемость и смертность населения региона.

Исследование проводилось в рамках Государственной программы «Оценка природно-ресурсного и демографического потенциала, разработка программы развития техногенно-преобразованных территорий Белорусского Полесья» ГПОФИ «Природопользование», 2006–2010 гг. № госрегистрации 20064813.

При изучении разных территориальных систем важная роль отводится географическому анализу и синтезу. Географический анализ представляет собой метод, при котором достигается расчленение процесса, явления, объекта на составные элементы. В дальнейшем им даются количественные и качественные оценки, характеристики, устанавливаются причины изменения каждого из элементов и, наконец, обобщаются основные факторы, которые определяют процесс, явление, объект в целом [1, с. 40]. При прогнозировании, а также анализе демографической ситуации используется SWOT-анализ для разработки принципов и стратегии устойчивого развития исследуемого региона, который является разновидностью метода экспертной оценки. Впервые акроним SWOT озвучил профессор К. Andrews в 1963 году на конференции в Гарварде по проблемам бизнес-политики: Strengths – Сильные стороны; Weaknesses – Слабые стороны; Opportunities – Возможности; Threats – Угрозы [2]. SWOT-анализ был основан на озвучивании и структурировании знаний о текущей ситуации и тенденциях и позволяет исследователям сформулировать в виде логически согласованной схемы взаимодействия сил, слабостей, возможностей и угроз. В результате выполнения классического SWOT-анализа создается структурированная информация в рамках единой SWOT-модели.

В большинстве случаев SWOT – анализ является полезным инструментом для структурирования информации, собранной согласно разработанной схеме. Применение в исследовании данного метода позволило систематизировать и объективно оценить демографическую ситуацию в регионе, выявить сильные и слабые стороны, возможности и угрозы для демографической безопасности, дает возможность разработать эффективные меры для стабилизации демографической ситуации в Белорусском Полесье. Рассмотрение же сильных сторон будет способствовать научному определению потенциальных возможностей Белорусского Полесья и разработки эффективной стратегии относительно их дальнейшего укрепления. Оценка возможных стратегий демографического развития Белорусского Полесья проводится через сопоставление с целью и задачами Национальной программы демографической безопасности на 2007–2010 годы и особенностей рассматриваемого нами региона. Общая схема SWOT-анализа традиционно включает в себя два иерархических уровня, которые, в свою очередь, подразделяются на две составляющих (рисунок 1).

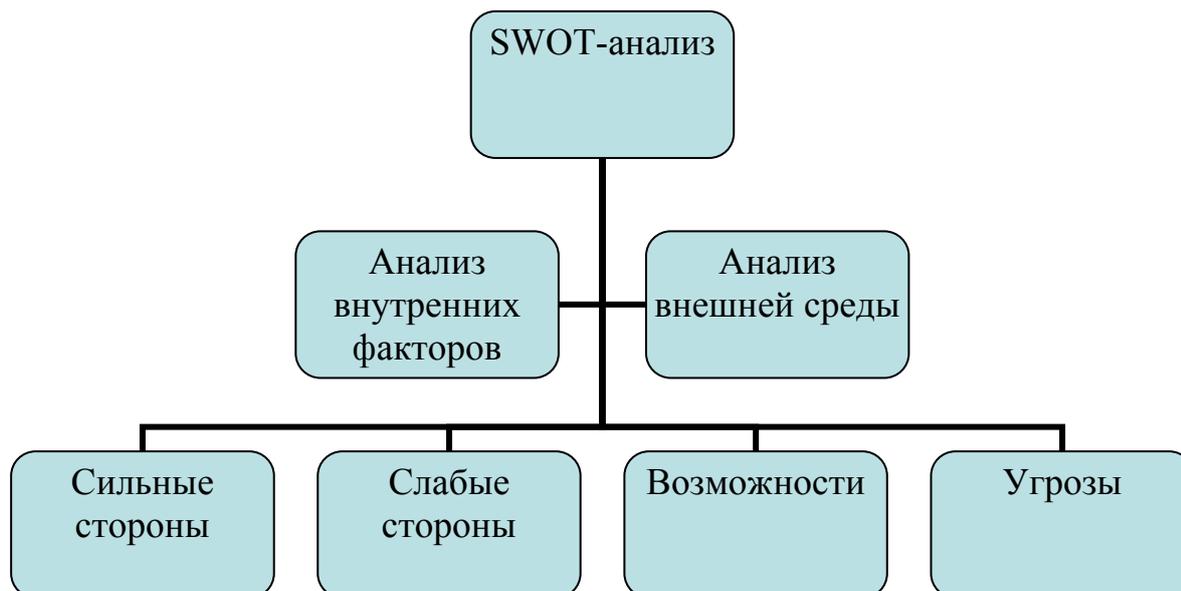


Рисунок 1 – Общая схема SWOT-анализа

Оценка демографического развития Белорусского Полесья позволила определить потенциальные внутренние и внешние преимущества и недостатки, а также внутренние и внешние возможности и угрозы региона.

Таблица 1 – SWOT-анализ динамики численности и воспроизводства населения Белорусского Полесья

Потенциальные внутренние преимущества	Потенциальные внутренние недостатки
<ul style="list-style-type: none"> • высокий образовательный уровень населения региона; • уменьшение показателей младенческой смертности; • положительный естественный прирост в ряде населенных пунктов (Брест, Пинск, Кобрин, Мозырь, Солигорск, Гомель, некоторые сельские поселения с преобладанием протестантских общин); • незначительный рост рождаемости; • увеличение количества многодетных семей, а также семей, имеющих двоих детей. 	<ul style="list-style-type: none"> • нехватка медицинского персонала высшего звена; • увеличение количества разводов и, соответственно, коэффициента разводимости; • нарушение половой структуры населения региона; • старение населения; • уменьшение количества браков и, соответственно, коэффициента брачности; • увеличение оттока населения из сел в города, а также из малых городов в большие (в том числе в г. Минск).
Потенциальные внешние преимущества	Потенциальные внешние недостатки
<ul style="list-style-type: none"> • этническая близость народов прилегающих территорий; • тесные экономические связи (особенно между странами СНГ); • наличие родственных связей некоторого числа семей в приграничных государствах. 	<ul style="list-style-type: none"> • схожая сложная демографическая ситуация в сопредельных государствах: низкая рождаемость, повышенные показатели смертности и др.

Продолжение таблицы 1

Потенциальные внутренние возможности	Потенциальные внутренние угрозы
<ul style="list-style-type: none"> • стимулирование рождаемости, в том числе и экономическими мерами; • ограничение количества аборттов; • реализация Национальной программы демографической безопасности на 2007–2010 гг.; • диспансеризация населения с обязательным охватом всего трудоспособного населения; • улучшение материально-технической базы учреждений здравоохранения и качества медицинского обслуживания. 	<ul style="list-style-type: none"> • депопуляция населения, которая охватила все районы Белорусского Полесья; • высокая смертность мужчин трудоспособного возраста; • увеличение числа консенсуальных браков и различных форм сожительства; • экологические проблемы, в том числе последствия аварии на ЧАЭС; • рост числа заболеваний сердечно-сосудистой системы, новообразований и др.; • ухудшение здоровья женщин репродуктивного возраста; • увеличение числа курящих, больных алкоголизмом, наркоманией, токсикоманией.
Потенциальные внешние возможности	Потенциальные внешние угрозы
<ul style="list-style-type: none"> • возвращение (репатриация) на родину этнических белорусов; • создание благоприятных условий для желающих проживать в РБ (в том числе в регионе). 	<ul style="list-style-type: none"> • «утечка мозгов»; • миграция молодежи за пределы страны; • международный наркотрафик.

При проведении регионального анализа демографических структур исследователями также используется многосторонний анализ PESTM, включающий в себя анализ политических, экономических, социальных и технологических факторов [3, с. 18]. Для Белорусского Полесья были определены существенные факторы, влияющие на демографические процессы в регионе. Далее для каждого фактора установлена сила влияния (в масштабе от –5 до 5): –5 обозначает очень сильное отрицательное влияние, 5 обозначает очень сильное положительное влияние. Допускается, что фактор может иметь как отрицательное, так и положительное влияние. Затем сопоставляется сила действия отдельной группы факторов. Сила влияния фактора определяется исходя из пространственного масштаба:

- 1 – влияние на отдельный населенный пункт;
- 2 – влияние на несколько населенных пунктов;
- 3 – влияние на административный район;
- 4 – влияние на административную область;
- 5 – влияние на регион.

Затем вычисляется сила действия как средняя арифметическая сумм величины влияния [4, с. 45].

Таблица 2 – Воздействие различных факторов на рождаемость в Белорусском Полесье

Фактор	Характеристика	Воздействие	
		положительное	отрицательное
Демографический	1. Старение населения	0	-5
	2. Снижение уровня брачности и увеличение уровня разводимости	0	-4
	3. Нарушение половой структуры населения	0	-4
	4. Уменьшение доли женщин фертильного возраста	0	-2
Сила влияния		0	-3,75
Социально-экономический	1. Снижение уровня жизни	0	-5
	2. Инфляция	0	-5
	3. Безработица	0	-1
	4. Экономическое развитие районов	3	-3
	5. Государственные меры по поддержке семей	5	0
Сила влияния		1,6	-2,8
Экологический	1. Радиационное загрязнение	0	-3
	2. Радиофобия	0	-4
	3. Качество ресурсов атмосферы, гидросферы, литосферы	1	-1
Сила влияния		0,33	-2,66
Медицинский	1. Ухудшение репродуктивных возможностей населения	0	-5
	2. Улучшение качества медицинского обслуживания	5	0
Сила влияния		2,5	-2,5
Географический	1. Урбанизированность территории	1	0
	2. Система расселения	3	0
Сила влияния		2	0
Культурологический	1. Влияние религиозных структур	1	0
	2. Образовательный уровень населения	2	-2
Сила влияния		1,5	-1

На основании таблицы 2 была составлена диаграмма, иллюстрирующая силу влияния различных факторов на процессы рождаемости (рисунок 2).

Из приведенного анализа следует, что помимо географического и культурологического фактора, все остальные факторы имеют негативное влияние на территорию региона. Медицинский фактор имеет нейтральное воздействие на процессы рождаемости в Белорусском Полесье.

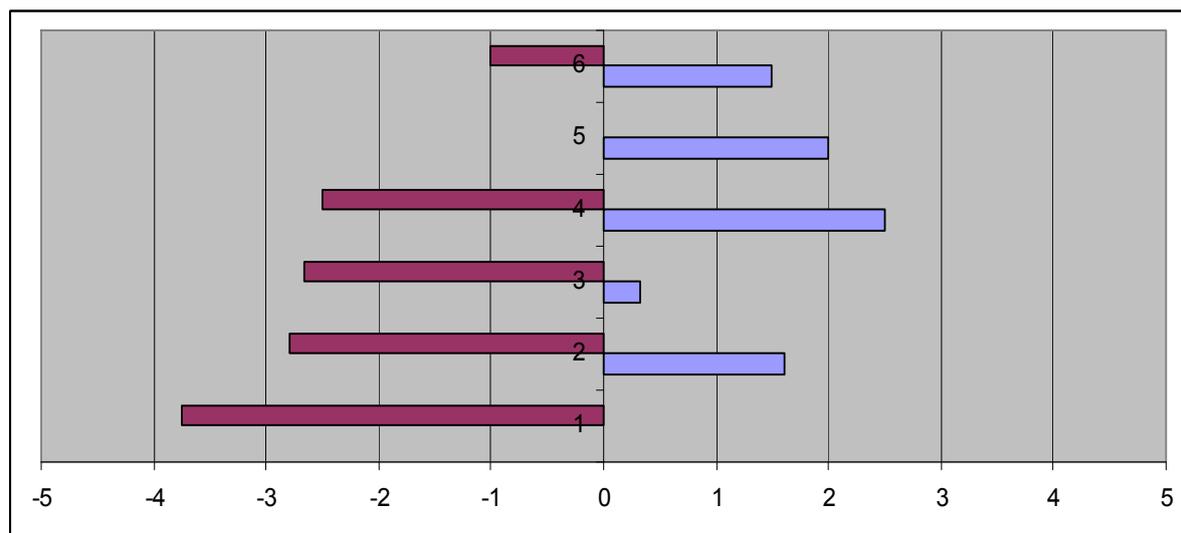


Рисунок 2 – Общий PESTM-анализ процессов рождаемости в Белорусском Полесье

В рамках анализа процессов смертности на территории Полесского региона нами был сделан PESTM-анализ.

Таблица 3 – Воздействие различных факторов на смертность населения в Белорусском Полесье

Фактор	Характеристика	Воздействие	
		положительное	отрицательное
1	2	3	4
Демографический	1. Старение населения	0	-5
Сила влияния		0	-5
Экономический	1. Снижение уровня жизни	0	-5
	2. Безработица	0	-1
	3. Развитие малых городов	1	0
Сила влияния		0,33	-3
Экологический	1. Радиационное загрязнение	0	-3
	2. Радиофобия	0	-4
	3. Качество ресурсов атмосферы, гидросферы, литосферы	1	-1
	4. Наличие вредных производств	0	-1
Сила влияния		0,25	-2,25
Социальный	1. Употребление алкоголя, наркотиков, табака	0	-4
	2. Уровень преступности	0	-4
	3. Социальная защита населения	5	0
Сила влияния		1,66	-2,66

Продолжение таблицы 3

1	2	3	4
Медицинский	1. Количество медицинского персонала	3	-3
	2. Качество медицинского обслуживания	3	-1
	3. Профилактика заболеваний	1	-1
Сила влияния		2,33	-1,66
Географический	1. Урбанизированность территории	1	-1
	2. Отсутствие «горячих точек»	5	0
Сила влияния		3	-1,5
Культурологический	1. Влияние религиозных структур	2	0
	2. Индифферентное отношение к своему здоровью	0	-3
Сила влияния		1	-1,5

На основании таблицы 3 была составлена диаграмма, иллюстрирующая силу влияния различных факторов на процессы смертности.

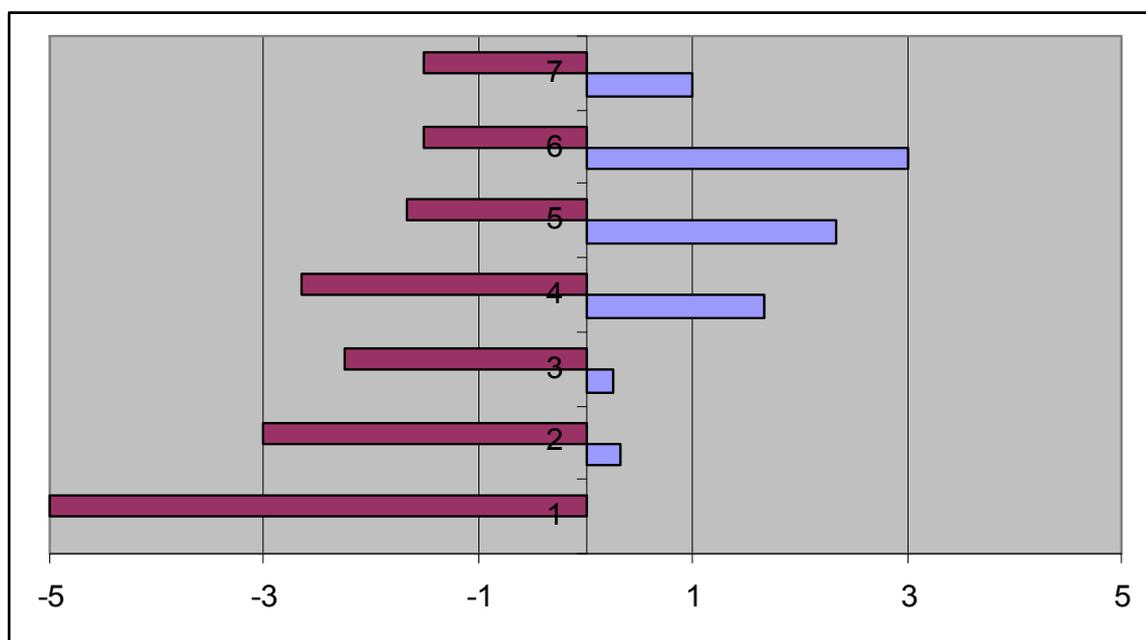


Рисунок 3 – Общий PESTM-анализ процессов смертности в Белорусском Полесье

Из приведенного анализа следует, что помимо географического и медицинского факторов, все остальные факторы имеют негативное влияние на территорию региона.

Таким образом, проведенный нами SWOT- и PESTM-анализ позволил объективно рассмотреть все составляющие демографической ситуации в регионе. Сложная экологическая ситуация, неоднозначные социально-экономические процессы в стране (по-

следствия мирового финансового кризиса), природные особенности региона, несомненно, прямо или косвенно влияют на демографическую безопасность Белорусского Полесья.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сідор, С.І. Тэорыя сацыяльна-эканамічнай геаграфіі: курс лекцый / С.І. Сідор, Г.С. Смалякоў. – Мінск : БДУ, 2001. – 111 с.
2. SWOT-анализ [Электронный ресурс]. – 2009. – Режим доступа: <http://www.stplan.ru/articles/theory/swot.htm>. – Дата доступа : 28.02.2010.
3. Щекотихина, Е.А. Информационно-методическое обеспечение стратегического анализа / Е.А. Щекотихина // Вестник Северо-Кавказского государственного технического университета. – 2009. – № 4. – С. 13–16.
4. Три Полесья: совместная стратегия охраны и экологического использования природного наследия территории белорусско-польско-украинского пограничья / С.В. Матюнин [и др.]. – Брест, 2009. – 86 с.

K.K. Krasovsky, S.V. Korjenevich. The SWOT and PESTM Analysis of a Demographic in Belarusian Polesye

Within the limits of the demographic situation in Belarusian Polesye, the SWOT-analysis has been carried out, that has allowed to reveal potential advantages and weaknesses, opportunities and threats to a demographic development of the region. The SWOT-analysis is the useful tool for the information structuring. The carried out analysis gives the basis to estimate objectively demographic possibilities of the Polesye Region and to develop effectual measures to prevent the threats of demographic safety. The essential factors influencing on demographic processes of the Belarusian Polesye, influence on the natality and mortality of the Region population, have been defined on PESTM analysis basis.

УДК 549.752/753 (476)

Н.А. Махнач

НЕОБЫЧНАЯ АПАТИТОВАЯ МИНЕРАЛИЗАЦИЯ В КВАРЦЕВО-ГЛАУКОНИТОВЫХ ПЕСКАХ ПАЛЕОГЕНА БЕЛАРУСИ

В палеогеновых кварцево-глауконитовых песках на месторождении писчего мела Росс в Волковыском районе обнаружены светло-серые неплотно литифицированные стяжения (конкреции) неправильной формы. Они были исследованы рентгенодифрактометрическим, рентгенфлуоресцентным и спектральными методами. Мелкопесчаный обломочный скелет стяжений сцементирован апатитом. Концентрация P_2O_5 в них составляет 7–8%. В отличие от изученного для сравнения бесспорно гипергенного четвертичного апатита (натечная корка на ископаемом зубе мамонта) светло-серые конкреции содержат повышенные количества серы (0,5–0,6% SO_3), стронция (1500 мг/кг), бария (240 мг/кг), бора (75 мг/кг), иттрия (55 мг/кг), лантана (60 мг/кг). Происхождение стяжений, скорее всего, связано с процессами диагенеза в осадке, перекрытом мелководным морем. Также не исключается вероятность их формирования в плейстоцене в результате гляциотектонического воздействия на динамику и химические особенности подземных вод. Высказано предположение о том, что некоторые кварцево-глауконитовые пески можно рассматривать как разновидность удобрения, содержащего фосфор (а также бор) в относительно легко растворимой и, следовательно, доступной растениям форме.

Введение

В платформенном чехле Беларуси кварцево-глауконитовые пески различной стратиграфической принадлежности зачастую выступают вмещающим фосфатных (апатитовых) аутигенных образований [1]. Наиболее значительные залежи фосфоритов локализованы в песках (реже в мергелях и опесчаненных мелах) мелового возраста и в песках палеогена. Основными формами скопления фосфатного материала в этих отложениях являются темно-серые, темно-бурые, иногда почти черные плотные, трудно дробимые мелкие и крупные (до дециметра и более в диаметре) желваки, а также фосфоритные плиты.

В настоящей статье приводятся первые результаты изучения иной морфологической разности сцементированных апатитом тел. Это светло-серые неплотно литифицированные стяжения (конкреции) неправильной формы, обнаруженные в палеогеновых кварцево-глауконитовых песках на месторождении писчего мела Росс в Волковыском районе. Минеральный и химический состав стяжений рассматривается на фоне аналогичных характеристик натечной апатитовой корки толщиной до 7 мм, выстилающей поверхность ископаемого зуба мамонта. Этот образец, переданный автору П.Ф. Калиновским, происходит из песчано-гравийного карьера «Сморгонь». Условия залегания находки неизвестны, но апатит здесь бесспорно гипергенный четвертичный, образовавшийся в непосредственной близости от биогенного источника кальция и фосфора.

Условия залегания апатитовых стяжений

Рассматриваемые образования обнаружены в толще, вскрытой карьером в 4 км к югу от юго-западной окраины поселка Красносельский Волковыского района и имеющей следующее строение:

- 1) красновато-бурые разномелкозернистые, преимущественно среднезернистые глинистые флювиогляциальные пески сожского возраста (0,0–1,7 м);
- 2) зеленовато-серые хорошо отсортированные мелкозернистые кварцево-глауконитовые пески (1,7–4,6 м);

3) такие же пески, включающие горизонтально ориентированную «отмостку» темно-бурых, иногда черных, твердых фосфоритовых желваков размером до 5–6 см (4,6–4,8 м);

4) зеленовато-серые (с более интенсивным, чем в материале слоя 2, зеленым оттенком) отсортированные мелко- и тонкозернистые кварцево-глауконитовые пески (4,8–5,8 м);

5) мел писчий белый, разбитый на блоки вертикальными и горизонтальными трещинами (5,8–11,0 м, вскрытая мощность).

По верхнему контакту прослеживается серия надвигов, плоскости которых наклонены под углом 60–70° к горизонтали. Высота “зубцов” составляет от 20 до 60 см. Расстояние между ними в стенке – 30–60 м.

Описанная толща является фрагментом мощной скибовой Песковской гляциодислокации. Согласно Э.А. Левкову [2] нормальная полная последовательность горизонтов в дислокации включает туронский и коньякский мел, кварцево-глауконитовые пески киевской свиты палеогена, неогеновые гумусированные супеси и суглинки, четвертичные флювиогляциальные и моренные отложения.

Светло-серые стяжения (конкреции) угловатой неправильной формы (часто удлиненные) размером от 2 мм до 7–8 см беспорядочно рассеяны в слое 2, где они составляют примерно 10% массы осадка. Это, как правило, неплотно литифицированные образования. Некоторые (наиболее рыхлые из них) при небольшом усилии можно разломать руками. На сколе стяжений не прослеживается концентрического строения, трещин или полостей. Своим обликом и внутренним строением описываемые образования напоминают обычные в зоне гипергенеза карбонатные конкреции, однако, как показала проверка, не вскипают при погружении в раствор соляной кислоты.

Методика исследования

Гранулометрический анализ песка, включающего светло-серые стяжения, выполнен методом ситования.

Содержания химических макроэлементов определены методом рентгенфлуоресцентного анализа на установке СРМ-18 (аналитик А.Б. Комаров) и выражены в форме оксидов (за исключением концентрации Cl). Макрохимическому анализу подвергались как конкреции в целом, так и материал грубой протолочки, пропущенный через сито с размером ячейки 0,05 мм (т.е. состоящий преимущественно из частиц вторичного цемента).

Концентрация микроэлементов измерена С.Л. Трошиной и Б.Е. Островской путем полуколичественного спектрального анализа на приборе АИ-1024.

Минеральный состав определен рентгендифрактометрическим методом на установке ДРОН-3 с медным анодом и графитовым монохроматором (аналитик Л.П. Евстратенко).

Микроморфологический анализ осуществлялся путем изучения шлифов под минералогическим поляризационным микроскопом.

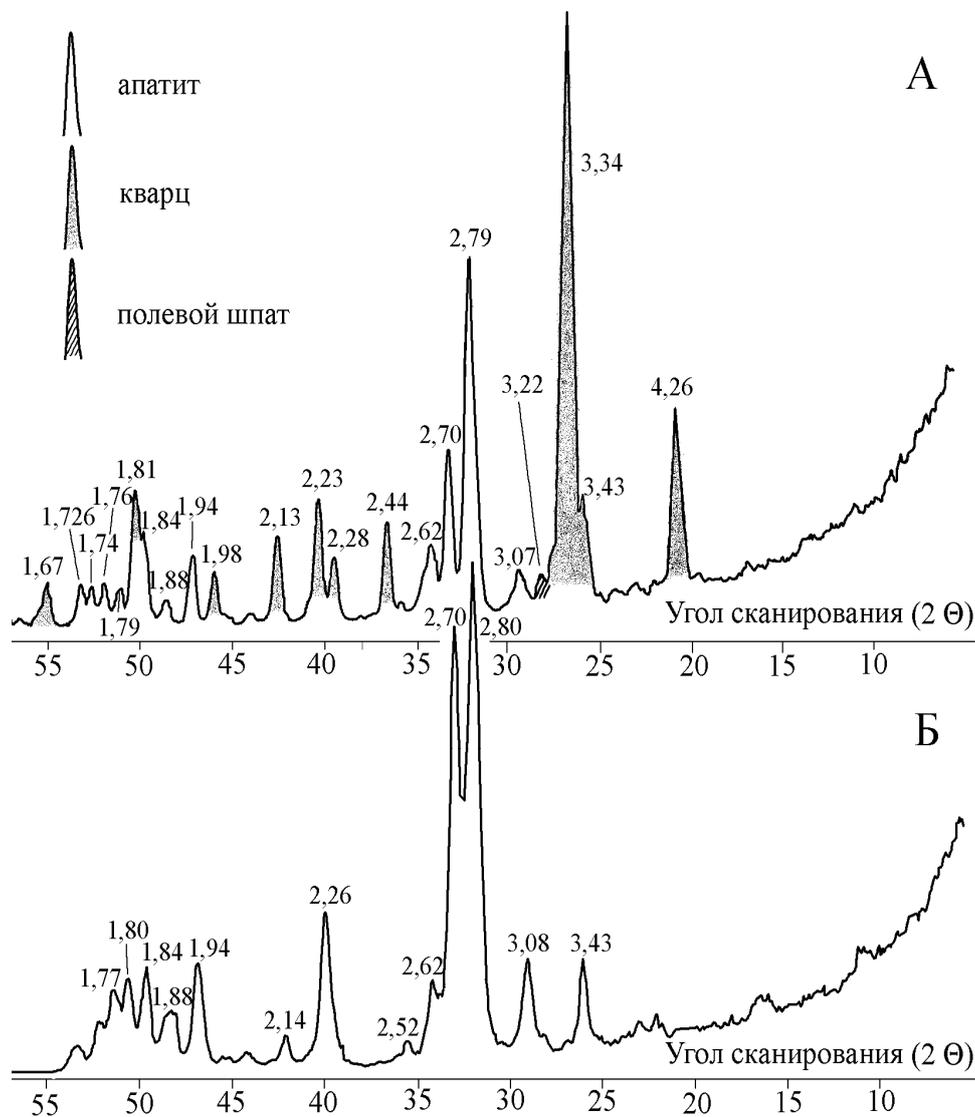
Описание и интерпретация результатов

Кварцево-глауконитовый песок, вмещающий светло-серые стяжения, содержит 0,7% крупного песка (1–0,5 мм), 7,6% среднезернистого песка (0,5–0,25 мм), 75,7% мелкого песка и 16,0% фракции мельче 0,1 мм.

Светло-серым стяжениям присущи следующие микроморфологические особенности. В базальном микритовом некоррозионном апатитовом цементе заключены преимущественно мелкопесчаные обломочные зерна. Частицы полевых шпатов и глауконита имеют, как правило, свежий облик. В шлифах видны овальные и почковидные

апатитовые зерна диаметром 0,10–0,15 мм, четко отграниченные от окружающей массы цемента, – по-видимому, фосфатизированные остатки морских организмов. Трещин (открытых либо залеченных более поздними генерациями цемента) не заметно.

На рентгенодифрактограммах (рисунок, а), полученных по образцам стяжений, выявлены рефлексы 3,43; 3,07; 2,79Å (наиболее сильный); 2,70Å (второй по значению); 2,62; 1,94; 1,88; 1,84; 1,79; 1,76; 1,74 и 1,726Å, близкие к величинам отражений эталонных фторапатита, карбонат-фторапатита (франколита), карбонат-апатита (подолита) и хуже соответствующие рентгеновским характеристикам хлорапатита [3]. Серия рефлексов свидетельствует о присутствии кварца, а малый пик 3,22Å – об участии полевого шпата. Набор апатитовых рефлексов почти идентичен выявленному при исследовании чистого от обломочной примеси гипергенного апатита (рисунок, б). В последнем объекте обнаружен также отчетливый рефлекс 2,26Å, сходный с одним из отражений (2,256Å) карбонат-апатита (подолита) [3].



а – светло-серого стяжения из кварцево-глауконитовых песков;
б – натечной корки на поверхности ископаемого зуба мамонта

Рисунок – Рентгенодифрактограммы образований, содержащих апатитовую минерализацию

Содержания химических макроэлементов в исследованных апатитовых образованиях приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Содержание химических макроэлементов (в весовых процентах) в аутигенных апатитовых образованиях

№	K ₂ O	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	P ₂ O ₅	MgO	CaO	Al ₂ O ₃	TiO ₂	SO ₃	Cl	MnO	Na ₂ O	$\frac{CaO}{P_2O_5}$
1	0,88	1,68	48,5	7,01	1,21	20,4	1,46	0,24	0,56	0,10	0,03	0,71	2,91
2	0,87	1,44	47,2	7,94	1,01	20,6	1,30	0,21	0,64	0,09	0,02	0,92	2,59
3	0,90	1,87	47,0	7,09	1,49	21,7	1,37	0,32	0,58	0,08	0,02	0,71	3,06
4	0,86	1,66	20,0	30,8	0,31	39,3	2,75	0,19	0,97	0,01	0,05	0,78	1,28
5	0,72	1,29	17,1	31,6	2,07	41,0	2,09	0,19	1,00	0,02	0,05	0,62	1,30
6	0,76	1,27	20,0	30,7	1,40	39,4	2,11	0,19	1,05	0	0,04	0,51	1,28
7	0,72	1,26	16,0	32,3	0,70	42,9	2,05	0,17	1,06	0,02	0,05	0,44	1,33
8	0,01	0,12	0,99	40,5	3,42	54,6	0,10	0,01	0,01	0,01	0,31	1,03	1,35

Примечание – Строки 1–3: в светло-серых стяжениях из кварцево-глауконитовых песков; строки 4–7 (курсивный шрифт): во фракции <0,05 мм протоочки этих стяжений; строка 8: в натечной корке на поверхности ископаемого зуба мамонта.

Малые концентрации хлора (доли процента) отвергают принадлежность главного минерала всех проб к хлористой разновидности апатита.

Доля P₂O₅ в валовых образцах светло-серых стяжений составляет 7–8%. Учитывая степень насыщенности осадка конкрециями, можно оценить средневзвешенное (по слою 2) содержание фосфора (в форме пентаоксида) в 0,7–0,8%, что в 5,8–6,7 раз больше кларкового (0,12%) для четвертичных отложений значения [4].

Соотношение CaO/P₂O₅ в светло-серых стяжениях (2,59–3,06) существенно выше стехиометрического для апатита (1,31). Поэтому часть кальция заключена, по-видимому, в аллотигенном или аутигенном кальците. На это указывает также слишком большой дефицит массы (100% минус сумма оксидов), равный 17,8–18,6% и полностью не объяснимый присутствием воды в глауконите, фтора в апатите, углекислого газа в карбонат-apatите. При этом доля кальцита, вероятно, незначительна, поскольку минерал не зарегистрирован рентгендифрактометрическим методом.

Примерно половина массы стяжений приходится на силикатную часть. Содержание железа невелики (1,4–1,9% в форме Fe₂O₃), что несколько меньше кларка (2,6%) для песчаных (аллювиальных, эоловых) четвертичных отложений Беларуси [4]. Содержание серы (0,56–0,64% SO₃) в 8–9 раз превышает среднее (0,07%) для четвертичных отложений [4], что свидетельствует о вхождении элемента во вторичный цемент.

Его химический состав лучше отражается результатами анализа фракции менее 0,05 мм. Так, соотношение CaO/P₂O₅ в преимущественно аутигенной части четырех изученных стяжений почти соответствует стехиометрическому для апатита (1,31). Дефицит массы в образцах просеянного материала протоочки значительно меньший (до 3%), чем в валовых образцах. На основании данных о содержании фосфора и кальция можно заключить, что фракция мелкого алевролита на 70% и более сложена апатитом. Таким образом концентрат с высоким содержанием полезного компонента может быть получен путем незначительных усилий, потребовавшихся для разрыхления стяжений и просеивания материала. Цемент в большей степени (до величины в 15 кларков) обогащен серой, чем валовые образцы, что еще раз указывает на вхождение элемента в состав аутигенной фазы.

Чистый от обломочной примеси гипергенный четвертичный апатит корки на мамонтовом зубе помимо доминирующих кальция и фосфора содержит повышенные по сравнению со стяжениями из кварцево-глауконитового песка, количества магния и марганца и в то же время почти не включает серы. По-видимому, эти химические особенности являются «метками» отличия среды минералообразования двух рассматриваемых разновидностей апатита.

Очевидные различия регистрируются также в содержаниях микроэлементов (таблица 2).

Таблица 2 – Содержание химических микроэлементов (мг/кг) в светло-серых стяжениях из кварцево-глауконитовых песков (строка 1) и в апатитовой корке на поверхности ископаемого зуба мамонта (строка 2) на фоне кларков для четвертичной толщи Беларуси [6] (строка 3, курсивный шрифт, величины округлены до целочисленных значений).

№	Pb	B	Ni	Co	Cr	V	Zr	Cu	Sr	Ba	Nb	Be	Y	Yb	La
1	13	75	24	6	80	60	600	12	1500	240	10	3	55	4	60
2	–	–	–	–	–	–	–	6	360	170	–	–	–	–	–
3	15	19	12	8	34	29	182	16	110	107	6	3	14	3	31

Примечание – Прочерк означает, что концентрация элемента оказалась ниже предела обнаружения.

Микроэлементная специализация апатитовой корки на зубе мамонта стронциево-бариево-медная, такая же, как у плейстоценовых и голоценовых аутигенных карбонатов [5].

В светло-серых стяжениях из кварцево-глауконитовых песков некоторые микроэлементы содержатся в значительных количествах. В порядке убывания коэффициента концентрации относительно кларка для четвертичных отложений [6] эти элементы выстраиваются в следующий ряд: Sr (13,6) > B (3,95) > Y (3,93) > Zr (3,30) > Cr (2,35) > Ba (2,24) > V (2,07) > Ni (2,0) > La (1,94) > Nb (1,67) > Yb (1,33).

Повышенные (по сравнению с кларковыми) содержания циркония, хрома, ванадия, никеля, возможно, ниобия, вполне могут быть связаны с их обилием в обломочной матрице стяжений. Стронций и барий, во многом сходные по химическим свойствам с кальцием, по-видимому, изоморфно замещают его в апатите. Среди примечательных особенностей микроэлементного состава светло-серых стяжений следует отметить их обогащенность бором, редкоземельными элементами лантаном и иттербием и тесно связанным с редкими землями иттрием.

Апатитовые конкреции, заключенные в кварцево-глауконитовых песках, могли образоваться на различных стадиях седименто- и литогенеза.

То, что конкреции залегают *in situ* и не являются переотложенными, вытекает из их локализации в сортированном морском песке без какой-либо грубой, даже мелкогравийной компоненты.

Ряд особенностей залегания и строения рассматриваемых стяжений свидетельствует также о том, что они вряд ли могут быть продуктами изменения типичных темно-бурых плотных фосфоритовых желваков. Светло-серые стяжения распределены хаотично (а не организованы в горизонтальные слои, как темно-бурые желваки), не имеют концентрического строения, которое могло бы быть обусловлено различной степенью измененности фосфоритовой гальки.

Отсутствие признаков значительного гипергенного изменения погруженных в апатитовый цемент зерен полевых шпатов, глауконита, биогенных фосфатов указывает

на то, что материал обломочного скелета в течение длительного времени (вскоре после накопления песчаной толщи) был изолирован от воздействия атмосферных агентов выветривания.

Возможность диагенетического образования светло-серых стяжений в среде морских вод (талассогенных поровых растворов) подтверждается значительной концентрацией стронция и серы, не присущей бесспорно гипергенному четвертичному апатиту. В таком случае какие-то особенности геохимической обстановки формирования светло-серых рыхлых стяжений были отличными от тех, которые обеспечили образование типичных темно-бурых фосфоритовых желваков.

Угловатая неправильная форма предполагает, что в настоящее время обсуждаемые конкреции находятся в обстановке, не соответствующей обстановке их образования, и постепенно разрушаются.

Таким образом, комбинация особенностей залегания, строения и вещественного состава светло-серых конкреций наиболее стройно увязывается с гипотезой об их диагенетическом происхождении в осадке, еще перекрытом мелководным морем.

Вместе с тем нельзя полностью исключить вероятность формирования апатитовых стяжений и в четвертичное время, а именно в процессе образования Песковской скибовой гляциодислокации. Выжимавшиеся из-под ледника насыщенные углекислотой воды могли способствовать растворению палеогеновых фосфатов, а при подъеме к поверхности дегазироваться вследствие спада давления и достигать состояния насыщения относительно апатита. Этому же могло способствовать периодическое частичное промерзание толщи, обуславливающее повышенную минерализацию остаточного незамерзшего раствора.

Заключение

1. Наряду с темно-серыми и темно-бурыми плотными желваками и плитами одной из форм апатитовой минерализации в кварцево-глауконитовых песках палеогена выступают светло-серые неплотно литифицированные конкреции, содержащие 7–8% P_2O_5 . Концентрат с содержанием апатита в 70% и более легко получается путем механического разрыхления конкреций и просеивания материала через сито с размером ячейки 0,05 мм.

2. Исследованные конкреции содержат повышенные (по сравнению с кларками для четвертичных отложений Беларуси) количества серы, стронция, бария, бора, иттрия, лантана, чем отличаются от рассмотренного для сравнения гипергенного четвертичного апатита.

3. Комбинация особенностей залегания, строения и вещественного состава конкреций непротиворечиво увязывается с гипотезой об их диагенетическом происхождении в осадке, перекрытом мелководным морем. Также не исключена возможность их формирования в плейстоцене в результате гляциотектонического воздействия на динамические и химические особенности подземных вод.

4. Наличие микритового неплотно литифицированного апатитового компонента в кварцево-глауконитовых песках позволяет по-новому взглянуть на них с утилитарных позиций. Их можно рассматривать не только как почвенный мелиорант, содержащий природный сорбент глауконит, но и как разновидность удобрения, из которого фосфор (а также бор) могут переходить в растворенную, доступную растениям форму.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вечер, В.А. Фосфориты / В.А. Вечер, Д.Г. Чуйко, А.А. Романовский // Полезные ископаемые Беларуси. – Минск : Адукацыя і выхаванне, 2002. – С. 298–304.

2. Левков, Э.А. Гляциотектоника / Э.А. Левков. – Минск : Наука и техника, 1980. – 280 с.
3. Михеев, В.И. Рентгенометрический определитель минералов / В.И. Михеев. – М : Госгеолтехиздат, 1957. – 868 с.
4. Бордон, В.Е. Кларки породообразующих элементов в четвертичных отложениях Беларуси / В.Е. Бордон [и др.] // ДНАН Беларуси. – 2003. – Т. 47. – № 1. – С. 104–106.
5. Махнач, Н.А. Аутигенные карбонатные минералы в четвертичных отложениях Беларуси / Н.А. Махнач. – Минск : Белорусская наука, 2007. – 215 с.
6. Бордон, В.Е. Кларки микроэлементов в четвертичных отложениях Беларуси / В.Е. Бордон [и др.] // ДНАН Беларуси. – 2002. – Т. 46. – № 6. – С. 80–82.

N.A. Makhnach. Unusual Apatite Mineralization in Paleogene Quartz-Glaucouite Sand In Belarus

Light grey loosely lithified irregularly shaped concretions are found in Paleogene quartz-glaucouite sand within the Ross chalk field in Volkovysk region. They are investigated using X-ray diffraction, X-ray fluorescence and spectral methods. Fine sand clastic skeleton of concretions is cemented by apatite. Concentration of P_2O_5 in them reaches 7–8%. In contrast to undoubtedly hypergenic Quaternary apatite (incrustation on a mammoth tooth) studied for comparison, light grey concretions contain increased amounts of sulfur (0.5-0.6% of SO_3), strontium (1500 ppm), barium (240 ppm), boron (75 ppm), yttrium (55 ppm), lanthanum (60 ppm). The origin of the concretions is likely connected to diagenetic processes in sediments, covered by a shallow sea. Also, the possibility of their formation in the Pleistocene due to glaciotectionic impact on groundwaters dynamic and chemical features can't be excluded. It is argued that some quartz-glaucouite sands may be considered as varieties of fertilizers including phosphorus (as well as boron) in the easily dissolved and, therefore, plant available form.

УДК 338.482.22

Е.Н. Мешечко, Д.В. Никитюк

ПРЕДПОСЫЛКИ СОЗДАНИЯ ТУРИСТСКОЙ ТЕРРИТОРИАЛЬНОЙ СТРУКТУРЫ НА БАЗЕ НАЦИОНАЛЬНОГО ПАРКА «БЕЛОВЕЖСКАЯ ПУЩА» В РАМКАХ ТЕРРИТОРИИ БРЕСТСКОЙ ОБЛАСТИ

В статье представлены результаты изучения роли НП «Беловежская пуца» в туристском потенциале региона, высказано предположение о создании туристской территориальной структуры в рамках Брестской области. Приведена вариантная схема включения прилегающих территорий в состав туристской территориальной структуры. Определены принципы освоения природных туристских ресурсов в целях организации туристской деятельности в пределах особо охраняемых природных территорий.

Введение

Современные темпы развития индустрии туризма в мире и в Республике Беларусь требуют своевременной адаптации к условиям спроса на туристском рынке с целью эффективного продвижения национального туристского продукта. Современные изменения в концепции туризма основаны на увеличении потребности в отдыхе, построенном на доминировании спроса на национальные традиции, пейзаж и досуг (концепция трех «L»: Lore – Landscape – Leisure). Данный спрос предполагает вовлечение в сферу туристского использования в качестве уникальных и наиболее аттрактивных дестинаций особо охраняемых природных территорий (ООПТ). Одной из наиболее актуальных проблем, возникающих при освоении ООПТ с туристскими целями, является определение размеров территорий и последовательности освоения туристских ресурсов.

Характеристика предпосылок создания туристской территориальной структуры на базе НП «Беловежская пуца»

Беловежская пуца представляет собой памятник природы, который ощущал на себе влияние человеческой деятельности в течение длительного времени. Беловежская пуца является свидетелем различных способов и форм хозяйствования, а также сохранения человеком природы на землях Восточной Европы. Данное воздействие и отношение к нетронутой природе является доказательством эволюции в отношениях человека и окружающей природной среды. В отношениях часто присутствовали конфликтные периоды, которые были обусловлены утилитарным отношением человека к природе, потреблением богатств природы ради собственного обогащения и развлечения. Период конца XX – начала XXI столетий ознаменовал качественную смену в отношении к уникальным объектам природы. Был осознан тот факт, что эти уникальные леса когда-то были свидетелями смены различных исторических эпох и сохранили для нас и будущих поколений богатую информацию о тех прошедших временах. Смена в отношениях общества и природы первоначально подразумевала под собой консервацию, установление абсолютно закрытого заповедного режима на территории с целями её сохранения. Данная позиция в настоящее время претерпевает изменение, уникальные территории становятся центрами туристской деятельности, а именно познавательной, воспитательной, образовательной и оздоровительной деятельности. В этих условиях необходима грамотная поэтапная программа создания туристской дестинации на территории Беловежской пуцы.

Каркас потенциальных и используемых туристских объектов, расположенных на территории Брестской области, включает различные виды мест туристского посещения, которые отличаются характером использования, визуальной привлекательностью, историко-культурной и природно-экологической ценностью туристских объектов, а также показателями посещаемости и многим другим. При построении каркаса объектов, на основании которых осуществляется развитие туристской деятельности, возникает ряд сложностей при включении в состав территории Беловежской пуши в качестве туристской территориальной структуры, а не отдельного природно-культурного объекта. Сложности обусловлены уникальностью объекта, его международным статусом и природоохранным режимом. Данный объект невозможно оценивать исключительно исходя из предлагаемого перечня туристско-экскурсионных услуг и объектов, доступных для посещения туристами. Оценку необходимо производить на основании учета всего комплекса внутренних и внешних природных, историко-культурных, материально-технических и инфраструктурных объектов и сооружений, которые в дальнейшем представляется возможным использовать при организации туристской деятельности. Беловежская пуша должна стать центром созданной территориальной туристской системы, существующей в качестве самостоятельной структуры в рамках сетки туристских районов Беларуси.

В настоящее время в науке сложилось два подхода в выделении туристских районов. Первый заключается в выделении районов на основании их комплексности (комплексный район), включающих две составляющие: «спросовую» часть района, представленную крупным городом, мегаполисом, агломерацией, в которой происходит непосредственное формирование спроса. Кроме функции формирования туристского спроса, «спросовая» часть района сама выступает в качестве места туристского посещения и зачастую даже не обладает привлекательными туристскими объектами. Туристская деятельность в «спросовом» районе осуществляется на основании развитой сферы услуг (индустрии гостеприимства и инфраструктуре туризма). Другая составляющая часть комплексного района представляет собой территорию, в пределах которой формируется туристское предложение. Она чаще всего представлена сочетанием привлекательных освоенных природных и историко-культурных объектов, расположенных на незначительном удалении от «спросовой» территории. Закономерностью возникновения комплексных районов является фактор освоения и использования территорий. Показатели интенсивности освоения и использования территории находятся в прямой зависимости от расстояния до территории формирования туристского спроса. Чем ближе туристская территория, тем интенсивнее она осваивается. Данную закономерность необходимо рассматривать, учитывая зону отторжения, в которой осуществляется естественный процесс смены городской техногенной среды природной. Кроме смены среды осуществляется также и переход образа жизни. В зоне отторжения не формируется туристское предложение.

Второй подход заключается в выделении профильных, специализированных территорий по типу «территории, на которой осуществляется формирование туристского предложения» в комплексных туристских районах. В качестве такого рода территории могут выступать уникальные, ограниченные в своем распространении, развивающиеся отдельно от урбанизированного района зоны. Самобытность развития и независимость при формировании туристского продукта обусловлена нецелесообразностью ориентации на какой-либо один центр формирования туристского спроса. Данная ситуация объясняется уникальностью и международным статусом объекта. В сложившейся ситуации на территории Брестской области существуют условия для рассмотрения возможности формирования специфической туристско-территориальной структуры на основании выделения Беловежской пуши в качестве самостоятельного уникального туристского под-

района либо структуры, существующей вне современного туристского районирования и зонирования. Выделение данной структуры должно базироваться не только на собственных ресурсах Беловежской пуши, но и включать ресурсы и объекты, расположенные за границами территории национального парка. Национальный парк «Беловежская пуша» должен выступать в качестве связующего и организующего объекта, вокруг которого концентрируются туристские объекты и развивается туристская инфраструктура. Он должен отличаться от прилегающих территорий по качественному уровню развития туристской деятельности.

Часть внешних границ территориальной туристской структуры Беловежская пуша совпадает с государственной границей Республики Беларусь и Республики Польши. Приграничное положение, которое должно выступать в роли фактора притяжения большего числа туристов с обеих сторон границы, в настоящее время выступает как разделитель. Данный факт обусловлен положением данной границы в качестве не только политического разделения государств, но и в связи с продолжительным периодом существования границы в качестве экономического, этнического и, что более важно, разделения в социокультурной общности и взаимодействии. Наличие государственной границы предполагает невозможность создания сплошной туристской территориальной системы вокруг национального парка, присутствующего при построении различного рода территориальных комплексов. Преодоление данного барьера приведет к соединению национального парка Республики Беларусь «Беловежская пуша» с «Беловежским Национальным Парком» Республики Польши и создаст предпосылку к возникновению единой трансграничной территориальной структуры международного уровня. Анализируя современное положение Беловежской пуши в качестве туристского объекта, необходимо сделать вывод о наличии существенных предпосылок для создания территориальной структуры только лишь в рамках Республики Беларусь и Брестской области в частности.

Расширение зон влияния путем включения территорий в территориальную структуру Беловежской пуши должно осуществляться на основании расчета зон транспортной доступности и оценке туристской привлекательности историко-культурных, природно-культурных и природных объектов (рисунки – 1, 2).

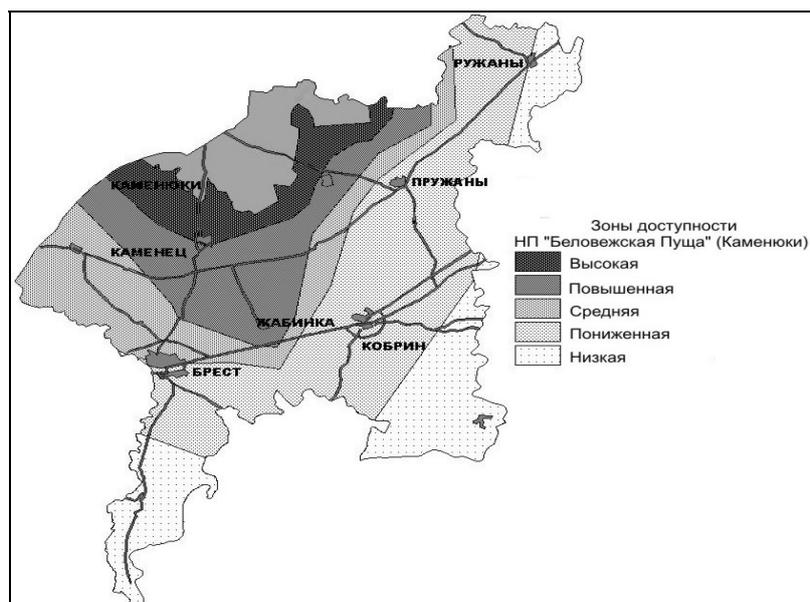


Рисунок 1 – Зоны доступности территории национального парка «Беловежская пуша» (дер. Каменюки)

На основании построенной схемы зон доступности необходимо производить включение территорий, находящихся в высокой, повышенной и средней зоне транспортной доступности. Включение именно этих территорий обеспечит значительный уровень пространственных связей внутри территориальной структуры, а также благоприятно скажется при построении экскурсионной рекреационной сети туристского подрайона. Негативными факторами, препятствующими включению наибольшего количества территорий, которые находятся в зоне влияния национального парка, являются:

1. Отсутствие путей сообщения и слабое развитие дорожной инфраструктуры в периферийной зоне. При рассмотрении национального парка как заповедной территории в качестве путей сообщения необходимо рассматривать также водные пути.

2. Туристская моноцентричность национального парка. Ориентировано на освоение территории преимущественно в направлении из деревни Каменюки. Данный фактор увеличивает туристскую нагрузку на прилегающие ландшафты, а также препятствует комплексному освоению территории. Расширение туристской (рекреационной) зоны, с одной стороны, должно привести к увеличению видового разнообразия профилей использования территории в туристской деятельности. С другой стороны, к уменьшению данной нагрузки путем рассредоточения туристских предприятий, которые оказывают определенную нагрузку при концентрации.

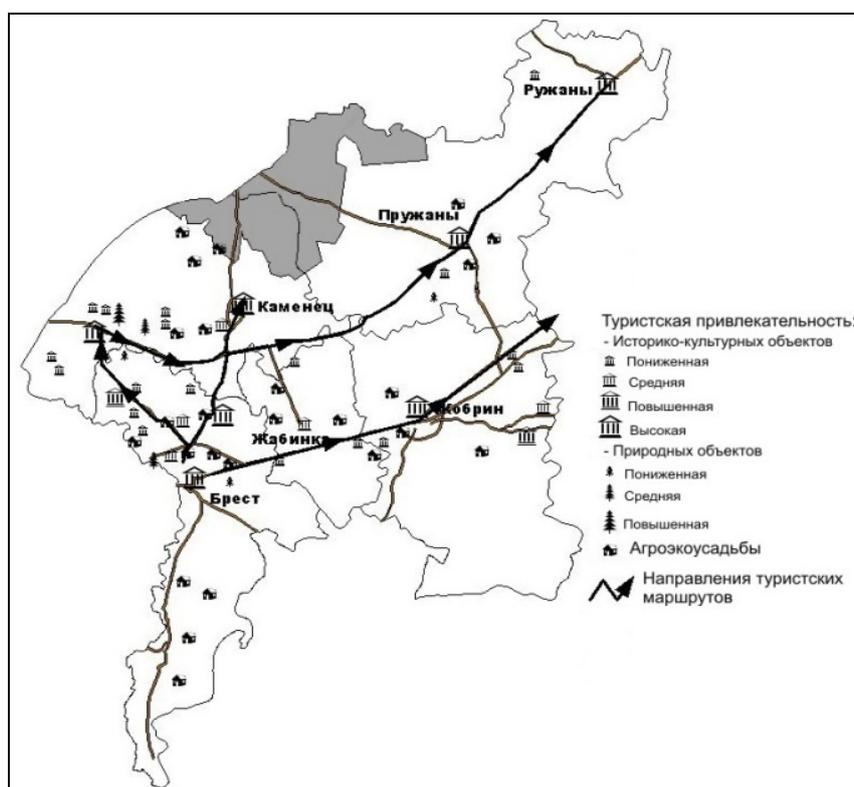


Рисунок 2 – Туристская привлекательность объектов, входящих в состав зон доступности национального парка «Беловежская пушта»

Территории, входящие в состав зон доступности, характеризуется определенной туристской привлекательностью (рисунок 2). Через данную территорию проходят значимые туристско-экскурсионные маршруты по направлениям Брест – Высокое – Каменец, Брест – Пружаны – Ружаны и участок самого продолжительно маршрута Брест – Кобрин – Барановичи – граница области, который также представляет интерес в качестве транзитной территории. Историко-культурные и природные объекты, входящие в

состав данных маршрутов, отличаются по уровню туристской привлекательности. Наибольшей туристской привлекательностью обладают Брест, Пружаны, Высокое, Каменец, Скоки, Чернавчицы, Волчин. Данные объекты не только относятся к наиболее привлекательным на выше оговоренных туристских маршрутах, но и обладают ценностью при организации туристской деятельности на международном уровне. Следует со значительной долей внимания отнестись к оценке туристского потенциала особо охраняемых природных территории, находящихся в зоне непосредственной транспортной доступности от национального парка. Данные территории обладают пейзажным и познавательным туристским потенциалом, который мог бы преобразоваться в туристский ресурс. Факт преобразования свидетельствовал бы о том, что определенная туристско-рекреационная и туристско-экскурсионная нагрузка перешла на другие ООПТ путем перераспределения туристского спроса с самой территории Беловежской пуши. Со стороны пуши необходима координация деятельности ООПТ, а также включение данных территорий в состав бренда Беловежской пуши. К наиболее привлекательным ООПТ относится территория заказников Бугский, Барбастелла, Ружанская пуца, Долбнево, Ворохово и др.

Определенный интерес при организации туристской деятельности представляют возникшие за последнее время объекты индустрии гостеприимства, такие как агроэкоусадьбы, которые используют в качестве основного либо дополнительного рекреационного или экскурсионного объекта территорию национального парка. Тенденции их возникновения естественны, а отдых на территории, близлежащей к Беловежской пуце, является результатом стремления населения крупных городов к получению оздоровительного и познавательного эффекта от туристской деятельности. К тому же необходимо отметить фактор престижа отдыха на территории, относящейся к объекту, имеющему международный охранный статус. При организации деятельности агроэкоусадьб, прилегающих к территории пуши либо входящих в состав туристского подрайона «Беловежская пуца», важно отработать единую систему регулирования их создания и определения туристского профиля их функционирования. Данные меры необходимы, так как агроэкоусадьбы представляют собой рекреационные объекты с наличием сопутствующей определенной антропогенной нагрузки, которая в настоящее время не определена и никак не лимитируется. Беловежская пуца должна стать административным органом лицензирования, создания и последующей деятельности усадеб.

Туристская деятельность на территории пуши должна основываться на двух принципах. Во-первых, она должна быть на несколько уровней выше по количеству капиталовложений и степени научной обоснованности. Необходимо создание экологических специализированных учреждений, которые будут заниматься вопросами экологии туризма и проблемами эффективного использования природной среды в целях развития туристской деятельности. Необходимо также создание экспериментальных полигонов для внедрения новых форм экотуристского освоения территории и организации рекреационной, оздоровительной деятельности. Например, должны получить развитие такие формы организации туристской деятельности, как экопарки, экоцентры международного научного сотрудничества, рекреационные парки, рекреационные базы и т.д. Во-вторых, необходимо придерживаться принципа консервативности, который обуславливает неоспоримость эколого-туристского использования территории, и препятствовать «гонке» за мировыми тенденциями в освоении и внедрении чуждых для заповедных природных территории видов туризма.

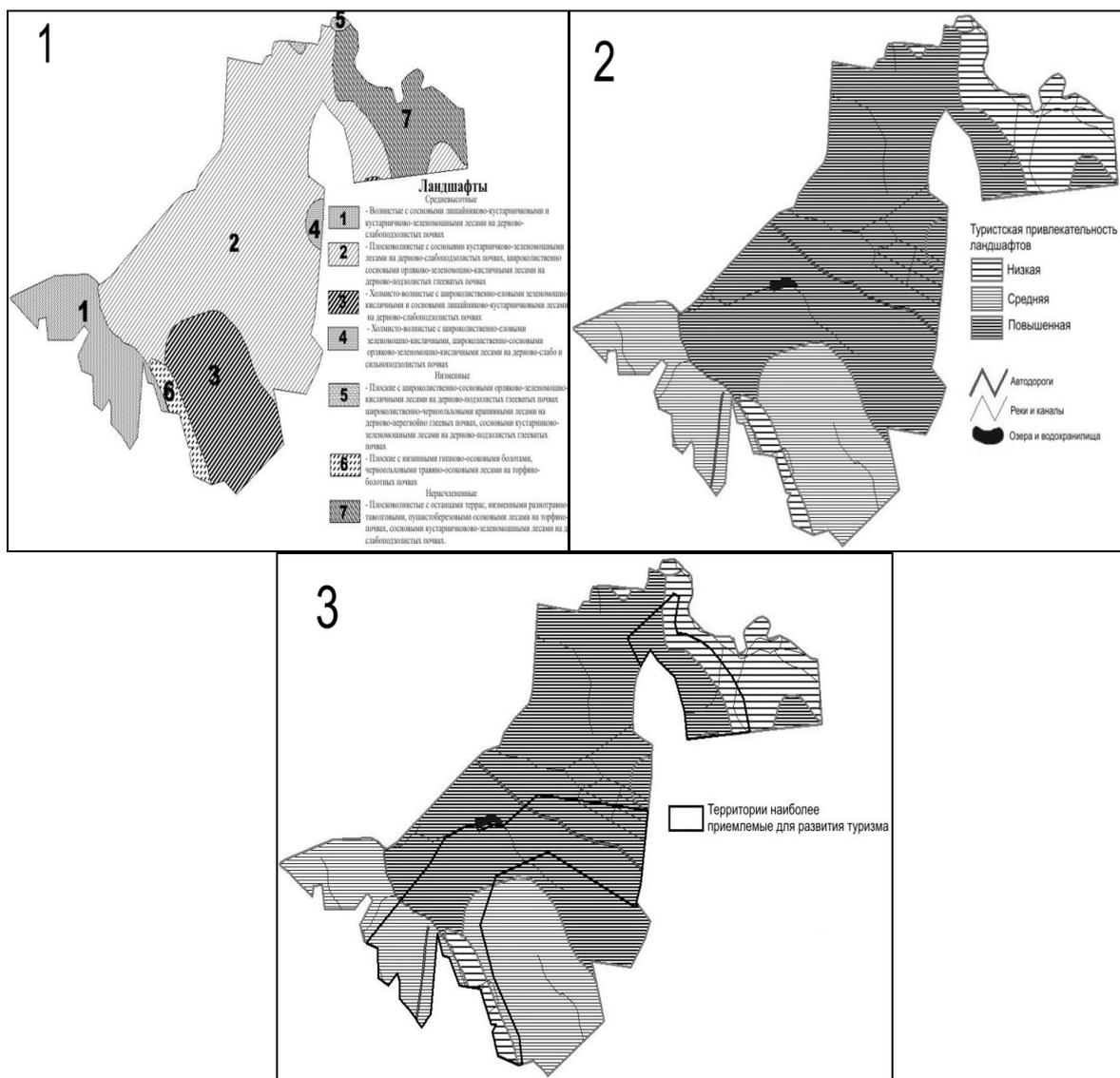


Рисунок 3 – Схема освоения природных (заповедных) геосистем в целях организации туристской деятельности

Освоение природных (заповедных) геосистем необходимо осуществлять в строгой последовательности (рисунок 3). Наиболее объективно отражающим комплекс свойств окружающей среды конкретной территории является ландшафт. При ландшафтном картографировании учитываются все важнейшие природные элементы и компоненты, от которых зависит пейзажная аттрактивность местности, а также степень устойчивости к предполагаемым антропогенным нагрузкам и соответственно их способность к восстановлению. К наиболее важным критериям, используемым при ландшафтном картографировании и организации туристской деятельности, относится оценка геоморфологических, гидрологических условий и растительности и др. В связи с этим первым этапом при освоении природной территории является составление и изучение ландшафтной карты (рисунок 3.1). Далее при возникновении со стороны населения, туристских потребностей на данный вид туристской деятельности, со стороны организаторов в свою очередь, требуется подробный анализ привлекательности ландшафтов. В качестве результата анализа ландшафтной привлекательности строится карта туристской бонитировки природных геосистем (рисунок 3.2). Данная карта относится к

разряду оценочных карт. В отношении заповедных геосистем не стоит придерживаться классического принципа освоения природных геосистем, когда наиболее привлекательные геосистемы осваиваются в первую очередь. Стоит проводить туристско-экологическую оценку территории, при которой оценивается устойчивость ландшафтов к антропогенной нагрузке, а также использовать территорию пограничных ландшафтов с высокой и пониженной степенью привлекательности. Выполнение данного условия способствует увеличению комплексности освоения природной геосистемы и увеличению разнообразия видов туристской деятельности. На основании данных принципов, а также уровня развития транспортной инфраструктуры и учета отдельных водных объектов осуществляется построение карты туристских ресурсов (рисунок 3.3). На дальнейших этапах происходит оценка и подготовка к освоению и строительству конкретных объектов индустрии туризма. На этапе строительства используются крупномасштабные оценочные карты рекреационных ресурсов.

Заключение

Вышеприведенный перечень мероприятий необходим для создания не только территориальной туристской структуры, которая представляет собой прежде всего модель, функционирующую на основании экономико-географических закономерностей размещения и организации туристской дестинации, но и в конечном итоге для создания единого социокультурного пространства. Социокультурное пространство подразумевает существование этнокультурного образа, в котором переплетаются природа, культура, ментальность, самосознание населения данной территории. Этнокультурный образ не только представляет собой абстрактное понятие, характерное для определенного государства или его части, он также является национальным брендом и может использоваться в целях дальнейшего экономического развития данной территории. Формирование социокультурного образа приграничной территории невозможно без грамотного подхода к организации и использованию богатств Беловежской пуши.

E.N. Meshechko, D.V. Nikityuk. Precondition of Creation of Tourist Territorial Structure on the Basis of Nation Park «Belovezhskaya Pushcha» Within the Limits of Territory of the Brest Area

In article results of studying of role Nation Park «Belovezhskaya Pushcha» in tourist potential of region and adjoining territories are presented, the assumption of creation of tourist territorial structure within the limits of the Brest area is come out. The alternative scheme of inclusion of adjoining territories in structure of tourist territorial structure is resulted. Principles of development of natural tourist resources with a view of the organization of tourist activity, within especially protected natural territories are defined.

УДК 502.53 (282.243.613)

О.В. Токарчук, С.М. Токарчук**КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ МАЛЫХ ВОДОСБОРОВ ТРАНСГРАНИЧНОЙ ЧАСТИ БАССЕЙНА РЕКИ ЗАПАДНЫЙ БУГ**

В работе представлен опыт комплексной оценки экологического состояния речных бассейнов на примере малых водосборов трансграничной части бассейна реки Западный Буг. Раскрываются цели и основные этапы оценки, особое внимание уделяется выбору территориальных единиц и показателей. Комплексная оценка экологического состояния малых водосборов трансграничной части бассейна реки Западный Буг включала два этапа: оценку экологической устойчивости малых водосборов к антропогенным нагрузкам и оценку потенциальной экологической опасности. Для каждого из блоков оценки использовались четыре промежуточных показателя. В статье представлены результаты оценки каждого из блоков, а также результаты типизации малых водосборов трансграничной части бассейна реки Западный Буг по экологическому состоянию.

Введение

В современной географической науке широкое распространение получили комплексные оценочные исследования. Сущность подобных исследований заключается в покомпонентном анализе природно-территориальных либо антропогенных комплексов различных рангов. Среди данных работ значительное место занимают работы по комплексной оценке экологического состояния поверхностных вод [1–4]. Объектом исследований в таких работах чаще всего выступает речной бассейн, а оценочными единицами – природно-территориальные комплексы в ранге речных водосборов различных порядков [5–8]. Сущность комплексной оценки заключается в рассмотрении всех составляющих анализируемых территориальных единиц (социальной, хозяйственной и природной) и их взаимосвязей, а также пространственно-временной приуроченности, учитывающей всю иерархию территориальных систем. Кроме того, характерной чертой комплексных оценок является их конструктивная направленность на решение экологических проблем.

Цель работы – разработка методики и проведение комплексной оценки экологического состояния малых водосборов крупного речного бассейна. Объектом исследования является трансграничная часть бассейна реки Западный Буг, которая занимает площадь 30 025 км² (75% общей площади бассейна) и примерно поровну распределена между Беларусью, Польшей и Украиной [9; 10].

Материал и методика исследований

Комплексная оценка экологического состояния малых водосборов трансграничной части бассейна реки Западный Буг включает несколько этапов:

- 1) выбор и выделение территориальных единиц оценки;
- 2) разработка структуры оценки, выбор и обоснование ее показателей;
- 3) сбор и обработка фактического материала;
- 4) собственно проведение оценки.

Первый этап включал выбор и выделение территориальных единиц оценки экологического состояния трансграничной части бассейна реки Западный Буг. Оптимальной территориальной ячейкой для оценки экологического состояния крупного водосбора являются структуры бассейнового строения (речные водосборы и приречья). Однако выделяемые в гидрографии элементарные структуры бассейнового строения (бассейны

водотоков 1-го порядка и приречья водотоков 2-го и более высоких порядков) [11], не всегда сопоставимы по размерам (их площадь может отличаться в десятки раз), что неприемлемо при проведении оценочных работ, особенно для больших территорий со значительными территориальными различиями природных условий и интенсивным хозяйственным освоением. Именно такой территорией является трансграничная часть бассейна реки Западный Буг. Ввиду отмеченных обстоятельств, для настоящей оценки были взяты 139 обособленных гидрологически и сопоставимых по площади малых водосборов (МВ), образуемых водотоками разных порядков, либо являющихся частью приречий главных рек. В основу их выделения были положены три основных критерия:

1) *контролируемость стока*: сток с территории каждой бассейновой структуры должен быть направлен к одной «узловой точке», т.е. может контролироваться в ней;

2) *однозначность границ*: водоразделы должны четко выделяться на современных топографических картах масштаба 1:100 000;

3) *пространственная сопоставимость*: структуры не должны значительно отличаться по площади (средняя площадь выделенных малых водосборов 214,92 км², диапазон площадей – 564,47 км²).

В качестве МВ рассматривались две группы объектов – частичные водосборы (ЧВ) и частичные приречья (ЧП). В качестве ЧВ выделялись отдельные бассейны притоков р. Западный Буг и их основных притоков, бассейны крупных озерных систем и бессточных областей. В качестве ЧП – части бассейнов р. Западный Буг и его основных притоков, вне выделенных ЧВ. При выделении ЧП дополнительно учитывались обособленность от других ЧП, однородность хозяйственного освоения, сопоставимость размеров с ближайшими ЧВ, соответствие начального и замыкающего створов «узловым точкам» ЧВ.

На втором этапе была разработана структура оценки, включающая два основных блока – оценку экологической устойчивости (положительная составляющая) и потенциальной экологической опасности (отрицательная составляющая). Для каждого из данных блоков на основании анализа литературных данных [6: 7; 12–15] было выбрано по четыре показателя. Оценка экологической устойчивости малых водосборов проводилась на основании показателей нормы стока (м³/с), лесистости (%), болотистости (%) и озерности (%); оценка потенциальной экологической опасности – на основании показателей густоты русловой сети (км/км²), распаханности (%), доли городских территорий (%) и плотности сельского населения (чел/км²).

Выбор исходных данных производился с учетом следующих критериев:

1) *региональный характер* исследования, т.е. оцениваемая территория характеризуется большим обхватом и, как следствие, существенными различиями природных и антропогенных условий, следовательно, показатели должны иметь повсеместное распространение;

2) *детальность исследования*, на основании которой выбирается минимальный объем данных, необходимых для оценки, что обеспечит точность конечного результата;

3) *качество информации*, т.е. информация по выбранным показателям должна быть доступна в полном объеме для трех национальных частей водосбора и быть сопоставимой по временному показателю.

Таким образом, были взяты те факторы, которые существенным образом влияют на количество и качество поверхностных вод бассейна, имеют повсеместное распространение, являются результатом взаимодействия природной и антропогенной составляющей геосистем, а также в полном объеме доступны для исследования.

Третий этап включал сбор и обработку фактического материала. В связи с использованием в качестве территориальных единиц малых водосборов необходимый фактический материал мог быть получен только на основании обработки картографи-

ческих и справочных материалов. Большинство данных было получено с помощью созданной геоинформационной системы [16] путем пересечения карты малых водосборов с картами лесов, озер, болот и т.д.

Четвертый этап заключался в разработке методических основ проведения оценки и ее реализации с учетом опыта проведения оценочных работ [17; 18].

Исходя из разработанной структуры исследования, комплексная оценка экологического состояния трансграничной части бассейна реки Западный Буг представляет собой оценку экологической устойчивости и потенциальной экологической опасности территорий малых водосборов, на основе которых проводится интегральная оценка состояния водосборов.

Комплексный показатель экологической устойчивости водосборов является положительным элементом оценки, а экологической опасности – отрицательным.

Для проведения оценки использовалась пятибалльная равноинтервальная оценочная шкала с дополнительным нулевым баллом при отсутствии данного показателя в пределах водосбора. Таким образом, промежуточные показатели оценки (показатели лесистости, распаханности и др.) представляют собой балльные значения, рассчитанные путем пятиуровневого равноинтервального ранжирования. Для расчета комплексных показателей экологической устойчивости и опасности использовался метод сложения, а интегральная оценка экологического состояния малых водосборов трансграничной части бассейна реки Западный Буг проводилась на основании разработанной матрицы, учитывающей соотношение уровня экологической устойчивости и экологической опасности малых водосборов (рисунок 1). На основании разработанной матрицы в пределах трансграничной части бассейна реки Западный Буг выделяется пять типов малых водосборов по уровню современного экологического состояния: с очень хорошим (тип I), хорошим (тип II), средним (тип III), удовлетворительным (тип IV) и неудовлетворительным (тип V) экологическим состоянием. География выделенных типов малых водосборов была изучена относительно обоснованных единиц физико-географического районирования [19].

			Потенциальная экологическая опасность				
			очень низкая	низкая	средняя	высокая	очень высокая
			1	2	3	4	5
Экологическая устойчивость	очень низкая	1					
	низкая	2					
	средняя	3					
	высокая	4					
	очень высокая	5					

Типы малых водосборов: I II III IV V

Рисунок 1 – Матрица типизации малых водосборов по экологическому состоянию

Результаты исследований и их обсуждение

Согласно разработанной методике, комплексная оценка экологического состояния малых водосборов трансграничной части бассейна реки Западный Буг состояла из двух этапов: оценки экологической устойчивости малых водосборов к антропогенным

нагрузкам и потенциальной экологической опасности. Для каждого из блоков оценки использовались четыре промежуточных оценочных показателя.

Согласно рисунку 2, большинство водосборов трансграничной части бассейна реки Западный Буг обладают низкой экологической устойчивостью, что связано со слабой дифференциацией большинства промежуточных показателей. Т.к. для показателей нормы стока, болотистости и озерности средние, высокие и очень высокие значения представлены не более чем в 7 малых водосборах, комплексный показатель устойчивости МВ к антропогенным нагрузкам для 105 водосборов, занимающих 74,8% территории бассейна, характеризуется очень низкими и низкими значениями. Данные водосборы занимают наибольшую площадь в южной возвышенной и левобережной частях бассейна.

15 малых водосборов, занимающих 11% территории бассейна, характеризуются средними значениями комплексного показателя экологической устойчивости. Водосборы данной группы встречаются в разных частях бассейна, образуя компактную группу из 5 водосборов в средней части Западного Полесья. Среди МВ со средними показателями устойчивости доминируют водосборы (12 МВ), для которых отмечаются очень низкие значения трех промежуточных показателей и средние значения – одного.

Для 16 малых водосборов, занимающих 11,7% территории бассейна, отмечаются высокие показатели экологической устойчивости к антропогенным нагрузкам. Наибольшие площади данные водосборы занимают в северных осевой и приводораздельной частях бассейна, среди них доминируют частичные приречья и водосборы (10 МВ) собственно Западного Буга. Согласно анализу промежуточных показателей водосборов с высокой экологической устойчивостью, для 8 МВ характерны очень низкие значения трех промежуточных показателей и высокие и очень высокие – одного (преимущественно показателя лесистости).

Очень высокие показатели экологической устойчивости к антропогенным нагрузкам отмечаются лишь для трех МВ, занимающих 2,5% площади бассейна: частичное приречье Западного Буга от впадения реки Лесная до замыкающего створа бассейна, частичный водосбор Шацких озер и замкнутая бессточная область в бассейне реки Мухавец. Для первых двух характерно доминирование очень низких и низких промежуточных показателей в сочетании с очень высоким значением одного показателя (нормы стока – для первого и озерности – для второго). Для замкнутой бессточной области в бассейне реки Мухавец отмечаются нулевые показатели нормы стока и озерности и высокие и очень высокие показатели лесистости и болотистости.

Согласно оценке потенциальной экологической опасности (рисунок 2), большинство водосборов относится к группе со средними значениями данного показателя и лишь 2 водосбора, отмечаются очень высокой экологической опасностью.

42 малых водосбора с площадью 29,2% территории бассейна характеризуются очень низкими и низкими показателями экологической опасности. Данные водосборы преобладают в северной равнинной части бассейна. Для водосборов с очень низкими значениями экологической опасности отмечаются только нулевые, очень низкие и низкие промежуточные показатели. Для водосборов с низкой экологической опасностью характерна разнообразная структура показателей оценки. Чаще всего встречаются водосборы со средними либо высокими значениями одного из показателей, низкими – для двух и нулевым – для одного (доли городских территорий).

Более 50% территории бассейна (58,8%) занимают 77 водосборов со средними показателями экологической опасности. Для данных водосборов характерно более 30 вариантов сочетаний промежуточных показателей, однако для большинства водосборов характерно наличие для одного из показателей оценки высокого или очень высокого значений, а также нулевого – для второго.

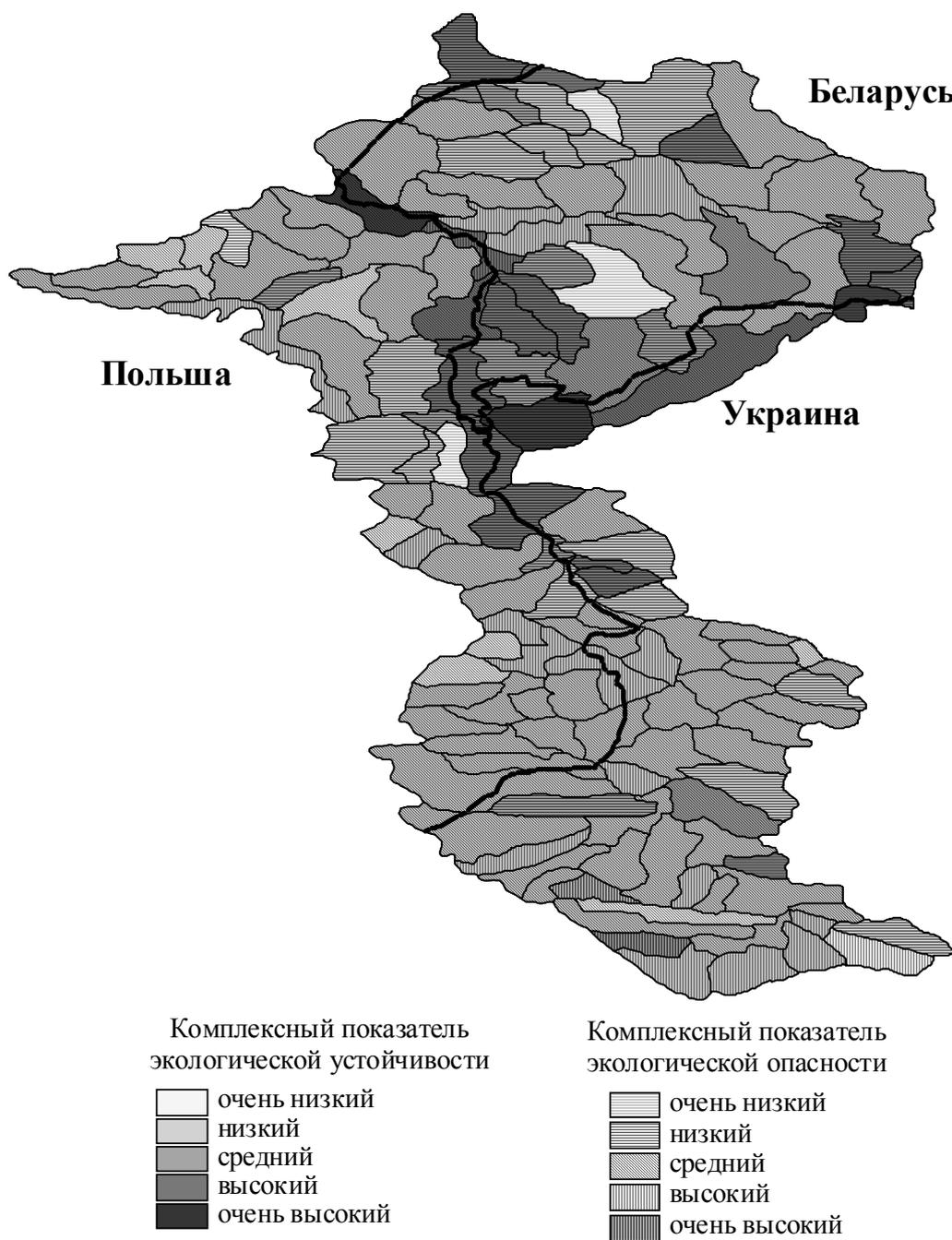


Рисунок 2 – Значения комплексных показателей экологической устойчивости и потенциальной опасности малых водосборов трансграничной части бассейна р. Западный Буг

Высокими значениями комплексного показателя потенциальной экологической опасности отличаются 18 МВ, которые занимают 11,4% территории бассейна. Данные водосборы встречаются чаще всего небольшими группами в пределах Западного и Малого Полесья, Волынской и Подольской возвышенностей. Существенным отличием данных водосборов от предыдущих групп является наличие в их пределах (за исключением одного МВ) городских территорий, таким образом, в структуре их оценки отсутствуют нулевые показатели.

К водосборам с очень высокой потенциальной экологической опасностью относятся ЧВ реки Свиня до впадения реки Млиновка и ЧВ реки Полтва до впадения реки Билка, занимающие 0,7% территории бассейна. Данные водосборы, в первую очередь, характеризуются самой высокой в пределах бассейна долей городских территорий. Остальные показатели характеризуются высокими значениями, за исключением показателя плотности сельского населения для ЧВ реки Полтва до впадения реки Билка.

На основании интегральной оценки экологического состояния малых водосборов, учитывающей рассчитанные показатели экологической устойчивости и опасности, была проведена типизация малых водосборов трансграничной части бассейна реки Западный Буг по экологическому состоянию (рисунок 3). Анализ полученной картосхемы с учетом комплексных показателей экологической устойчивости и опасности представлен в таблице.

Таблица – Структура экологического состояния типов малых водосборов трансграничной части бассейна реки Западный Буг

Тип малого водосбора	Показатель экологической устойчивости	Показатель экологической опасности	Площадь малых водосборов (% от площади бассейна)		Количество малых водосборов	
			1	2	1	2
I	Высокий	Очень низкий	0,78	2,5	2	4
	Очень высокий	Очень низкий	0,35		1	
	Очень высокий	Низкий	1,37		1	
II	Средний	Очень низкий	2,2	18,27	3	26
	Средний	Низкий	4,87		9	
	Высокий	Низкий	7,9		11	
	Высокий	Средний	2,56		2	
	Очень высокий	Средний	0,74		1	
III	Низкий	Низкий	11,3	15,71	14	18
	Средний	Средний	3,91		3	
	Высокий	Высокий	0,5		1	
IV	Очень низкий	Низкий	0,39	62,07	1	88
	Очень низкий	Средний	4,11		9	
	Низкий	Средний	47,45		62	
	Низкий	Высокий	10,12		16	
V	Очень низкий	Высокий	0,75	1,45	1	3
	Очень низкий	Очень высокий	0,29		1	
	Низкий	Очень высокий	0,41		1	

Примечание – 1 – количество и площадь малых водосборов для каждого встречающегося подтипа, 2 – суммарное количество и площадь малых водосборов для типа.

Согласно рисунку 3 и таблице, большинство малых водосборов (88 МВ), занимающих 62,1% территории бассейна, относится к четвертому типу, характеризующемуся удовлетворительным экологическим состоянием. Данные водосборы доминируют в южной части бассейна, где занимают более 85% территории. Самым распространенным подтипом в данной группе, а также в пределах всего бассейна, являются водосборы с низкой экологической устойчивостью и средним показателем экологической опасности (62 МВ, 47,5% территории бассейна).

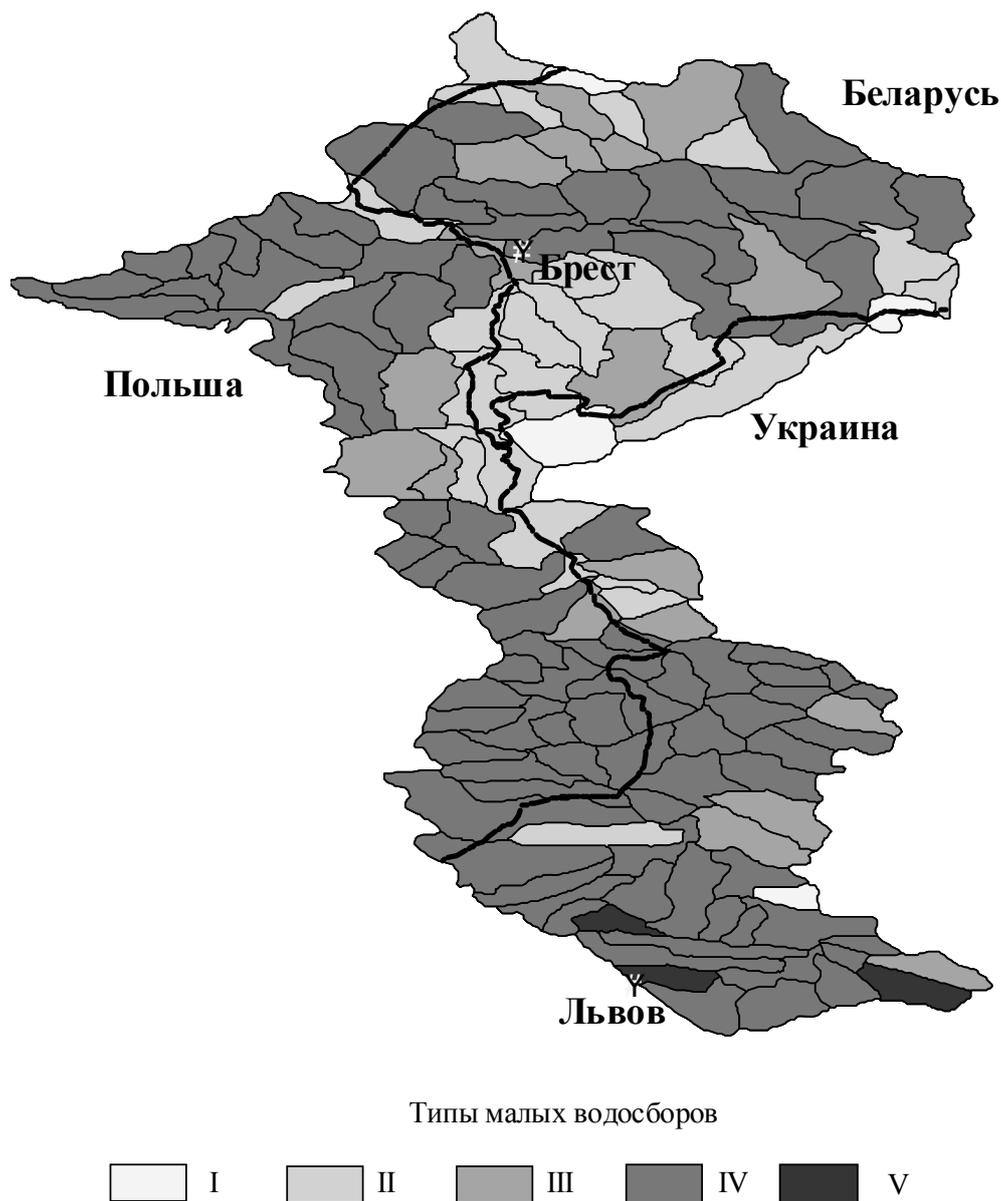


Рисунок 3 – Типизация малых водосборов трансграничной части бассейна реки Западный Буг по экологическому состоянию

К первому типу малых водосборов, с очень хорошим экологическим состоянием, относятся 4 МВ, занимающих 2,5% территории бассейна. Данные водосборы характеризуются очень высокой и высокой экологической устойчивостью в сочетании с очень низкой и низкой экологической опасностью. Большинство водосборов этого типа (3 МВ) расположены в пределах северной равнинной части территории.

Ко второму типу МВ, с хорошим экологическим состоянием, относятся 26 водосборов (18,3% территории бассейна). Данный тип малых водосборов характеризуется самым широким диапазоном соотношений уровней экологической устойчивости и опасности (5 подтипов). Преобладают водосборы с высокой и средней экологической устойчивостью в сочетании с низкой экологической опасностью (20 МВ). Показательно, что 21 из 26 водосборов данного типа располагаются в пределах Западного Полесья.

Третий тип малых водосборов (со средним экологическим состоянием) характеризуется полным соответствием значений экологической устойчивости и опасности в пределах оцениваемой территории, занимает 15,7% бассейна и представлен 18 малыми водосборами. Преобладают водосборы с низкой экологической устойчивостью в сочетании с низкой экологической опасностью (14 МВ). География водосборов данного типа достаточно разнообразна, однако большая часть МВ расположена в пределах полеской части территории (10 водосборов).

Пятый тип малых водосборов с низкой и очень низкой устойчивостью в сочетании с высокой и очень высокой опасностью характеризуется неудовлетворительным экологическим состоянием. К данному типу относятся 3 малых водосбора, которые располагаются в южной возвышенной части территории и занимают 1,45% территории бассейна.

Заключение

Таким образом, в настоящем исследовании была предложена и обоснована методика оценки экологического состояния крупного речного бассейна. Данная методика представляет собой оценку экологической устойчивости и потенциальной экологической опасности территорий малых водосборов, была апробирована для территории трансграничной части бассейна реки Западный Буг. Согласно результатам исследования, более 63% оцениваемой территории характеризуются удовлетворительным и неудовлетворительным экологическим состоянием. Малые водосборы указанных типов доминируют в южной части бассейна, где занимают более 85% территории. Полученные результаты могут использоваться для разработки предложений по оптимизации мониторинга поверхностных вод, их рациональному использованию и охране.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Антропогенные изменения водного компонента окружающей среды в Ростовской области / Н.И. Коронкевич [и др.] // Известия РАН. Сер. географическая. – 1999. – № 6. – С. 48–54.
2. Логинов, В.Ф. Современное антропогенное воздействие на водные ресурсы Беларуси / В.Ф. Логинов, М.Ю. Калинин, В.Ф. Иконников. – Минск : ПолиБиг, 2000. – 284 с.
3. Новик, С.М. Геоэкологическая оценка потенциала водных ресурсов Минской области / С.М. Новик // Проблемы водных ресурсов, геотермии и геоэкологии: материалы междунар. науч. конф., посвященной 100-летию со дня рождения Г.В. Богомоллова, Минск, 1–3 июня 2005 г. : в 2-х т. / Ин-т геохимии и геофизики НАН Беларуси; редкол.: Я.И. Аношко [и др.]. – Минск : ИГиГ, 2005. – Т. 2. – С. 82–84.
4. Complex systems and valuation / К.Е. Limburg [et al.] // Ecological Economics. – 2002. – Vol. 41, Issue 3. – P. 409–420.
5. Войтов, И.В. Научные основы рационального управления и охраны водных ресурсов трансграничных рек для достижения устойчивого развития и эколого-безопасного водоснабжения Беларуси / И.В. Войтов. – Минск : Современное слово, 2000. – 476 с.
6. Ясинский, С.В. Геоэкологический анализ антропогенных воздействий на водосборы малых рек / С.В. Ясинский // Известия Рос. акад. наук. Сер. географическая. – 2000. – № 4. – С. 74–82.
7. Ясинский, С.В. Геоэкологическое районирование водосбора (на примере Истринского водохранилища) / С.В. Ясинский // Водные ресурсы. – 2004. – Т. 31, № 5. – С. 627–634.

8. Miloradov, R.M. Water resources assessment as the basic tool for sustainable and environmentally sound river basin management / R.M. Miloradov, P. Marjanovic, Z. Cukic // *Water Science Technology*. – 1995. – Vol. 32, № 5–6. – P. 45–53.
9. Токарчук, О.В. Концепция структуры гидрографической сети (на примере трансграничной части бассейна реки Западный Буг) / О.В. Токарчук // IX Респ. науч. конф. студентов и аспирантов Беларуси «НИРС–2004»: тезисы докладов, Гродно, 26–27 мая 2004 г.: в 8 ч. / Редкол.: А.И. Жук [и др.]. – Гродно, 2004. – Ч. 1. – С. 150–152.
10. Токарчук, О.В. Гидрологическая характеристика трансграничной части бассейна реки Западный Буг / О.В. Токарчук // *Вісник Брєсцкага унїверсїтєта. Серья прыродазнаўчых навук*. – 2008. – № 2(31). – С. 114–125.
11. Хортон, Р. Эрозионное развитие рек и водосборных бассейнов: гидрофизический подход к количественной морфологии / Р. Хортон; под ред. М.А. Великанова. – М. : Госиздат. иностр. литературы, 1948. – 158 с.
12. Воронков, Н.А. Роль лесов в охране вод / Н.А. Воронков. – Л. : Гидрометеодиздат, 1989. – 285 с.
13. Львович, М.И. Человек и воды. Преобразование водного баланса и речного стока / М.И. Львович. – М. : Географгиз, 1963. – 568 с.
14. Федорович, Д.В. Особенности функционирования урбанизованного водосборного бассейна (на примере бассейна р. Ходынки, г. Москва) / Д.В. Федорович [и др.] // *Геоморфология*. – 2004. – № 3. – С. 29–36.
15. Landscape indicators of human impacts to riverine systems / S.E. Gergel [et al.] // *Aquatic Sciences*. – 2002. – Vol. 64. – P. 118–128.
16. Токарчук, С.М. Опыт создания гидроэкологической геоинформационной системы речного бассейна (на примере трансграничной части бассейна реки Западный Буг) / С.М. Токарчук, О.В. Токарчук // *Вучоњыя запїскї Брєсцкага унїверсїтєта*. – 2009. – Т. 5. – Ч. 2. – С. 157–165.
17. Арманд, Д.Л. Балльные шкалы в географии / Д.Л. Арманд // *Изв. АН СССР. Сер. географическая*. – 1973. – № 2. – С. 111–123.
18. Мухина, Л.И. Принципы и методы технологической оценки природных комплексов / Л.И. Мухина. – М. : Наука, 1973. – 96 с.
19. Токарчук, О.В. Физико-географическое районирование трансграничной части бассейна реки Западный Буг / О.В. Токарчук // *Вестн. Бел. гос. ун-та. Сер. 2. Химия. Биология. География*. – 2005. – № 3. – С. 88–92.

O.V. Tokarchuk, S.M. Tokarchuk. Complex Assessment of an Ecological Condition of Small Catchment Area of Transboundary Part the Basin of River Western Bug

The article describes experience of a complex assessment of an ecological condition of river basins on an example of small catchment area of transboundary part the basin of river Western Bug. The paper views the aim, the main assessment phases, territorial units and assessment indicators. The complex assessment of an ecological condition of small catchment area of transboundary part the basin of river Western Bug includes two stages: an assessment of ecological stability of small catchment area to man's impact and potential ecological hazard. For each of assessment blocks four intermediate estimated indicators were used. The result of the article were five type of small catchment area of transboundary part the basin of river Western Bug on an ecological condition.

УДК 911.5«377»(476.2-2Гом)

О.В. Шершнев

РЕКРЕАЦИОННАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ (НА ПРИМЕРЕ Г. ГОМЕЛЯ)

Рассмотрены структурные группы элементов, формирующие рекреационный каркас территории г. Гомеля. Проанализированы их функциональные возможности с точки зрения территориального размещения и благоустройства. Проведена оценка посещаемости объектов массового кратковременного отдыха. На основании анализа рекреационного потенциала города указано на существование условий для организации более 20 типов рекреационной деятельности. Выделены основные экологические проблемы, ограничивающие рекреационное природопользование, которые представлены двумя группами, во-первых, обусловленные общим антропогенным воздействием, не связанным с рекреацией, во-вторых, вызванные непосредственно рекреационной деятельностью. Проанализировано их воздействие на различные компоненты природной среды. Охарактеризованы ключевые направления оптимального функционирования и развития рекреационного пространства города.

Постоянное возрастание численности городского населения и развитие урбанизации вызывает необходимость оценки используемых или потенциально пригодных территорий для комфортного отдыха населения в городах. Это обусловлено сокращением природных территорий за счет увеличения инженерной застройки, невысоким качеством окружающей среды, увеличением темпа жизни, что приводит к проблеме несоответствия среды обитания человека его физиологическим и психологическим потребностям, и как следствие возрастанию стрессовых ситуаций. Поэтому одним из наиболее доступных (по времени, финансовым издержкам) и эффективных средств, обеспечивающих изменение привычной социальной среды человека, является отдых в системе рекреационных территорий города. Особую ценность таких территорий составляют природные и антропогенные объекты, которые служат местами массового кратковременного отдыха. В связи с этим приобретает актуальность оценка рекреационного потенциала крупных городов, которая создает возможности для планирования и разработки мероприятий по организации на их территории эффективной рекреационной деятельности.

Проводившиеся ранее в Беларуси исследования по организации отдыха в пределах городов включали разработку общих методических подходов градостроительной организации рекреационных территорий, оценку наличия и доступности рекреационных ресурсов для организации отдыха населения на прилегающих к городам территориях, функциональную организацию рекреационных ресурсов в пределах городских поселений [1; 2, с. 298, 300–302; 3, с. 92–95; 4–7], но преимущественно они охватывали пригородные территории, и в частности возможности рекреационной организации г. Минска и его окрестностей [8–10; 11, с. 54; 12–14; 3, с. 142–148]. Постепенная тенденция урбанизации и концентрирования населения в индустриальных центрах страны вызывает необходимость оценки рекреационного потенциала городских территорий для обеспечения потребностей населения в кратковременном отдыхе.

Цель исследования – анализ рекреационного потенциала урбанизированной территории для организации рекреационной деятельности.

В качестве объекта исследования выбрана территория крупного города (480 тыс. чел) – Гомеля, второго в стране по числу жителей (после г. Минска) городского поселения, в котором проживает более 1/3 населения области, являющегося индустриальным и транспортным центром. Актуальность исследования подчеркивается направ-

лениями, предусмотренными генеральным планом развития города до 2020 г., среди которых в качестве приоритетных предлагаются мероприятия по оздоровлению окружающей среды и расширению рекреационных функций городских территорий [15], а также отсутствием комплексной оценки рекреационного потенциала города.

При проведении исследования использовались натурный, картографический, сравнительно-географический методы, которые позволили выявить размещение и проанализировать современное состояние и функционирование рекреационных объектов различного типа, оценить природно-ландшафтные условия для организации отдыха, определить основные проблемы рекреационного использования территорий города и пути их решения.

Комплексное картографирование компонентов природной среды и антропогенных объектов г. Гомеля позволило выявить три структурные группы элементов – точечные, площадные и линейные, которые формируют рекреационный каркас территории города (рисунок).

Наиболее важными для функционирования рекреационного каркаса города являются ландшафты, сочетающие природные и антропогенные компоненты, представленные линейными и площадными элементами. К ним относятся зеленые насаждения и водные объекты, роль которых при организации массового кратковременного отдыха особенно значима в летний период.

Зеленые насаждения. Важнейшими составляющими элементами при организации отдыха населения г. Гомеля являются зеленые насаждения и прежде всего насаждения общего пользования, включающие общегородские зеленые насаждения и насаждения жилых районов. В их древостое преобладают клен, каштан, липа, сосна, тополь, ива, реже ель, береза.

К объектам первой группы озеленения принадлежит крупнейший в городе многофункциональный Парк культуры и отдыха им. А.В. Луначарского, включающий функциональные зоны культурно-массовых мероприятий, физкультурно-оздоровительную, развлечения и аттракционов, прогулочную и административно-хозяйственную.

Территория парка охватывает два берега долины р. Сож. Правобережная часть парка площадью (S) 28 га характеризуется пересеченным рельефом, значительным перепадом высоты (5–25 м) и крутизны склонов (от 10–15° до 25–40°), наличием искусственных водных объектов, партеров, широким видовым составом древесных насаждений, представленным не только местными, но и экзотическими растениями (гинкго двулопастный, дуб гребенчатый, бархат амурский, сосна черная, лиственница), что создает большое разнообразие пейзажей. Ключевым композиционным элементом парка является старинный (XVIII–XIX вв.) дворцовый ансамбль в стиле классицизма. Для повышения утилитарной и эстетической функциональности в парке широко внедрены малые архитектурные формы утилитарно-массового использования (скамьи, перекидные мостики, лестницы, торговые киоски) и декоративного назначения (декоративные скульптуры, струйные и скульптурные фонтаны, цветники), а также элементы, сочетающие эти функции (декоративные фонари и питьевые фонтанчики, декоративные вазы для цветов и озеленения). На территории парка сформирована разветвленная сеть прогулочных дорожек, а в прибрежной его части проходит набережная и оборудован пассажирский причал.

Другая половина парка расположена на левобережной пойме. Большую часть территории (S~200 га) занимает лесопарк, природный ландшафт которого представлен сочетанием закрытых и открытых пространств, относительно однородным пологим рельефом и небольшими по площади (0,02–0,8 га) пойменными озерами. В пределах береговой полосы размещен пляж (S~12 га) и спортивные площадки.

Ландшафтные и функциональные особенности парка существенно отличают его от других парковых объектов города, в связи с чем, он является одним из наиболее посещаемых мест отдыха населения.

Насаждения жилых районов включают районные парки, скверы, насаждения при жилых домах и общественных учреждениях, бульвары.



Точечные объекты: 1 – памятники искусства, 2 – памятники истории, 3 – памятники археологии и этнографии, 4 – памятники культовой архитектуры, 5 – памятники светской архи-

тектуры, 6 – лечебно-оздоровительные учреждения, 7 – спортивные объекты, 8 – цирк, 9 – театры, дворцы культуры, картинные галереи, филармонии, 10 – рестораны, казино, кафе, дискотеки, 11 – пристань; площадные объекты: 12 – зеленые насаждения, 13 – озера, пруды, заливы, 14 – пляжи; линейные объекты: 15 – автодороги, 16 – железные дороги, 17 – санитарно-защитные зоны дорожно-транспортной сети, 18 – бульвары, 19 – река Сож; прочие обозначения: 20 – территории массового отдыха и численность одновременно отдыхающих, 21 – границы и названия административных районов, 22 – городская застройка, 23 – идентификаторы объектов: парки: 1 – «им. А.В. Луначарского», 2 – «Фестивальный», 3 – кинотеатра «Октябрь», 4 – «Пионерский», 5 – «Студенческий», 6 – «Выпускников»; скверы: 7 – завода «Центролит», 8 – завода «Пусковых двигателей», 9 – «Я. Купалы», 10 – «Городок липикутов», 11 – ост. «Администрация Советского района», 12 – ост. «Б. Хмельницкого», 13 – напротив областной библиотеки «им. В.И. Ленина», 14 – сквер у кинотеатра «Мир», 15 – ост. «Университет», 16 – напротив гост. «Турист»; Бульвары: 17 – по ул. Владимирова, 18 – по ул. 60 лет СССР, 19 – по ул. Островского, 20 – по ул. Победы, 21 – бульвары пересечения улиц Советская, 50 лет БССР, Кожара; Декоративно-ландшафтные водные объекты и рекреационные зоны: 22 – по ул. Проспект Космонавтов, 23 – пересечения улиц Каменщикова и П. Бровки, 24 – вдоль ул. Ильича, 25 – оз. Любенское, 26 – Новобелицкий канал, 27 – урочище Пролетарский луг.

Рисунок – Размещение рекреационных элементов на территории г. Гомеля

Площади районных парков составляют от 2 до 22 га, и различаются они как по благоустройству, так и по функциональным возможностям. Среди данной категории парков высокой посещаемостью отдыхающих отличаются парки «Фестивальный» и «Пионерский» (рисунок).

Основу пространственной организации парка «Фестивальный» площадью 22 га составляют зеленые насаждения, преимущественно сосновые (S~7 га), и водоем (S~0,2 га). На территории парка расположены детский городок, спортивные площадки (футбольная, теннисные корты), эстрада, культурно-исторические объекты (Курган Славы, Свято-Михайловский храм–памятник жертвам Чернобыля); прогулочные зоны благоустроены скамьями и беседками. Все это обеспечивает возможность сочетания различных видов отдыха для любых возрастных групп населения.

Зеленые насаждения парка «Пионерский» (S~2,3 га) с примыкающим к нему сквером (S~1,0 га) характеризуется смешанным древостоем (клен, тополь, ель, каштан). Элементы внешнего благоустройства, кроме малых архитектурных форм утилитарного массового использования, включают аллегорические и символические скульптуры, струйные фонтаны с меняющимся режимом работы, устройства и площадки игрового назначения (детские городки, горки, качели, батут), эстраду. Их внедрение предопределило разнообразные функциональные возможности парка – для пассивного отдыха, пеших прогулок, развлечений, проведения культурно-массовых и зрелищных мероприятий.

Относительно невысокая посещаемость некоторых парков обусловлена либо их недостаточным благоустройством и пространственным расположением (парк «Студенческий», S~3,2 га), предопределяющим преимущественно транзитную функцию парка, либо невысоким благоустройством по причине того, что парк является новым формированием (парк «Выпускников», S~6,0 га). В определенной степени некоторому снижению мотивации посещения парков (парк кинотеатра «Октябрь» (S~2,9 га), «Фестивальный») способствует благоустройство площадок отдыха различного назначения и скверов в ближайшем окружении (внутридворовых, придомовых) жилой застройки, несмотря на то что благоустройство парков высокое.

Одной из наиболее распространенных категорий городских зеленых насаждений являются скверы. В городе сформировано около 50 скверов, площадь большинства из которых не превышает 0,1–0,6 га. Размещены они перед отдельными крупными обще-

ственными зданиями, площадями различного значения, на перекрестках улиц, между жилыми зданиями и используются для отдыха, транзита и архитектурно-декоративных целей. Средняя единовременная посещаемость скверов, как правило, составляет 10–15, реже до 20–30 человек и в целом адекватна их вместимости и благоустройству.

Линейные элементы насаждений жилых районов представлены бульварами, которые предназначены для транзитного движения и кратковременного отдыха, а также выполняют санитарно-защитные функции. Протяженность бульваров 600–1000 м. Бульвары расположены как по осям, так и по сторонам улиц. Преимущественно они обустроены скамьями для отдыха, но в случае достаточной ширины бульвара на них размещены площадки различного назначения – для игр детей и отдыха взрослых, эстрада (бульвары ул. 60 лет СССР, ул. Владимира).

Существенная роль в озеленении территории города принадлежит насаждениям специального и ограниченного пользования. В первом случае к ним относятся озелененные коридоры дорожно-транспортной сети, являющиеся элементами, участвующими в экологической организации территории, основной задачей которых является снижение негативного антропогенного воздействия на окружающую среду в черте города.

Насаждения ограниченного пользования располагаются на территориях учебных заведений, детских учреждений, больниц и лечебно-профилактических учреждений. В основном они используются для занятий на открытом воздухе физкультурой, лечебных и профилактических процедур, отдыха людей в перерывах от работы.

Водно-зеленые системы и объекты

Важными элементами, расширяющими возможности организации рекреационной деятельности в городах, являются реки и водоемы. Объединение озелененных пространств и водных объектов позволяет формировать в пределах города водно-зеленые системы, которые выполняют как рекреационную, так и экологическую функцию.

Крупнейшая в г. Гомеле водно-зеленая система сформирована на основе пойменных территорий вдоль р. Сож – главного линейного природного элемента города. Она включает парк им. А.В. Луначарского и другие озелененные пространства. На отдельных заливах реки, углубляющихся в городскую застройку, образованы рекреационные зоны, предназначенные для массового отдыха и являющиеся наиболее посещаемыми в летнее время рекреационными территориями.

Кроме водно-зеленой системы р. Сож в жилых районах города сформированы декоративно-ландшафтные водные объекты, некоторые из которых, включая окружающую их благоустроенную территорию, охватывают площадь до 20 га. Функционально они препятствуют образованию сплошных массивов застройки, повышают эстетическую ценность ландшафта и используются для различных видов отдыха.

Водно-зеленые объекты обустроены песчаными или травяными пляжами и используются для принятия солнечных ванн, купания, рыбной ловли, спортивных игр, состязаний, водных прогулок. Имеются возможности проката водных велосипедов и скутеров.

Культурно-исторические объекты и объекты социально-культурной инфраструктуры являются наиболее многочисленными рекреационными точечными элементами (рисунок).

К культурно-историческим объектам города относятся памятники градостроительства и архитектуры, истории, археологии и этнографии.

Памятники градостроительства и архитектуры включают памятники светской и культовой архитектуры. Памятники светской архитектуры расположены в историческом центре города. Среди архитектурных достопримечательностей – дворцово-парковый ансамбль второй половины XVIII – середины XIX вв. и здания городской застройки конца XIX – начала XX вв.

Культовые сооружения преимущественно представлены православными храмами, а также сооружениями других конфессий (Костел Рождества Божией Матери) и религиозных течений (Свято-Ильинская (старообрядческая) церковь). Они включают реконструированные сооружения XVIII – XIX вв. и вновь построенные храмы.

К памятникам истории города относятся архитектурные сооружения и скульптурные композиции:

- здания, монументальные сооружения, мемориальные доски, братские могилы, бюсты-памятники, музейные экспозиции, увековечивающие события Великой Отечественной войны;

- монументальные сооружения, посвященные памяти жертв Афганской войны и Чернобыльской катастрофы;

- бюсты-памятники, в том числе идеологической направленности, государственным деятелям, деятелям науки, культуры и искусства различных исторических периодов.

Археологическое и этнографическое наследие представлено музейными экспозициями государственного историко-культурного учреждения «Гомельский дворцово-парковый ансамбль», содержащими коллекции народных костюмов, предметов быта и народного творчества, нумизматики, произведений письменности.

В городе развита сеть объектов социально-культурной инфраструктуры, выполняющих функции обеспечения развлекательного, культурного, лечебно-оздоровительного и спортивного видов отдыха. Наиболее широко распространены учреждения развлекательного (рестораны, казино, дискотеки, кафе) и культурного (театры, дворцы культуры, филармонии, кинотеатры, картинные галереи) назначения. В территориальной организации указанных объектов прослеживается неравномерное размещение. Большинство из них сосредоточено в центральной (исторической) части города и являются местами массового притяжения рекреантов.

Лечебно-оздоровительные функции выполняет расположенный на территории города санаторий «Гомельского отделения Белорусской железной дороги» вместимостью 180 койко-мест. Природными лечебными факторами санатория являются минеральные воды, используемые для питьевых лечебно-столовых целей и бальнеопроцедур, а также сульфидные иловые лечебные грязи.

Физкультурные, спортивные и оздоровительные функции осуществляют стадионы, манежи, спортивные залы и площадки, плавательные бассейны, спортивные клубы, сауны, солярии, бани, которые относительно равномерно локализованы по административным районам города.

Дорожно-транспортная сеть является важной составной частью организации рекреационной деятельности, позволяющая обеспечивать отдыхающим надлежащий доступ к рекреационным объектам. Планировочная организация автодорожной сети города представляет лучевую структуру, образованную системой главных улиц административных районов города, сходящихся в его центре, обеспечивая 40–50 минутную транспортную доступность из любой части города. В пределах административных районов транспортная доступность основных мест массового отдыха составляет до 20 минут. Транспортные услуги обеспечиваются массовым пассажирским транспортом, представленным троллейбусами, автобусами и маршрутными такси.

Таким образом, проведенный анализ рекреационного потенциала территории города позволяет говорить о существовании условий для организации в его пределах более 20 типов рекреационной деятельности: купание, водные процедуры, солнечные ванны, подвижные игры, малоподвижные игры, спортивные игры, посещение спортивных соревнований, бальнеолечение, грязелечение, автобусные и пешие экскурсии, прогулка, посещение музеев, посещение святых мест, дайвинг, яхтинг, конная прогулка,

театр, зрелища, участие в народных праздниках, информационно-познавательная деятельность, ландшафтные наблюдения, научная экологическая деятельность.

Проблемы рекреационного использования территории города и пути их решения.

Успешное осуществление функций отдыха возможно при благоприятном экологическом и эстетическом состоянии рекреационных объектов и территорий. Причины возникновения проблемных ситуаций при рекреационном ресурсопользовании урбанизированных территорий, как правило, обусловлены двумя факторами воздействия на рекреационные ресурсы:

- 1) общим техногенным воздействием, не связанным с рекреацией;
- 2) непосредственным влиянием отдыхающих.

На территории г. Гомеля общее техногенное воздействие наиболее остро проявляется в загрязнении атмосферного воздуха, водных объектов, деградации зеленых насаждений, что приводит к потере их ценных свойств, необходимых для организации отдыха.

Основными источниками загрязнения атмосферного воздуха г. Гомеля являются автотранспорт и промышленные предприятия. В химическом составе загрязнителей преобладают формальдегид, твердые взвешенные частицы, оксид углерода, аммиак. По величине индекса загрязнения атмосферы г. Гомель является самым загрязненным промышленным центром страны. На протяжении последних лет среднегодовой уровень загрязнения воздуха города изменялся от повышенного (2000–2002 гг.) до высокого (2003–2007 гг.) [16]. Кроме того, негативное воздействие автотранспорта проявляется в шумовом загрязнении воздушного бассейна. Количество легковых автомобилей в личной собственности граждан за период 2000–2007 гг. возросло на 24% [17]. В результате происходит увеличение транспортных потоков и возрастание уличного шума, в особенности на магистральных улицах. Учитывая то, что значительная часть мест рекреации расположена в непосредственной близости от автомагистралей, возникает определенный дискомфорт для отдыха, обусловленный как химическим, так и шумовым воздействием.

Загрязнение водных объектов на территории города связано прежде всего с хозяйственно-бытовыми и промышленными сточными водами.

За многолетний период режимных наблюдений (2000–2007 гг.) вода р. Сож в створах выше и ниже г. Гомеля по гидрохимическим показателям (ИЗВ) характеризовалась от относительно чистой до умеренно загрязненной соответственно, а по гидробиологическим – умеренно загрязненной [16]. В пределах городской черты преобладающими загрязняющими компонентами р. Сож и ее заливов являются азот аммонийный и нитритный, органические вещества, общее железо, марганец, тяжелые металлы (Cu, Zn, Cd). Загрязнение реки имеет транзитный характер и не проявляется в донных отложениях. Среди заливов наиболее загрязненным является оз. Дедно, выполняющее роль пруда–отстойника сточных вод. Основными загрязнителями воды озера выступают Cd, Mn, Pb, в 1–4 раза превышающие ПДК, установленные для водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования. При этом загрязнение тяжелыми металлами выше ПДК отмечается в донных отложениях и в почвах прибрежной части озера [18; 19].

Проведенное натурное обследование водных объектов показало, что на отдельных водоемах проявляются процессы заболачивания, обусловленные выходом грунтовых вод, зарастание, засорение побережий и мелководий бытовыми отходами и строительным мусором (битый кирпич и стекло, арматура, ветошь). Также установлено, что благоустройство зон рекреации водных объектов не всегда соответствует нормам ГОСТ

17.1.5.02-80 [20]. В частности, это касается организации сбора и удаления мусора, количества кабин для переодевания, тентовых навесов, питьевых фонтанчиков, туалетов и урн.

Негативные изменения зеленых насаждений заключаются в их повреждении и сокращении занимаемых ими площадей. Наиболее заметные повреждения наблюдаются у зеленых насаждений, непосредственно примыкающих к автомагистралям и выполняющих санитарно-защитную функцию. Визуально они проявляются в снижении продолжительности жизни листьев, хлорозе листы, частичной сухокронности.

Сокращение площади зеленых насаждений происходит прежде всего в связи с расширением жилой застройки и дорожной сети города. Обеспеченность населения города насаждениями общего пользования составляет 25,2 м²/чел и удовлетворяет установленным требованиям (15 м²/чел) СНБ 3.01.04-02. Однако уровень озелененности города равен 19,2%, что существенно ниже нормативного (норматив не менее 40%) [21].

Возможность рекреационных объектов осуществлять свои функции в значительной степени определяется рекреационными нагрузками, связанными с непосредственным влиянием отдыхающих. Причинами, вызывающими снижение ценности рекреационных ресурсов, являются низкая культура поведения отдыхающих, чрезмерное использование рекреационных ресурсов, недостаточная продуманность обустройства рекреационных объектов.

Захламление территорий бытовым мусором, использование запрещенных приемов рыбной ловли, механическое повреждение растительности, кострища, вандализм являются следствием низкого поведенческого уровня рекреантов.

В пределах города массовый отдых на природе носит сезонный характер и преимущественно приурочен к вегетационному периоду. Посещаемость рекреационных объектов г. Гомеля варьирует в широких пределах в зависимости от времени суток, условий погоды, рабочих и нерабочих дней. Соответственно изменяется и единовременное количество отдыхающих, пребывающих на единице площади, которое для парков составляет от 3 до 50 чел/га. Состояние природных компонентов данных объектов во многом определяется проведением планировочных и поддерживающих мероприятий. Одной из главных форм оборудования являются пешеходные дорожки. В случае их планировки с учетом основных пешеходных потоков в травяном покрове не наблюдаются заметных изменений. Рекреационное воздействие проявляется локально, на площадях, не превышающих нескольких квадратных метров и выражается в смятии травяного покрова без существенного нарушения подстилки, иногда в установлении слабо-выраженной сети тропинок.

Отмеченные проблемы рекреационного природопользования предполагают проведение мероприятий, направленных на регулирование рекреационных нагрузок и повышение рекреационной емкости территорий. В данном аспекте целесообразным представляется проведение учебно-воспитательных, конструктивных и организационных мероприятий. Необходимо отметить, что на территории города осуществляются различные элементы данных типов мероприятий, однако они имеют различную эффективность. Очевидно, что требует дополнительной реализации массово-разъяснительная и пропагандистская работа в плане бережного отношения к природе и формирование природоохранных знаний и навыков, культуры отдыха, а также развитие деятельности, направленной на управление, контроль и поддержание необходимых условий, удовлетворяющих проведению рекреационных занятий.

За период 2006–2008 гг. наибольшее распространение в городе получили конструктивные мероприятия, направленные на восстановление и расширение рекреационного пространства. Созданы зоны отдыха на основе водоемов (микрорайон Волотова, Новобелицкий район, район Гомсельмаш по ул. Озерной), проведена очистка и восстановление водоема и дополнительное благоустройство территории парка «Фестиваль-

ный», разбит парк «Выпускников», выполнено благоустройство парка кинотеатра «Октябрь», производятся работы по реконструкции пруда и дорожно-прогулочной сети в Парке им. А.В. Луначарского, постоянно осуществляется общее благоустройство территорий отдыха за счет внедрения малых архитектурных форм утилитарно-массового и декоративного назначения.

Непременным условием развития рекреационного и экологически безопасного пространства города должно стать достижение оптимального уровня озелененности, что может быть осуществлено проведением компенсационных лесопосадок. Имеется резерв расширения зон отдыха за счет обустройства находящихся в пределах городской черты водоемов.

Заключение

Основу рекреационной организации г. Гомеля составляют три группы элементов – точечные, площадные и линейные. Сочетание различных видов рекреационных объектов обеспечивает широкий выбор для организации разнообразных типов рекреационной деятельности.

Основными природно-антропогенными объектами, имеющими притягательное значение для осуществления наиболее популярных типов массового отдыха (купание, водные процедуры, солнечные ванны, подвижные и малоподвижные игры, прогулка) являются парки, скверы, лесопарки, водно-зеленые системы и декоративно-ландшафтные водные объекты.

Наивысшая концентрация отдыхающих характерна для водных объектов, ключевую рекреационную функцию среди которых выполняет р. Сож. Значительная концентрация отдыхающих присуща и декоративно-ландшафтными водным объектам, что определяется их высокой благоустроенностью.

Значимая роль в рекреационной организации города принадлежит зеленым насаждениям, которые кроме того выполняют и экологическую функцию. Посещаемость парков и скверов города неравномерна и определяется в первую очередь уровнем благоустройства и наличием объектов инфраструктуры.

Существенную роль в расширении разноплановости рекреационных занятий на территории города играют культурно-исторические объекты и объекты социально-культурной инфраструктуры. В их размещении прослеживается приуроченность к центральной исторической части города, где размещено около 90% таких объектов.

В административном отношении наибольшей насыщенностью рекреационными объектами обладает Центральный район. Высокая благоустроенность мест отдыха также характерна для Советского района. Формирование аттрактивных для отдыха объектов активно осуществляется в Новобелецком районе, в пределах которого существуют благоприятные условия для дальнейшего расширения мест отдыха за счет имеющегося рекреационного потенциала на основе лесных территорий и водных объектов. Расширение мест рекреации в Железнодорожном районе может быть осуществлено за счет благоустройства имеющихся водоемов и лесных массивов.

Основные проблемы рекреационного природопользования в пределах города связаны, во-первых, с ухудшением экологического состояния воздуха, водоемов и зеленых насаждений, обусловленным внешними источниками поступления в них загрязняющих веществ, не связанных с рекреационной деятельностью; во-вторых, с загрязнением водоемов и прочих территорий массового отдыха в результате деятельности самих отдыхающих; в-третьих, с недостаточным благоустройством водоемов и прилегающих к ним территорий.

Первоочередные направления оптимизации рекреационного природопользования должны быть направлены на благоустройство наиболее посещаемых мест отдыха,

реализацию водоохраных и лесохозяйственных мероприятий, проведение массово-разъяснительной и пропагандистской работы в плане бережного отношения к природе, формирование и развитие природоохранных знаний и культуры отдыха.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Градостроительное освоение пойменных территорий Белорусской ССР / А.В. Лысенко [и др.]; под ред. А.В. Лысенко. – Минск : Выш. шк., 1986. – 124 с.
2. Николаевская, З.А. Садово-парковый ландшафт / З.А. Николаевская. – М. : Стройиздат, 1989. – 344 с.
3. Пирожник, И.И. Основы географии туризма и экскурсионного обслуживания : учеб. пособие / И.И. Пирожник. – Минск : Университетское, 1985. – 253 с.
4. Потаев, Г.А. Рекреационные ландшафты: охрана и формирование / Г.А. Потаев. – Минск : Университетское, 1996. – 160 с.
5. Потаев, Г.А. Градостроительная организация рекреационных территорий Беларуси : автореф. ... дис. д-ра архитектуры : 18.00.04 / Г.А. Потаев ; Белорус. гос. политех. акад. – Минск, 1998. – 44 с.
6. Потаев, Г.А. Рекреационные ресурсы Беларуси: современное состояние, проблемы и перспективы использования / Г.А. Потаев // Природные ресурсы. – 2000. – № 3. – С. 85–103.
7. Потаев, Г. Градостроительная организация рекреационных территорий Беларуси / Г. Потаев // Архитектура и строительство [Электронный ресурс]. – 2003. – № 3 (157). – Режим доступа : <http://www.ais.by/index.php?option=content&task=view&id=3>.
8. Белякова, О.С. Физико-географическая структура и особенности зеленой зоны г. Минска / О.С. Белякова // Природные ресурсы. – 2006. – №4. – С. 42–51.
9. Гречина, Т. Новое осмысление ландшафтной архитектуры / Т. Гречина // Архитектура и строительство [Электронный ресурс]. – 2003. – №6 (160). – Режим доступа: <http://www.ais.by/index.php?option=content&task=view&id=141&Itemid=3>.
10. Матарас, Н.В. Организация мест массового отдыха в пригородной зоне Минска / Н.В. Матарас // Места отдыха и озеленение городов. – Киев, 1967. – С. 15–18.
11. Николаевская, З.А. Водоемы в ландшафте города / З.А. Николаевская. – М. : Стройиздат, 1975. – 199 с.
12. Пирожник, И.И. Территориальная организация пригородного отдыха в Минской системе расселения / И.И. Пирожник // Рекреационная география. – М., 1976. – С. 33–37.
13. Сычева, А.В. Планировка и застройка рекреационных территорий в Белоруссии / А.В. Сычева, Г.А. Потаев // Места отдыха и культурно-бытовое обслуживание населения. – Киев, 1976. – С. 41–44.
14. Струк, М.И. Геоэкологические проблемы организации пригородного отдыха на территории Минского района / М.И. Струк // Природные ресурсы. – 2005. – №3. – С. 119–131.
15. Шумячер, М. Гомель: Преемственность планировочной структуры / М. Шумячер // Архитектура и строительство [Электронный ресурс]. – 2003. – № 4 (158). – Режим доступа : <http://www.ais.by/content/view/57/>.
16. Состояние природной среды Беларуси: экологический бюллетень (2000–2007) / под ред. В.Ф. Логинова. – Минск, 2001–2008.
17. Регионы Гомельской области: ст. сб. / Министерство статистики и анализа Республики Беларусь, Гомельское областное управление статистики ; отв. за выпуск Н.А. Батасова. – Гомель, 2008. – 232 с.

18. Федяев, А.А. Гидрохимические показатели водных объектов на территории Гомеля / А.А. Федяев [и др.] // Водные ресурсы. – 2006. – №22. – С. 66–70.

19. Савченко, С.В. Особенности загрязнения тяжелыми металлами водного объекта в условиях города (на примере озера Дедно в г. Гомеле) / С.В. Савченко [и др.] // Природные ресурсы. – 2005. – №4. – С. 87–91.

20. ГОСТ 17.1.5.02-80 Гигиенические требования к зонам рекреации водных объектов – М. : Государственный комитет СССР по стандартам. – 6 с.

21. СНБ 3.01.04-02 Градостроительство. Планирование и застройка населенных пунктов. – Минск : БелНИИГрадостроительства, 2003. – 56 с.

O.V. Shershneyov. Recreational Organization of the Urbanized Territories (on the Specific Example of Gomel City)

Conditions of the organization mass short-term rest in territory of Gomel are estimated. It is allocated three structural groups of elements - points, areas and linear which form a recreational skeleton of territory of city. Territorial non-uniformity of location of recreational objects in city boundaries, which is caused by its historical development is determined.

Most attractive natural objects for mass short-term rest are territories of parks, water-green systems and objects. Attendance of objects of rest is dependent by their comfort and presence of objects of infrastructure.

The most numerous anthropogenic recreational objects are cultural and historical objects and objects of a social and cultural infrastructure, which considerably expand opportunities of realization of various types of rest.

On the basis of the analysis of recreational potential of city it is specified on existence of conditions for the organization more than 20 types of recreational activity.

Three groups of problems, which are intrinsic to recreation nature management in Gomel are determined. The first is connected to deterioration of ecological condition of air, reservoirs and green plantations, caused by external sources of pollution not connected to recreational activity, the second - with pollution of reservoirs and other territories of mass rest as a result of recreant's activity, the third - with inadequate recreation equipment of reservoirs and their surroundings.

The ways of recreation optimization in Gomel city are proposed. They include improvement of the most visited recreational objects, realization of watershed and forest protection, propaganda activity in direction to thrifty use of nature, formation and development of nature protection knowledge and culture of rest.

Да ведама аўтараў

Рэдкалегія часопіса разглядае рукапісы толькі тых артыкулаў, якія адпавядаюць навуковаму профілю выдання, нідзе не апублікаваныя і не перададзеныя ў іншыя рэдакцыі.

Артыкулы прадстаўляюцца на беларускай ці рускай мовах у двух экзэмплярах аб'ёмам ад 0,35 да 0,5 друкарскага аркуша, у электронным варыянце ў фармаце Microsoft Word for Windows (*.doc; *.rtf) і павінны быць аформлены ў адпаведнасці з наступнымі патрабаваннямі:

- папера фармату А4 (21×29,7 см);
- палі: зверху – 2,8 см, справа, знізу, злева – 2,5 см;
- шрыфт – гарнітура Times New Roman;
- кегль – 12 pt.;
- міжрадковы інтэрвал – адзінарны;
- двукоссе парнае «...»;
- абзац: водступ першага радка 1,25 см;
- выраўноўванне тэксту па шырыні.

Максімальныя лінейныя памеры табліц і малюнкаў не павінны перавышаць 15×23 см або 23×15 см. Усе графічныя аб'екты, што ўваходзяць у склад аднаго малюнка, павінны быць згрупаваны паміж сабой. Фатаграфіі ў друк не прымаюцца. Размернасць усіх велічынь, якія выкарыстоўваюцца ў тэксце, павінна адпавядаць Міжнароднай сістэме адзінак вымярэння (СВ). Забараняюцца скарачэнні слоў, акрамя агульнапрынятых.

Спіс цытуемай літаратуры павінен быць аформлены паводле ДАСТА 7.1-2003 і размешчаны ў канцы тэксту. Спасылкі на крыніцы ў артыкуле нумаруюцца адпаведна парадку цытавання. Парадкавыя нумары спасылак падаюцца ў квадратных дужках (напрыклад: [1, с. 32], [2, с. 52–54]). Забараняецца выкарыстанне канцавых зносаў.

Артыкул уключае наступныя элементы па парадку:

- УДК;
- ініцыялы і прозвішча аўтара (аўтараў);
- назва друкуемага матэрыялу;
- анатацыя ў аб'ёме ад 100 да 150 слоў на мове артыкула (кегль – 10 pt.);
- асноўны тэкст з табліцамі, графікамі і іншымі ілюстрацыйнымі матэрыяламі, структураваны ў адпаведнасці з патрабаваннямі ВАК да навуковых артыкулаў, якія друкуюцца ў выданнях, уключаных у спіс навуковых выданняў для апублікавання вынікаў дысертацыйных даследаванняў;
- бібліяграфічныя спісы да артыкула ў адпаведнасці з ДАСТАм 7.1-2003;
- рэзюмэ на англійскай мове (кегль – 10 pt.) з перакладам прозвішча і ініцыялаў аўтара (аўтараў) і назвы друкуемага матэрыялу.

Да рукапісу артыкула абавязкова дадаюцца:

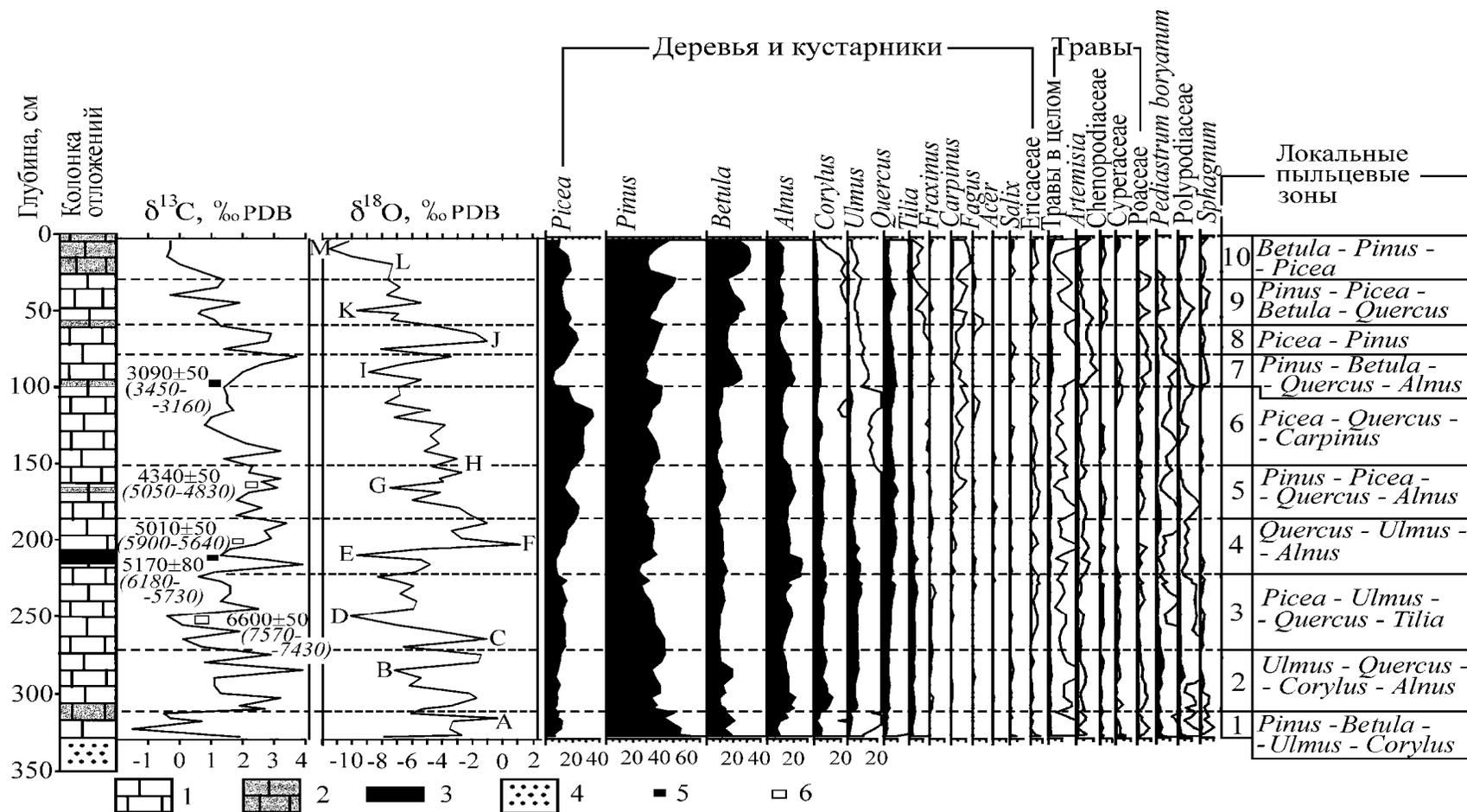
- звесткі пра аўтара на *беларускай* мове (прозвішча, імя, імя па бацьку поўнасю, вучоная ступень і званне, месца працы (вучобы) і пасада, хатні адрас і тэлефон);
- для аспірантаў і суіскальнікаў – звесткі аб навуковых кіраўніках;
- рэкамендацыя калегіяльнага органа ўстановы (падроздзялення), дзе працуе (вучыцца) аўтар;
- рэкамендацыя знешняга рэцэнзента;
- экспертнае заключэнне.

Рэдакцыйная калегія часопіса праводзіць экспертызу атрыманых дакументаў і робіць дадатковае рэцэнзаванне артыкулаў. Рукапісы, аформленыя не ў адпаведнасці з выкладзенымі правіламі, рэдкалегіяй не разглядаюцца.

Карэктары *М.М. Аляшчэня, Л.М. Калілец, Ж.М. Селюжыцкая*
Камп'ютэрнае макетаванне *А.Я. Кулай, С.М. Мініч*

Подписано в печать 06.07.2010. Формат 60×84/8. Бумага офсетная.
Гарнітура Таймс. Ризографія. Усл. печ. л. 16,27. Уч.-изд. л. 13,62.
Тираж 100 экз. Заказ № 424.

Издатель и полиграфическое исполнение
УО «Брестский государственный университет им. А.С. Пушкина».
ЛИ № 02330/277 от 08.04.2009.
224016, Брест, ул. Мицкевича, 28.



Изотопно-кислородные пики (события) обозначены латинскими буквами. Возраст датированных слоев выражен в условных радиоуглеродных годах и в скобках – в годах калиброванной шкалы. Условные знаки: 1 – светло-серый озерный мел; 2 – темно-серый карбонатный сапропель; 3 – черный слабокарбонатный органический сапропель; 4 – светло-серый песок; 5 – отложения, датированные по органическому веществу; 6 – отложения, датированные по карбонатному материалу

Рисунок 1 – Соотношения стабильных изотопов ($^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ и $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ в кальците) и спорово-пыльцевые спектры в донных осадках озера Нарочь

