

СОДЕРЖАНИЕ

Динамика природных процессов

- Григорьев В.Ю., Миллионщикова Т.Д., Сазонов А.А., Чалов С.Р. Влияние изменения климатических параметров на сток рек бассейна Байкала во второй половине XX – начале XXI вв. 3
- Кутинов Ю.Г., Чистова З.Б., Неверов Н.А. Новые данные о влиянии тектонических узлов на состояние окружающей среды на севере Русской плиты 12

География туризма

- Королев А.Ю. Специализация и структура районов природоориентированного туризма 25
- Стефанович А.А., Воскресенская Е.Н., Лубков А.С. Оценка биоклиматического потенциала черноморских курортов Крыма для развития туризма в регионе 35

Методы географических исследований

- Шартова Н.В., Крайнов В.Н., Малхазова С.М., Тикунов В.С. Пространственный анализ смертности городского населения 45
- Крутских Н.В., Белашев Б.З. База данных вызовов скорой медицинской помощи как информационная основа геоэкологических исследований урбанизированных территорий 52

Региональные исследования

- Авессаломова И.А. Биогеохимическая специализация растений полесских ландшафтов Озерной Мещеры 63
- Агафонова Е.А., Полякова Е.И. Палеогеографические события в Двинском заливе Белого моря в послеледниковое время 73
- Кудр Е.В., Кожин М.Н. История освоения и растительный покров острова Медвежий в Порьей губе Белого моря 79
- Аристархова Е.А., Сулова Е.Г., Шадчинов С.М. Разнообразие и распространение лишайников рода бриория (*Bryoria*) в Московской области 88
- Романов А.А., Коблик Е.А., Редькин Я.А., Кожемякина Р.В., Яковлев В.О., Мурашев И.А., Попов И.Ю. Авифауна острова Уруп (Большая Курильская гряда) 98

Краткие заметки

- Смирнова А.А. Изменение низовой муниципальной структуры региона: тверской опыт 108
- Слука Н.А., Колясев Е.Ф. География центров международных организаций 114

C O N T E N T S

Dynamics of natural processes

Grigor'ev V.Yu., Millionshchikova T.D., Sazonov A.A., Chalov S.R. Impact of changes in the main climatic parameters on river runoff in the Baikal Lake basin during the second half of the 20 th and the early 21 st century	3
Ю.Г. Кутинов, З.Б. Чистова, Н.А. Неверов Новые данные о влиянии тектонических узлов на состояние окружающей среды на севере Русской плиты	12

Geography of tourism

Korolev A. Yu. Specialization and structure of the regions of nature-oriented tourism	25
Stefanovich A.A., Voskresenskaya E.N., Lubkov A.S. Evaluation of bioclimatic potential of the Black Sea resorts of Crimea for regional tourism development	35

Methods of geographical studies

Shartova N.V., Krainov V.N., Malkhazova S.M., Tikunov V.S. Spatial analysis of urban mortality	45
Krutskikh N.V., Belashev B.Z. Database of ambulance calls as an information basis for the geoecological study of urbanized areas	52

Regional studies

Avesalomova I. A. Biogeochemical specialization of plants in Polesye landscapes of the Meschera lakeland	63
Agafonova E. A., Polyakova Ye. I. Paleogeographic events in the Dvina Bay of the White Sea during the post-glacial time	73
Kudr E. V., Kozhin M. N. History of development and vegetation cover of the Medvezhij Island in the Por'ya Guba Bay of the White Sea	79
Aristarkhova E.A., Suslova E.G., Shadchinov S.M. Diversity and distribution of Bryoria species in the Moscow region	88
Romanov A.A., Koblik E.A., Red'kin Y.A., Kozhemyakina R.V., Yakovlev V.O., Murashev I.A., Popov I.Yu. The bird fauna of the Urup Island (the Great Kuril Ridge)	98

Short communications

Smirnova A. A. Reformation of the municipal structure: experience of the Tver region	108
Sluka N.A., Kolyasev E.F. Geography of the centers of international organizations	114

ДИНАМИКА ПРИРОДНЫХ ПРОЦЕССОВ

УДК 556.512

В.Ю. Григорьев^{1,2}, Т.Д. Миллионщикова³, А.А. Сазонов^{4,5}, С.Р. Чалов⁶**ВЛИЯНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ НА СТОК РЕК БАССЕЙНА БАЙКАЛА ВО ВТОРОЙ ПОЛОВИНЕ XX – НАЧАЛЕ XXI вв.**

Приведены результаты анализа изменения стока крупнейших притоков озера Байкал – рек Селенга, Верхняя Ангара, Баргузин, Турка, Хара-Мурин, Снежная, Утулик и Большая речка за 1950–2016 гг. На основе данных CRU TS рассмотрена роль изменения нормы осадков (P) и потенциального испарения (PET) в изменении годового стока рек (R) за 1976–1995 гг. и 1996–2016 гг. относительно 1950–1975 гг. Для оценки точности воспроизведения R различными модификациями формулы Будыко по данным о P и PET использовалась модель ECOMAG. Получено, что в бассейне р. Селенги при аномалии P от -10% до $+10\%$ разница между рассчитанной по одной из формул и смоделированной величиной R составляет от 0,2 мм до 0,53 мм. Показано, что за 1950–2016 гг. для бассейна Байкала в целом характерно уменьшение P и R и рост PET . Отклонение рассчитанных по формулам величин R от наблюдаемых за 1976–1995 гг. и 1996–2016 гг. трактовалось как влияние прочих факторов, которые включают в себя как изменение свойств подстилающей поверхности и особенностей внутригодового распределения осадков и потенциального испарения. Вклад прочих факторов в изменение R меняется в зависимости от водосбора и рассматриваемого периода. Для рек бассейна Байкала изменение годовых величин P и PET в среднем лишь на 50% объясняет изменение нормы стока за 1976–1995 гг. и 1996–2016 гг. по сравнению с 1950–1975 гг. Чувствительность речного стока бассейна Байкала к прочим, помимо P и PET факторам, необходимо учитывать при оценках изменения стока рек Байкала в условиях изменения климата. Также выявлено, что условия формирования стока за 1976–1995 гг. (помимо р. Хара-Мурин) и 1996–2016 гг. (кроме рек Хара-Мурин и Селенга) были более благоприятными для формирования стока, чем за 1950–1975 гг.

Ключевые слова: многолетний водный баланс, формула М.И. Будыко, Байкал, изменение климата, ECOMAG

Введение. Изменение уровня оз. Байкал находится под влиянием как особенностей регулирования стока на Иркутской ГЭС на р. Ангаре, так и особенностей формирования стока на водосборе. Важность последних определяется практически полным совпадением величин осадков и испарения за многолетний период на поверхности самого озера, которые составляют порядка 13–14% от приходной и расходной частей водного баланса Байкала [Афанасьев, 1967]. Особый интерес изучения колебаний годового притока в оз. Байкал связан с периодом низкого стока, начавшимся в 1996 г., а также с прогнозируемым уменьшением стока основного притока Байкала (р. Селенги) под воздействием изменения климата [Миллионщикова, 2019] и строительства водохранилищ на ее притоках [Чалов и др., 2016].

На реках бассейна Байкала преобладает дождевое питание, доля которого колеблется от 60–80% в южных и юго-восточных районах до 30–40% в северных и центральных. Величина осадков явля-

ется основным фактором, определяющим изменчивость годового стока крупнейших рек бассейна Байкала. Коэффициенты корреляции между слоем осадков и слоем речного стока составляют: для р. Селенги – 0,75, р. Баргузина – 0,84 и р. Верхней Ангары – 0,46 [Сизова, Шимараев, 2012; Фролова и др., 2017]. Характер крупномасштабной атмосферной циркуляции определяет условия формирования речного стока в бассейне Байкала [Сизова, Шимараев, 2012]. Наблюдается положительная корреляция индекса атлантического колебания с температурой и влажностью воздуха за все месяцы, кроме летних [Шимараев, Старыгина, 2010]. Корреляция с годовым стоком составляет 0,29.

Одной из особенностей многолетней изменчивости стока рек бассейна Байкала и, прежде всего, его крупнейшего притока – р. Селенги, является тенденция к формированию периодов повышенной и пониженной водности [Гармаев, Христофоров, 2010; Синюкович и др., 2013; Марченко, 2013; Фро-

¹ Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет, кафедра гидрологии суши, инженер, канд. геогр. н.; *e-mail:* vladim308@mail.ru

² Институт водных проблем РАН, мл. науч. с.

³ Институт водных проблем РАН, мл. науч. с., канд. геогр. н.; *e-mail:* tatyana.million@mail.ru

⁴ Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет, кафедра гидрологии суши, старший преподаватель; *e-mail:* sazonov.lesha@gmail.com

⁵ Институт водных проблем РАН, инженер

⁶ Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет, кафедра гидрологии суши, доцент, канд. геогр. н.; *e-mail:* hydroserg@mail.ru

лова и др., 2017]. Реконструкция режима осадков и речного стока бассейна р. Селенги для периода с середины XVII в. [Davi et al., 2006; Pederson et al., 2012; Баженова, Кобылкин, 2013] показывает, что по сравнению с двумя предшествующими столетиями XX в. отличался повышенными величинами речного стока, а затяжные маловодья, подобные тем, что случались в XX в., уже имели место ранее.

Период, начиная с 1930-х гг., уже освещен данными гидрометеорологических наблюдений. Для него отмечается незначительное влияние хозяйственной деятельности на величину притока в озеро Байкал [Гармаев, Христофоров, 2010]. Косвенное влияние на величину притока могло оказать сведение лесов в бассейне р. Селенги, за 1999–2012 гг., составившее 17% от общей площади лесов [Сутырина, 2015]. Однако в силу неопределенности в направлении трансформации биоценозов на местах вырубок гидрологическая роль сведения лесов в бассейне Селенги неясна. Для стока р. Селенги, начиная с 1970-х гг., многие авторы фиксируют заметное уменьшение годовых расходов и их дисперсии, главным образом за счет сокращения летнего стока, а также сокращение расходов весеннего половодья [Фролова и др., 2017; Синюкович, Чернышев, 2017; Törnqvist et al., 2014]. На Верхней Ангаре, напротив, отмечен рост расходов весеннего половодья при некотором сокращении расходов дождевых паводков, что выразилось в увеличении годового стока. Для Баргузина характерна относительная устойчивость величины годового стока [Синюкович, Чернышев, 2017]. Для годового стока крупнейших рек бассейна Байкала свойственна автокоррелированность, наиболее ярко прослеживающаяся на р. Селенге ($r_1 > 0,31$) [Фролова и др., 2017; Синюкович, Чернышев, 2017]. Вывод о наличии внутрирядной связанности в рядах суммарного притока в озеро зависит от используемых критериев и, в зависимости от работы, находит подтверждение [Синюкович и др., 2013] или нет [Добровольский, 2017]. В целом для рек данного региона характерно уменьшение коэффициента вариации и коэффициента автокорреляции годового стока при увеличении нормы модуля стока [Добровольский, 2017].

Большинство работ, посвященных изменению притока в оз. Байкал, связывают его динамику с колебаниями годовых величин осадков и потенциального испарения [Фролова и др., 2017; Törnqvist et al., 2014]. Влияние изменения внутригодового распределения осадков, состояния многолетней мерзлоты и растительного покрова на величину годового речного стока изучено слабее. Отмечен рост коэффициента стока при росте интенсивности осадков [Mu et al., 2015]. Для отдельных территорий северо-востока Сибири и Аляски показано, что рост сезонно-талого слоя (СТС), температуры почвы и, как следствие, увеличение количества доступной для испарения воды ведет к росту величины устьичной проводимости и транспирации для бореальных лесов [Kropp et al., 2017; Cable et al., 2013], что за счет

роста величины испарения может привести к снижению величины речного стока. Рост концентрации CO_2 , сопровождающийся ростом глобальной температуры, напротив, приводит к росту устьичного сопротивления [Ukkola, Prentice, 2013].

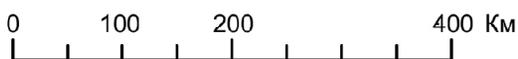
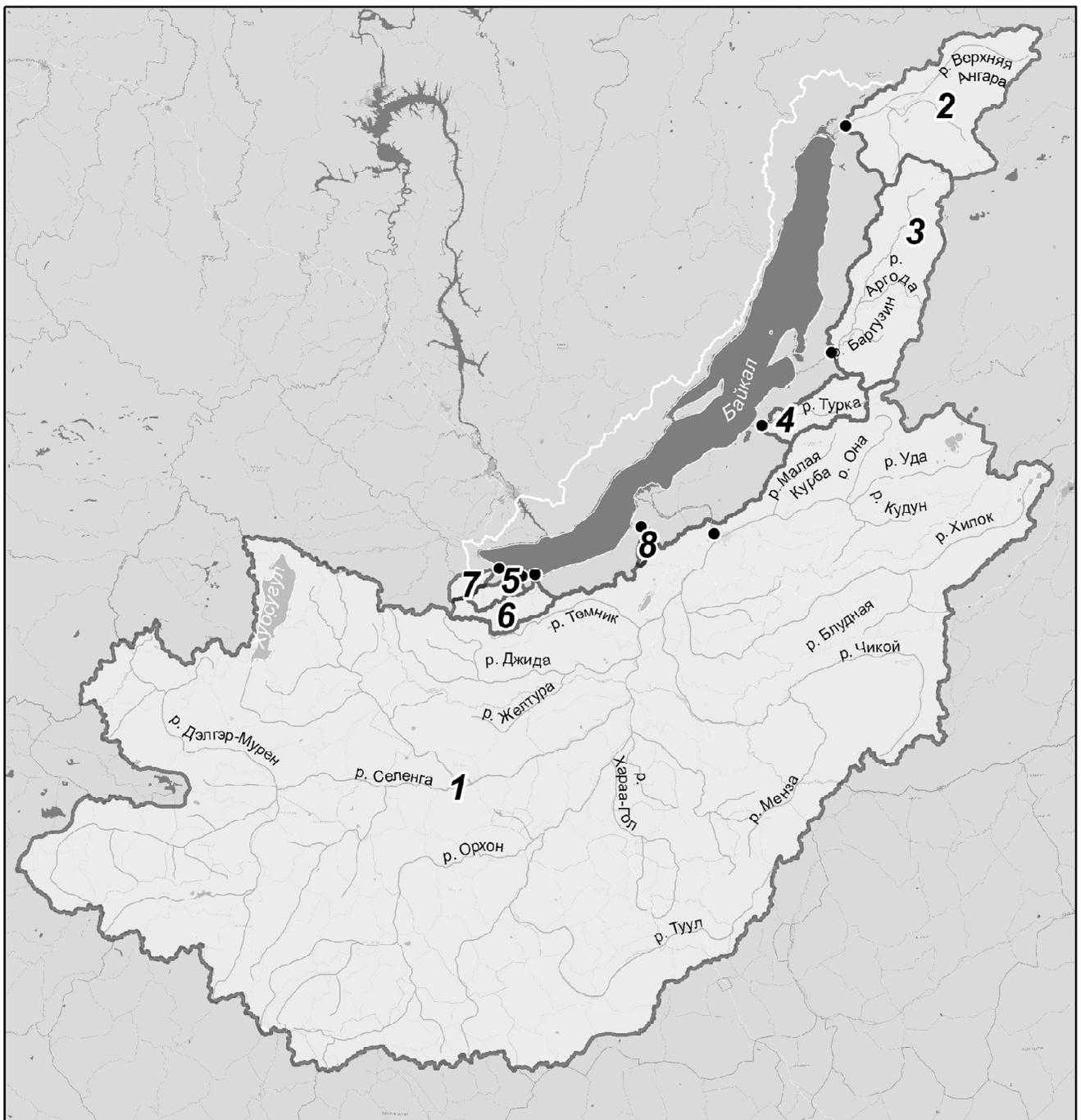
В зависимости от оценок изменения стока рек бассейна Байкала будут различаться и оценки последствий хозяйственной деятельности на водосборе, включая изменение режима работы Иркутской ГЭС и строительства новых ГЭС в бассейне Селенги. При этом оценка чувствительности стока рек бассейна Байкала к изменению различных факторов с помощью моделей формирования стока затруднена из-за недостатка как гидрометеорологической информации, так и информации о ландшафтных особенностях территории (особенно для монгольской части бассейна и периода до начала регулярных спутниковых наблюдений). Это делает актуальным поиск таких методов разделения вклада различных составляющих в изменение нормы стока рек бассейна Байкала, которые не требовали бы детальных сведений о погодных и ландшафтных условиях бассейна.

Целью данной работы является анализ изменения слоя годового стока (R) крупнейших притоков Байкала (Селенги, Верхней Ангары, Баргузина, Турки, Хара-Мурина, Снежной, Утулика и Большой речки) под влиянием изменения годового слоя осадков (P) и потенциального испарения (PET), а также учет вклада прочих факторов (хозяйственная деятельность, почва, растительность и др.) за 1950–2016 гг. Задачами работы являются обоснование алгоритма расчета изменения речного стока и выявление роли различных факторов в нем, оценка изменения R , P и PET для бассейнов крупнейших притоков, оценка вклада изменения нормы слоя осадков и потенциального испарения в изменение нормы речного стока.

Методы и исходные материалы. В статье использовались среднегодовые расходы воды по замыкающим створам рек Селенга (рзд. Мостовой), Верхняя Ангара (с. Верхняя Заимка), Баргузин (пос. Баргузин), Турка (с. Соболиха), Хара-Мурин (пос. Мурино), Снежная (ст. Выдрино), Утулик (пос. Утулик) и Большая Речка (ст. Посольская) за 1950–2016 гг. (рис.).

В работе был проанализирован сток не всех рек бассейна Байкала, а лишь наиболее водоносных и с наибольшими по площади бассейнами. Исключение составляют реки Тья и Голоустная со среднегодовыми расходами в $40,2 \text{ м}^3/\text{с}$ и $12,6 \text{ м}^3/\text{с}$, которые были исключены из-за слишком большого количества пропусков в рядах данных (более 15 лет для каждой реки). Из работы также был исключен ряд малых рек (Половинная, Большая Сухая, Мысовка и др.) в связи с малой площадью их водосбора и большим перепадом высот в его пределах, что затрудняет корректную оценку величин осадков и потенциального испарения для них.

Согласно [Синюкович и др., 2013], приток в Байкал за 1959–2010 гг. составил $63,5 \text{ км}^3/\text{год}$. Суммар-



● Гидрологический пост

Рис. Положение рассматриваемых в работе речных бассейнов: 1 – р. Селенга – рзд Мостовой, 2 – р. Верхняя Ангара – с. Верхняя Займка, 3 – р. Баргузин – пос. Баргузин, 4 – р. Турка – с. Соболиха, 5 – р. Хара-Мурин – пос. Мурино, 6 – р. Снежная – ст. Выдрино, 7 – р. Утулик – пос. Утулик, 8 – р. Большая Речка – ст.Посольская

Fig. Location of river basins considered in the study: 1 – elenga River Mostovoi halt, 2 – pper Angara River Verchnia Zaimka settl., 3– arguzin River – Barguzin settl., 4 – Turka River – Sobolikha village, 5 – Hara-Murin River – Murino settl., 6 – Snezhnaya River – Vydrino st., 7 – Utulik River – Utulik settl., 8 – Bolshaya Rechka River – Posolskaya st.

ный сток восьми рассмотренных в работе рек за этот же период был оценен в 45,7 км³/год, т. е. порядка 72% от общего. Отметим, однако, что для бассейна Байкала характерно уменьшение изменчи-

вости годовых расходов воды при росте слоя стока [Добровольский, 2017]. Подобная тенденция заметна и для усредненных за многолетний период величин расходов, т. е. вклад рассматриваемых рек имен-

но в изменчивость притока воды в Байкал будет выше 72% (главным образом, за счет Селенги).

Для анализа годовых величин осадков и потенциального испарения использовался архив CRU TS 4.01 [Harris et al., 2013], полученный по данным наблюдений на метеостанциях. Величина PET в CRU TS рассчитывается по величинам средней, минимальной и максимальной суточной температуры, влажности воздуха и облачности [Mohammad et al., 2014].

Рассматривались три периода, отличных по особенностям формирования стока: 1950–1975 гг. (базовый период), 1976–1995 гг. и 1996–2016 гг. Выбор 1950 г. в качестве начального обусловлен недостаточной густотой сети метеостанций и используемым на них типом осадкомерного прибора (дождемера Нифера) в предшествующие периоды. Верхняя граница первого периода связана с началом резкого роста приземной температуры воздуха с 1976 г. как в рассматриваемом регионе, так и на глобальном уровне. Выбор 1996 г. в качестве граничного связан с началом периода низкого стока на крупнейшем притоке Байкала – р. Селенге [Фролова и др., 2017] и ростом PET на глобальном уровне с 1990-х гг.

Для оценки вклада изменения годовых величин осадков и потенциального испарения в изменение речного стока анализировались эмпирические зависимости – формула Будыко (1) [Бабкин, 2016] и некоторые ее модификации, предложенные Fu (2) и Zhang (3) [Dey, Mishra, 2017]. Также использовалось уравнение линейной регрессии между R и P (4):

$$E = \sqrt{P \left(1 - \exp\left(\frac{-PET}{P}\right) \right)} PET th \frac{P}{PET}, \quad (1)$$

$$E/P = 1 + PET/P - \left[1 + (PET/P)^w \right]^{1/w}, \quad (2)$$

$$E/P = \frac{1 + w(PET/P)}{1 + w(PET/P) + (PET/P)^{-1}}, \quad (3)$$

$$R = bP + c, \quad (4)$$

где w – параметр, различный для (2) и (3), b и c – коэффициенты в уравнении линейной регрессии (4).

Эмпирические коэффициенты в формулах (1–4) отражают влияние прочих факторов формирования стока, таких как состояние растительного покрова, совпадения периодов максимальной увлажненности почвы и максимальных величин потенциального испарения, интенсивности и продолжительности осадков и др. Эти факторы формирования изменяются по территории, но могут также меняться со временем для отдельных водосборов, влияя на величину R .

Для оценки влияния прочих факторов, помимо P и PET , на величину R для второго (1976–1995 гг.) и

третьего (1996–2016 гг.) периодов, по формулам (1–4) рассчитывалась величина стока за эти периоды ($R_{2расч}$ и $R_{3расч}$) с параметрами и коэффициентами, полученными по данным за первый период. Соответственно, в случае если измеренная величина стока за второй период (R_2) оказывалась больше $R_{2расч}$, то прочие факторы для формирования стока (помимо годовых величин P и PET) за второй период были более благоприятными по сравнению с первым.

Выбор формулы для расчета $R_{расч}$ выполнялся на основе сравнения с результатами моделирования региональной гидрологической модели, которая разработана для оценки влияния изменений климата на водный режим бассейна р. Селенги [Gelfan, Millionshchikova, 2018] на основе Информационно-моделирующего комплекса ECOMAG [Motovilov et al., 1999].

Использование формул (1–3) требует, чтобы величина изменения бассейновых влагозапасов (TWS), включающих в себя все влагу на территории речного бассейна и толще почвогрунтов под ним во всех агрегатных состояниях, за многолетний период была пренебрежимо малой по сравнению с величиной речного стока. Для оценки величины изменчивости бассейновых влагозапасов использовались данные проекта GRACE, поставляемые JPL [Зотов и др., 2015] в версии RL-06.

Результаты и обсуждение. Выбор формулы для расчета величины изменения речного стока на основе сравнения с данными наблюдений невозможен, т. к. изменение реальных величин стока происходит не только в результате изменения годовых величин осадков и потенциального испарения. Для выбора формулы, наиболее точно описывающей эту зависимость, мы воспользовались результатами оценки чувствительности изменения годового стока р. Селенги. В [Миллионщикова, 2019] приводится расчет годового стока р. Селенги за 1986–2013 гг. при изменении годовой величины осадков (ΔP) от –10% до +10%. Результаты расчета по формулам (1–4) сравнивались с этими величинами, при этом параметры зависимостей определялись по данным за 1986–2013 гг. Абсолютная ошибка рассчитывалась как

$$Err = R_{an}^{calc} - R_{an}^{mod}, \quad (5)$$

а относительная –

$$Err, \% = 100 \frac{R_{an}^{calc} - R_{an}^{mod}}{R_{an}^{mod} - R_0^{mod}}, \quad (6)$$

где индекс $calc$ означает результат расчета по формулам (1–4), mod – рассчитанный по модели ECOMAG, an – величина аномалии осадков в процентах. Результаты сравнения формул представлены в табл. 1.

Все эмпирические формулы занижают величины изменения речного стока как при отрицательных, так и при положительных аномалиях осадков, причем в последнем случае ошибка больше для всех формул, кроме формулы Будыко. Наихудшие резуль-

Таблица 1

Оценка точности расчета изменения нормы речного стока по формулам 1–4

$\Delta P, \%$	<i>Err</i> , мм (5)				<i>Err</i> , % (6)			
	(1)	(2)	(3)	(4)	(1)	(2)	(3)	(4)
-10	1,91	0,88	0,32	2,3	-14	-6,47	-2,35	-16,8
-5	0,97	0,49	0,2	1,39	-13,8	-6,88	-2,78	-19,6
5	-0,96	-0,52	-0,22	-1,81	-12,8	-6,94	-2,92	-24,1
10	-1,98	-1,14	-0,53	-4,09	-12,8	-7,38	-3,43	-26,5

таты показало уравнение линейной регрессии (4), а наилучшие – формула (3), которая использовалась в дальнейшем. Она также показала наилучшие результаты при рассмотрении зависимости нормы стока от потенциального испарения.

Изменение водного баланса. Оценка составляющих водного баланса *R*, *P* и *PET* за первый, второй и третий периоды (табл. 2) показала противоположно направленные тенденции их изменения. Для всех рассматриваемых речных бассейнов, помимо бассейна р. Баргузин, второй период отличается меньшей величиной слоя осадков по сравнению с первым (в среднем на 1,3%). При этом наибольшее снижение (на 5%) характерно для малых рек юга Байкала. Количество осадков за третий период по сравнению с первым снизилось уже на 5,4%. Однако, в отличие от второго периода, наибольшие отрицательные аномалии характерны для бассейна р. Селенги (-6,6%). Для бассейна Ангары осадки выросли (+2,5%), а снижение в остальной части бассейна Байкала составило от 0 до 3%. Линейный тренд *P* за первый период практически отсутствует. Наиболее заметное изменение происходило в бассейне Селенги – рост на 0,2%/год. В рамках второго периода *P* рос более чем на 1% в год. Однако этот рост связан с минимальными за весь второй период величинами осадков за 1977–1981 гг. После 1995 г. величина осадков практически не менялась, незначительно уменьшившись в бассейнах В. Ангары (-0,47%/год) и Баргузина (-0,72%/год).

Величина потенциального испарения была больше за второй и третий периоды по сравнению с первым для всех восьми водосборов, причем лишь для бассейна В. Ангары PET_2 выше, чем PET_3 . В среднем для рассматриваемой территории PET_2 больше PET_1 на 1,9%, а PET_3 больше PET_1 на 4,6%. В течение первого периода наблюдался устойчивый рост величины *PET* от 0,07%/год в бассейне Снежной до 0,3%/год в бассейне В. Ангары. Во второй период величина *PET* снижалась для всех водосборов кроме В. Ангары, с максимумом в бассейне Селенги (-0,22%/год). В третий период рост *PET* возобновился, причем интенсивней всего для северных притоков Байкала (В. Ангара, Баргузин, Турка, Большая речка), где он составил 0,2–0,3%/год.

Величина речного стока за второй период практически не отличается от первого – разница составляет менее 1,7%. Сток за третий период уже значительно меньше стока за первый – на 15,7% ($R_1=95,2$ и $R_3=79,4$ мм). При этом отрицательная тенденция характерна только для бассейнов Селенги (-26,7%), Хара-Мурина (-12,6%), Снежной (-6,3%) и Большой речки (-8,9%). В целом направленность изменений величины речного стока за каждый из периодов схожа с таковой для осадков. Отметим, что с 2010 г. пониженные величины стока характерны не только для р. Селенги, но и для других притоков Байкала (2010–2016 гг. для них были самыми маловодными за весь рассматриваемый период), что привело к росту доли стока р. Селенги в суммарном стоке

Таблица 2

Величины слоя речного стока (*R*), осадков (*P*) и потенциального испарения (*PET*) (мм) в бассейнах притоков оз. Байкал за 1950–1975 гг. (индекс 1), 1976–1995 гг. (индекс 2) и 1996–2016 гг. (индекс 3)

Река	F , тыс. км ²	R_1	R_2	R_3	P_1	P_2	P_3	PET_1	PET_2	PET_3
Селенга	440	68,3	67,5	50,1	373	348	348	647	659	677
В. Ангара	20,6	403	403	429	726	745	745	458	473	473
Баргузин	19,8	190	198	194	532	531	531	522	538	542
Турка	5,05	286	339	337	662	642	642	572	585	593
Хара-Мурин	1,15	685	646	599	928	904	904	547	554	562
Снежная	3	492	497	461	744	726	726	559	569	583
Утулик	0,96	534	534	556	900	879	879	546	554	562
Большая речка	0,57	709	650	646	739	721	721	569	581	595
Среднее	491	95,2	94,3	79,4	402	380	380	632	644	661

рассматриваемых рек с 53,6% в 1996–2009 гг. до 61% за 2010–2016 гг. В силу большей изменчивости стока р. Селенги в сравнении с другими притоками она в значительной степени определяет изменчивость притока воды в озеро. Так, по данным за 1950–2016 гг. изменчивость стока р. Селенги объясняет 92% дисперсии суммарного стока рассматриваемых рек (72% с учетом скоррелированности стока р. Селенги с остальными притоками).

Для водосбора р. Большая речка имеется систематическая ошибка в определении величины слоя осадков, т. к. при $P_1=739$ мм коэффициент стока составляет 0,96, что для физико-географических условий побережья Байкала неправдоподобно. Однако, учитывая высокий коэффициент корреляции между величинами осадков и речного стока (0,65), вероятно, что сам временной ход годовых сумм осадков в бассейне р. Большая речка архив CRU воспроизводит достаточно достоверно.

Анализ изменчивости величины TWS был произведен для периода 01.2003–01.2017 для трех крупнейших бассейнов (Селенга, В. Ангара, Баргузин). Величина среднеквадратического отклонения TWS в январе составила от 29 мм в бассейне Селенги до 48 мм в бассейне Баргузина. Допуская, что за 1950–2016 гг. в бассейнах рассматриваемых рек не было направленного изменения TWS , ошибка расчета слоя стока по формулам (1–3), связанная с неравенством нулю величины изменения TWS , за каждый из периодов может достигать 3 мм/год.

Оценка вклада изменения слоя годовых осадков и потенциального испарения в изменение слоя стока. Поскольку реальное изменение R за второй и третий периоды по сравнению с первым происходило под влиянием всех факторов, а $R_{расч}$ было получено лишь с учетом годовых величин P и PET (i – номер периода), то разница между ними $R_i - R_{расч}$ представляет собой вклад прочих факторов в изменение R ($R_i - R_1$). При этом относительный вклад прочих факторов в изменение R , с учетом $R_1 = R_{расч}$, составит

$$R_{\%проч} = \frac{|R_i - R_{расч}| \cdot 100\%}{|R_i - R_{расч}| + |R_{расч} - R_1|}$$

Сравнение $R_{2расч}$ и R_2 показало, что для шести из семи водосборов измеренные величины стока превышают рассчитанные от 3,1 мм в бассейне р. Селенги до 68 мм в бассейне р. Турки (табл. 3). Таким образом, в целом для бассейна Байкала условия формирования стока были более благоприятными в 1976–1995 гг. по сравнению с 1950–1975 гг. Для бассейна р. Хара-Мурин разница между рассчитанными и измеренными величинами стока практически отсутствует. Отметим, что для соседних с ним водосборов (р. Снежная и р. Утулик), вклад $R_2 - R_{2расч}$ в изменение стока составляет уже порядка 50%. Величина $R - R_{расч}$ также существенно различается для Хара-Мурина, Снежной и Утулика за третий период. С учетом близкого положения водосборов этих рек, вероятно, что различие обусловлено не метеорологическими факторами.

Наиболее значителен вклад прочих факторов в изменение речного стока для р. Турка ($R_{\%проч} = 76-81\%$). Так, при R_2 , превышающем R_1 на 18%, P_2 меньше P_1 на 2%, а PET_2 больше PET_1 на 2%. Для крупнейших рек бассейна Байкала – Баргузина, Верхней Ангары, Селенги – величина $R_3 - R_{3расч}$ составила от –4,5 до 17 мм. При этом для бассейна р. Верхняя Ангара прочие факторы усилили положительную аномалию слоя стока за третий период, а для бассейна р. Селенги – напротив, усилили отрицательную аномалию.

Таким образом, изменение среднемноголетней величины речного притока в озеро Байкал за 1950–2016 гг. в среднем лишь на 45–50% (см. табл. 3) объясняется непосредственно изменениями годовых величин P и PET .

Выводы:

– при изменении слоя годовых осадков и сохранении их внутригодового распределения рассчитанные по модели ECOMAG и ряду эмпирических фор-

Таблица 3

Абсолютный ($R - R_{расч}$) и относительный ($R_{\%проч}$) вклад прочих, помимо изменения годовых величин P и PET , факторов в изменение R за второй (1976–1995 гг.) и третий (1996–2016 гг.) периоды по сравнению с первым (1950–1975 гг.)

Река	$R - R_{расч}$ мм		$R_{\%проч}$, %	
	1976–1995	1996–2016	1976–1995	1996–2016
Селенга	3,1	–4,5	44,2	24,5
В. Ангара	8	17	50,4	65,2
Баргузин	13	11	72,2	59,0
Турка	68	74	81,1	76,0
Хара-Мурин	–0,5	–65,6	1,2	75,9
Снежная	36	–13	54,0	42,6
Утулик	45	48	49,9	65,4

Примечание. Водосбор р. Большая речка в расчетах $R_{расч} - R$ и $R_{\%проч}$ не участвовал, в силу отсутствия достоверной информации по слою осадков на его территории.

мул величины изменения слоя годового стока дают близкие результаты. Так, в бассейне р. Селенги при аномалии слоя осадков от -10% до $+10\%$ разница между рассчитанной по формуле (3) и смоделированной величиной изменения слоя речного стока составляет от 2,35% до 3,43% – от 0,2 мм до 0,53 мм в абсолютном выражении;

– сравнение величин P , R и PET за три периода показало, что каждый последующий период отличается меньшей величиной осадков и речного стока и большей величиной потенциального испарения, при этом наиболее ярко эта тенденция прослеживается для бассейна р. Селенги, сток с которого определяет 72% дисперсии стока со всех рассматриваемых бассейнов;

– рассчитанные по формуле (3) и измеренные величины речного стока существенно отличаются между собой (см. табл. 3), что говорит о вкладе других (помимо изменения годовых величин P и PET) факторов в изменение речного стока (состояния растительного покрова, совпадения периодов максимальной увлажненности почвы и максимальных величин потенциального испарения, интенсивности и продолжительности осадков и др.). Роль прочих факторов в изменение R меняется в зависимости от

водосбора и рассматриваемого периода. Так, рост слоя стока в бассейне р. Турки на 18% за 1976–1995 гг. по сравнению с 1950–1975 гг. менее чем на 19% обусловлен изменением годовых величин P и PET . В то же время снижение слоя стока в бассейне р. Селенги на 27% за 1996–2016 гг. по сравнению с 1950–1975 гг. уже более чем на 75% обусловлено их изменением. Для рек бассейна Байкала изменение годовых величин P и PET в среднем лишь на 50% объясняет изменение нормы стока за 1976–1995 гг. и 1996–2016 гг. по сравнению с 1950–1975 гг. Этот факт важно учитывать при подборе критериев качества климатических моделей, используемых для прогноза изменения нормы годового стока, которые должны достоверно воспроизводить изменчивость не только годовых величин метеопараметров, но и их внутrigодовое распределение. Также вероятно, что за 1950–2016 гг. изменение R в бассейне Байкала происходило, в том числе, в результате изменения свойств подстилающей поверхности (смена растительного покрова, деградация многолетней мерзлоты, обезлесивание), которые также следует учитывать при оценке будущих изменений речного стока.

Благодарности. Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 17-29-05027 офи_м). Полевые работы проводились в рамках проекта РФФИ 17-05-41174-РГО «Геохимические барьерные зоны в пресноводных дельтах рек России», создание ГИС – в рамках проекта 18-05-60219. Расчеты по модели ECOMAG были выполнены в рамках темы № 0147-2019-0001, (№ государственной регистрации АААА-А18-118022090056-0) Государственного задания ИВП РАН.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Афанасьев А.Н. Колебания гидрометеорологического режима на территории СССР. М.: Наука, 1967. 231 с.

Бабкин В.И. Речной сток и циклоническая деятельность в бассейнах Оби, Енисея и Лены. М.: Научный мир, 2017. 544 с.

Баженова О.И., Кобылкин Д.В. Динамика процессов деградации почв в бассейне Селенги в земледельческий период // География и природные ресурсы. 2013. № 3. С. 33–40.

Гармаев Е.Ж., Христофоров А.В. Водные ресурсы рек бассейна озера Байкал: основы их использования и охраны. Новосибирск: Академическое издательство «ГЕО», 2010. 227 с.

Добровольский С.Г. Межгодовые и многолетние изменения речного стока в водосборном бассейне Байкала // Водные ресурсы. 2017. № 3. С. 231–242.

Зотов Л.В., Фролова Н.Л., Харламов М.А., Григорьев В.Ю. Возможность использования данных спутниковой системы измерения поля гравитации Земли (GRACE) для оценки характеристик водного баланса крупных речных бассейнов // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5. Геогр. 2015. № 4. С. 27–33.

Марченко О.Ю. Условия формирования и долговременные изменения экстремальной водности в бассейне реки Селенги: дис. ... канд. геогр. наук. Иркутск, 2013. 127 с.

Миллионщикова Т.Д. Моделирование и предвычисление многолетних изменений стока р. Селенги: дис. ... канд. геогр. наук. М., 2019. 133 с.

Сизова Л.Н., Шимараев М.Н. Циркуляция атмосферы и современные тенденции изменения речного притока озера Байкал // Природоохранное сотрудничество в трансграничных экологических регионах: Россия–Китай–Монголия. Вып. 3. Часть 2. Чита: Поиск, 2012. С. 135–139.

Синюкович В.Н., Сизова Л.Н., Шимараев М.Н., Курбатова Н.Н. Особенности современных изменений притока воды в озеро Байкал // География и природные ресурсы. 2013. № 4. С. 57–63.

Синюкович В.Н., Чернышев М.С. О трансформации расчетных характеристик годового и максимального стока главных притоков оз. Байкал // Водные ресурсы. 2017. № 3. С. 256–263.

Сутырина Е.Н. Реакция стока р. Селенги на изменение интенсивности осадков и состояния водосборного бассейна // Известия Иркутского государственного университета. Серия: Науки о Земле. 2015. Т. 13. С. 120–130.

Фролова Н.Л., Белякова П.А., Григорьев В.Ю. и др. Многолетние колебания стока рек в бассейне Селенги // Водные ресурсы. 2017. № 3. С. 1–13.

Чалов С.Р., Гречушников М.Г., Варенцов М.И., Касимов Н.С. Современная и прогнозная оценка стока воды и наносов реки Селенги // География и природные ресурсы. 2016. № 5. С. 39–48.

Шимараев М.Н., Старыгина Л.Н. Зональная циркуляция атмосферы, климат и гидрологические процессы на Байкале (1968–2007 гг.) // География и природные ресурсы. 2010. № 3. С. 62–68.

Cable J.M., Ogle K., Bolton W.R. et al. Permafrost thaw affects boreal deciduous plant transpiration through increased soil water, deeper thaw and warmer soils. *Ecohydrology*, 2013, vol. 7, p. 982–997. DOI: 10.1002/eco.1423.

Davi N.K., Jacoby G.C., Curtis A.E., Baatarbileg N. Extension of Drought Records for Central Asia Using Tree Rings: West-Central Mongolia. *Journal of Climate*, 2006, vol. 19, p. 288–299. DOI: 10.1175/JCLI3621.1.

Dey P., Mishra A. Separating the impacts of climate change and human activities on streamflow: a review of methodologies and critical assumptions. *Journal of Hydrology*, 2017, vol. 548, p. 278–290. DOI: 10.1016/j.jhydrol.2017.03.014.

Gelfan A.N., Millionshchikova T.D. Validation of a Hydrological Model Intended for Impact Study: Problem Statement and Solution Example for Selenga River Basin. *Water Resour.* 2018. vol. 45, Suppl. 1, p. S90–S910. DOI: 10.1134/S0097807818050354.

Harris I., Jones P.D., Osborn T.J., Lister D.H. Updated high-resolution grids of monthly climatic observations – the CRU TS3.10 dataset. *Int. J. Climatol.*, 2014, vol. 34, p. 623–642. DOI: 10.1002/joc.3711.

Kropp H., Loranty M., Alexander H.D. et al. Environmental constraints on transpiration and stomatal conductance in a Siberian Arctic boreal forest. *J. Geophys. Res. Biogeosci.*, 2017, vol. 122, p. 487–497. DOI: 10.1002/2016JG003709.

Mohammad A.A.Z., Bellie S., Ashish S. Assessment of global aridity change. *Journal of Hydrology*, 2015, vol. 520, p. 300–313. DOI: 10.1016/j.jhydrol.2014.11.033.

Motovilov Yu., Gottschalk, Engeland K., Belokurov A. ECOMAG – regional model of hydrological cycle. Application to the NOPEX region. Department of Geophysics, University of Oslo, *Institute Report Series*, no. 105. May 1999, 88 p.

Mu W., Yu F., Li C. et al. Effects of Rainfall Intensity and Slope Gradient on Runoff and Soil Moisture Content on Different Growing Stages of Spring Maize. *Water*, 2015, vol. 7, p. 2990–3008. DOI: 10.3390/w7062990.

Pederson N., Leland C., Nachin B. et al. Three centuries of shifting hydroclimatic regimes across the Mongolian Breadbasket. *Agricultural and Forest Meteorology*, 2013, vol. 178–179, p. 10–20. DOI: 10.1016/j.agrformet.2012.07.003.

Törnqvist R., Jarsjö J., Pietron J. et al. Evolution of the hydro-climate system in the Lake Baikal basin. *Journal of Hydrology*, 2014, vol. 519, p. 1953–1962. DOI: 10.1016/j.jhydrol.2014.09.074.

Ukkola A.M., Prentice I.C. A worldwide analysis of trends in water-balance evapotranspiration. *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, 2013, vol. 17, p. 4177–4187. DOI: 10.5194/hess-17-4177-2013.

Поступила в редакцию 13.09.2019

После доработки 25.12.2019

Принята к публикации 06.07.2020

V.Yu. Grigor'ev¹, T.D Millionshchikova²,
A.A. Sazonov³, S.R. Chalov⁴

IMPACT OF CHANGES IN THE MAIN CLIMATIC PARAMETERS ON RIVER RUNOFF IN THE BAIKAL LAKE BASIN DURING THE SECOND HALF OF THE 20TH AND THE EARLY 21ST CENTURY

The results of the analysis of 1950–2016 runoff changes of the Baikal Lake largest tributaries, namely the Selenga, Verkhnyaya Angara, Barguzin, Turka, Khara-Murin, Snezhnaya, Utulik and Bolshaya Rechka rivers, are presented. The influence of changing precipitation rate (P) and potential evapotranspiration (PET) on the changes in annual river runoff (R) for 1976–1995 and 1996–2016 compared to 1950–1975 is considered basing on the CRU TS data. The ECOMAG model was used to evaluate the R reproducing accuracy with various modifications of the Budyko formula using P and PET data. It was found that the difference between the R value calculated according to a formula and the modeled one is from 0,2 mm to 0,53 mm in the Selenga River basin with the P anomaly from –10% to +10%. It is shown that during 1950–2016 the Baikal Lake basin as a whole is characterized by the decrease in P and R and the increase in PET. Deviation of calculated R values from observed ones for 1976–1995 and 1996–2016 was interpreted as an influence of other factors, which include both the properties of the underlying surface and specific features of the intra-annual distribution of precipitation and potential evapotranspiration. The role of other factors in the change of R varies depending on the catchment and period under consideration. It is shown that P and E changes during 1950–2016 explain about 50% of the R change in the Baikal Lake basin. Susceptibility of river runoff in the Baikal Lake basin to factors other than P and PET must be taken into account while assessing the scenarios of runoff changes of the Baikal rivers under climate change. It was also revealed that in 1976–1995 (except for the Khara-Murin River) and in 1996–2016 (except for the Khara-Murin and Selenga rivers) the runoff formation conditions were more favorable than in 1950–1975.

Key words: long-term water balance, Budyko formula, the Baikal Lake, climate change, ECOMAG

Acknowledgements. The study was financially supported by the Russian Foundation for Basic Research (project no. 17-29-05027 ofi_m). Calculations based on the ECOMAG model were performed within theme no. 0147-2019-0001 (state registration no. AAAA-A18-118022090056-0) of the State task to the IWP RAS.

¹ Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Department of Land Hydrology, Engineer, PhD. in Geography; Institute of Water Problems of RAS, Junior Scientific Researcher; e-mail: vadim308g@mail.ru

² Institute of Water Problems of RAS, Junior Scientific Researcher, PhD. in Geography; e-mail: tatyana.million@mail.ru

³ Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Department of Land Hydrology, Senior Lecturer; Institute of Water Problems of RAS, Engineer; e-mail: sazonov.lesha@gmail.com

⁴ Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Department of Land Hydrology, Associate Professor, PhD. in Geography; e-mail: hydroserg@mail.ru

REFERENCES

- Afanas'ev A.N. Kolebanija gidrometeorologicheskogo rezhima na territorii SSSR [Fluctuations of the hydrometeorological regime within the territory of the USSR], Moscow, Nauka Publ., 1967, 231 p. (In Russian)
- Babkin V.I. Rechnoj stok i ciklonicheskaja dejatel'nost' v bassejnah Obi, Eniseja i Leny [River flow and cyclonic activity in the Ob, Yenisei and Lena river basins], Moscow, Nauch. mir Publ., 2017, 544 p. (In Russian)
- Bazhenova O.I., Kobylkin D.V. The dynamics of soil degradation processes within the Selenga basin at the agricultural period. *Geogr. Nat. Resour.*, 2013, vol. 34(3), p. 221–227. DOI: 10.1134/S1875372813030050.
- Cable J.M., Ogle K., Bolton W.R. et al. Permafrost thaw affects boreal deciduous plant transpiration through increased soil water, deeper thaw and warmer soils. *Ecohydrology*, 2013, vol. 7, p. 982–997. DOI: 10.1002/eco.1423.
- Chalov S.R., Grechushnikova M.G., Varenkov M.I., Kasimov N.S. Sovremennaja i prognoznaja ocenka stoka vody i nanosov reki Selengi [Current and predictive assessment of water and sediment discharge of the Selenga River], *Geografija i prirodnye resursy*, 2016, vol. 37(5), p. 39–48. DOI: 10.21782/GiPR0206-1619-2016-5(39-48). (In Russian)
- Davi N.K., Jacoby G.C., Curtis A.E., Baatarbileg N. Extension of Drought Records for Central Asia Using Tree Rings: West-Central Mongolia. *Journal of Climate*, 2006, vol. 19, p. 288–299. DOI: 10.1175/JCLI3621.1.
- Dey P., Mishra A. Separating the impacts of climate change and human activities on streamflow: a review of methodologies and critical assumptions. *Journal of Hydrology*, 2017, vol. 548, p. 278–290. DOI: 10.1016/j.jhydrol.2017.03.014.
- Dobrovol'skii S.G. Year-to-year and many-year river runoff variations in Baikal drainage basin. *Water Resour.*, 2017, vol. 44(3), p. 347–358. DOI: 10.1134/S0097807817030083.
- Frolova N.L., Belyakova P.A., Grigor'ev V.Y. et al. Many-year variations of river runoff in the Selenga basin. *Water Resour.*, 2017, vol. 44(3), p. 359–371. DOI: 10.1134/S0097807817030101.
- Garmaev E.Zh., Hristoforov A.V. Vodnye resursy rek bassejna ozera Bajkal: osnovy ih ispol'zovanija i ohrany [Water resources of the rivers of the Lake Baikal Basin: framework of their use and protection], Novosibirsk, Akademicheskoe izdatel'stvo «GEO» Publ., 2010, 227 p. (In Russian)
- Gelfan A.N., Millionshchikova T.D. Validation of a Hydrological Model Intended for Impact Study: Problem Statement and Solution Example for Selenga River Basin. *Water Resour.*, 2018, vol. 45, Suppl. 1, p. S90–S910. DOI: 10.1134/S0097807818050354.
- Harris I., Jones P.D., Osborn T.J., Lister D.H. Updated high-resolution grids of monthly climatic observations – the CRU TS3.10 dataset. *Int. J. Climatol.*, 2014, vol. 34, p. 623–642. DOI: 10.1002/joc.3711.
- Kropp H., Loranty M., Alexander H.D. et al. Environmental constraints on transpiration and stomatal conductance in a Siberian Arctic boreal forest. *J. Geophys. Res. Biogeosci.*, 2017, vol. 122, p. 487–497. DOI: 10.1002/2016JG003709.
- Marchenko O.Yu. Usloviya formirovanija i dolgovremennaja izmenenija jekstremal'noj vodnosti v bassejne reki Selengi [Conditions of formation and long-term changes of extreme river flow in the Selenga River basin], PhD Thesis in Geography, Irkutsk, 2013, 127 p. (In Russian)
- Millionshchikova T.D. Modelirovanie i predvychislenie mnogoletnih izmenenij stoka r. Selengi [Modeling and projections of long-term changes of the Selenga River runoff], PhD Thesis in Geography, Moscow, 2019, 133 p. (In Russian)
- Mohammad A.A.Z., Bellie S., Ashish S. Assessment of global aridity change. *Journal of Hydrology*, 2015, vol. 520, p. 300–313. DOI: 10.1016/j.jhydrol.2014.11.033.
- Motovilov Yu., Gottschalk L., Engeland K., Belokurov A. ECOMAG – regional model of hydrological cycle. Application to the NOPEX region. Department of Geophysics, University of Oslo, Institute Report Series, no. 105, May 1999, 88 p.
- Mu W., Yu F., Li C. et al. Effects of Rainfall Intensity and Slope Gradient on Runoff and Soil Moisture Content on Different Growing Stages of Spring Maize. *Water*, 2015, vol. 7, p. 2990–3008. DOI: 10.3390/w7062990.
- Pederson N., Leland C., Nachin B. et al. Three centuries of shifting hydroclimatic regimes across the Mongolian Breadbasket. *Agricultural and Forest Meteorology*, 2013, vol. 178–179, p. 10–20. DOI: 10.1016/j.agrformet.2012.07.003.
- Shimaraev M.N., Starygina L.N. Lake Baikal: Zonal Atmospheric Circulation, Climate and Hydrological Processes (1968–2007). *Geogr. Nat. Resour.*, 2010, no. 3, p. 245–250.
- Sinjukovich V.N., Sizova L.N., Shimaraev M.N., Kurbatova N.N. Characteristics of current changes in water inflow into lake Baikal. *Geogr. Nat. Resour.*, 2013, vol. 34, p. 350–355. DOI: 10.1134/S1875372813040082.
- Sinyukovich V.N., Chernyshov M.S. Transformation of estimated characteristics of the annual and maximal runoff in the major tributaries of Lake Baikal. *Water Resour.*, 2017, vol. 44(3), p. 372–379. DOI: 10.1134/S0097807817030174.
- Sizova L.N., Shimaraev M.N. [Atmospheric circulation and current trends of river inflow to the Baikal Lake], «*irodoohrannoe sotrudnichestvo v transgranichnyh jekologicheskikh regionah: Rossija-Kitaj-Mongolij*» [Environment-related cooperation in trans-border ecological regions: Russia-China-Mongolia], iss. 3, Part 2, Chita, Poisk Publ., 2012, p. 35–139. (In Russian)
- Sutyryna E.N. Reakcija stoka r. Selengi na izmenenie intensivnosti osadkov i sostojanija vodosbornogo bassejna [The response of the Selenga River runoff to the changes of rainfall intensity and the state of the catchment area], *Izvestija Irkutskogo gosudarstvennogo universiteta. Serija: Nauki o Zemle*, 2015, vol. 3, p. 20–130. (In Russian)
- Törnqvist R., Jarsjö J., Pietron J. et al. Evolution of the hydro-climate system in the Lake Baikal basin. *Journal of Hydrology*, 2014, vol. 19, p. 953–1962. DOI: /10.1016/j.jhydrol.2014.09.074.
- Ukkola A.M., Prentice I.C. A worldwide analysis of trends in water-balance evapotranspiration. *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, 2013, vol. 7, p. 177–4187. DOI: 10.5194/hess-17-4177-2013.
- Zotov L.V., Frolova N.L., Harlamov M.A., Grigor'ev V.Yu. Vozmozhnost' ispol'zovanija dannyh sputnikovoj sistemy izmerenija polja gravitacii Zemli (GRACE) dlja ocenki harakteristik vodnogo balansa krupnyh rechnyh bassejnov [Possible application of data of the satellite system of the Earth's gravity field measurement (GRACE) for the evaluation of water balance in river catchments], *Vestn. Mosk. un-ta, Ser. 5, Geogr.*, 2015, no. 4, p. 27–33. (In Russian)

Received 13.09.2019

Revised 25.12.2019

Accepted 06.07.2020

УДК 551.64

Ю.Г. Кутинов¹, З.Б. Чистова², Н.А. Неверов³

НОВЫЕ ДАННЫЕ О ВЛИЯНИИ ТЕКТОНИЧЕСКИХ УЗЛОВ НА СОСТОЯНИЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ НА СЕВЕРЕ РУССКОЙ ПЛИТЫ

Проведено исследование влияния тектонических узлов на состояние компонентов окружающей среды. В состав исследований входили теоретический анализ материалов, цифровое моделирование рельефа, мониторинговые наблюдения для изучения количественных характеристик абиогенных и биогенных процессов в тектонических узлах. На площади тектонических узлов были исследованы структура растительного покрова; изменение урожайности дикорастущих ягодников; содержание минеральных питательных элементов в почве и ягодах; физико-механические свойства древесины; атмосферное давление; содержание кислорода в атмосфере; количество осадков; частота гроз. Узлы пересечения тектонических нарушений являются также источниками наведенных вихревых токов, изменяющих общую картину геомагнитного поля (своего рода магнитные диполи) и параметры барического поля. В сочетании с подтоком флюидов и глубинных газов они создают локальные аномальные участки, влияющие на состояние окружающей среды. Таким образом, в районах тектонических узлов формируются участки с аномальными характеристиками свойств окружающей среды как на количественном, так и на качественном уровнях. Наблюдаются: 1) устойчивый «дефицит» атмосферного давления (до 25 Мб) над тектоническими узлами; 2) существенное отличие частоты осадков и их количества в центре и на периферии тектонических узлов; 3) более раннее выпадение снега на периферии узлов, большая мощность снегового покрова и его более позднее таяние, чем в фоновых районах; 4) область глубинной дегазации на периферии узлов, здесь же увеличивается количество гроз и лесных пожаров; 5) рост разнообразия растительности в узлах тектонических нарушений; 6) изменение электрической проводимости воздуха, на которую указывает своеобразная структура облаков над тектоническими узлами.

Ключевые слова: дегазация, вариации магнитного поля, наведенные токи, атмосферное давление

Введение. На настоящий момент не вызывает сомнения необходимость учета структурно-тектонических факторов при геоэкологических исследованиях на считавшихся ранее пассивными платформенных территориях. В первую очередь это относится к исследованию межгеосферных процессов в области развития тектонических нарушений и, особенно, узлов их пересечений. В последнее время достаточно часто появляются публикации, посвященные отдельным аспектам воздействия тектонических нарушений на состояние окружающей среды, однако до получения полной картины еще достаточно далеко.

Неотектонические подвижки платформенных территорий характеризуются пульсирующим режимом с изменением направления и амплитуды перемещения и сопровождаются вариациями интенсивности дегазации и подтока минерализованных вод, электромагнитного поля и изменениями облачности вдоль дислокаций. Узлы пересечения тектонических нарушений являются также источниками наведенных вихревых токов, изменяющих общую картину геомагнитного (своего рода магнитные диполи) и параметры барического полей. В сочетании с подтоком флюидов и глубинных газов они создают

локальные аномальные участки, влияющие на состояние окружающей среды.

Материал и методы исследования. Район исследований находится на севере Русской плиты и административно совпадает с территорией Архангельской области (площадь 413,1 тыс. км² без учета Ненецкого автономного округа).

В состав исследований входили: теоретический анализ материалов, цифровое моделирование рельефа, мониторинговые наблюдения для изучения количественных характеристик абиогенных и биогенных процессов в тектонических узлах (рис. 1). С целью уточнения пространственного размещения разрывных структур и тектонических узлов первого ранга нами ранее была построена карта расположения систем разломов масштаба 1:1 000 000 на территорию Архангельской области. Построения сводились к выделению устойчивых азимутов простираения линейных элементов, построению карт индикаторов разломов и карт расположения систем разломов. Исходным материалом служили карты потенциальных полей масштаба 1:200 000, уменьшенные до масштаба 1:1 000 000, карта результатов дешифрирования космоснимков масштаба 1:1 000 000, топокарты масштаба 1:1 000 000.

¹ Федеральное исследовательское учреждение комплексного изучения Арктики имени академика Н.П. Лаврова Уральского отделения РАН, лаборатория глубинного геологического строения и динамики литосферы, гл. науч. с., докт. геол.-минерал.н.; e-mail: kutinov@fciarctic.ru

² Федеральное исследовательское учреждение комплексного изучения Арктики имени академика Н.П. Лаврова Уральского отделения РАН, лаборатория глубинного геологического строения и динамики литосферы, вед. науч. с., зав. лаб., канд. геол.-минерал. н.; e-mail: zchistova@yandex.ru

³ Федеральное исследовательское учреждение комплексного изучения Арктики имени академика Н.П. Лаврова Уральского отделения РАН, лаборатория глубинного геологического строения и динамики литосферы, ст. науч. с., канд. сел.-хоз. н.; e-mail: na-neverov@yandex.ru

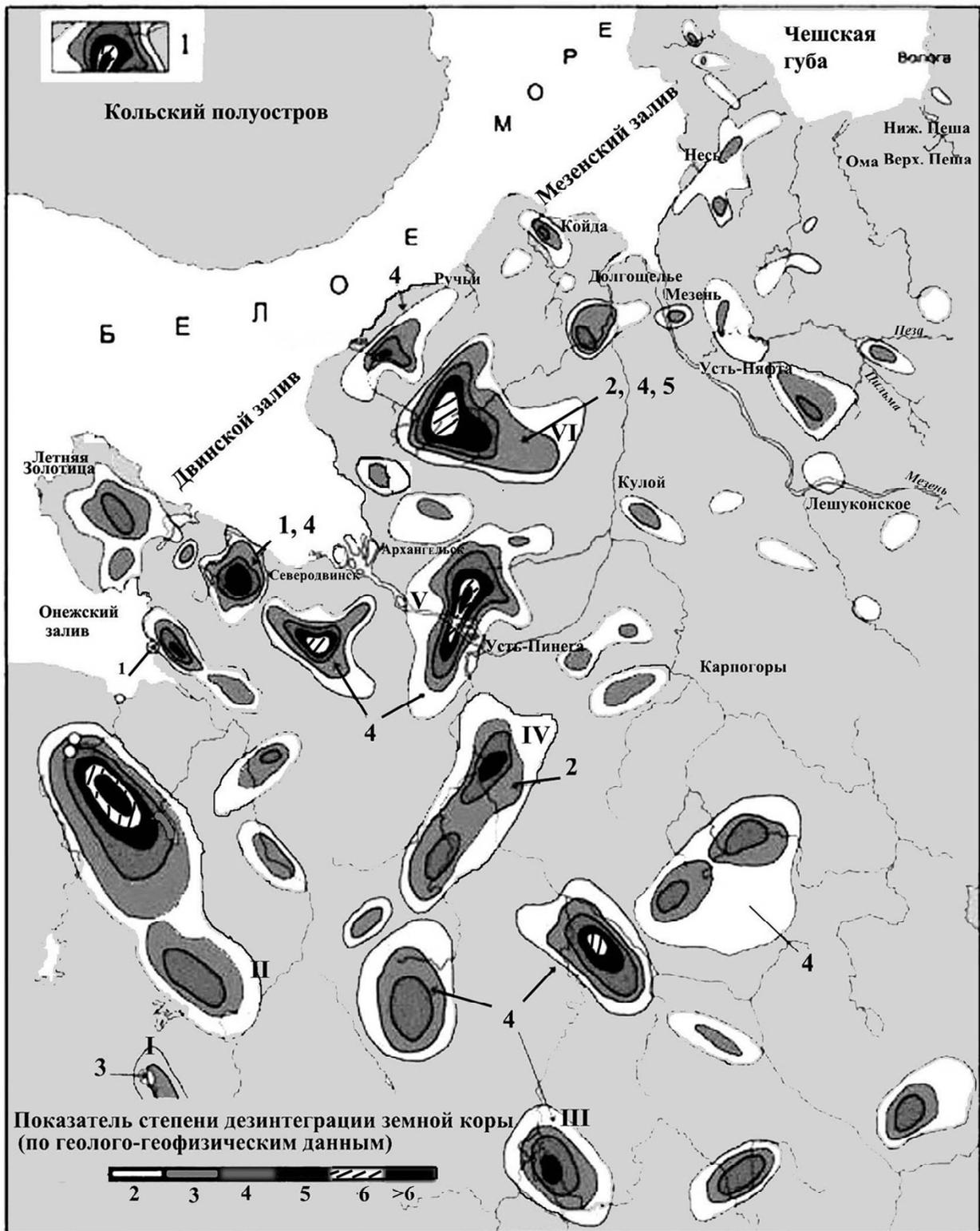


Рис. 1. Схема размещения тектонических узлов [Кутинов, Чистова, 2012]. Арабские цифры на схеме: 1 – места гибели морских звезд; 2 – места повышенной дихотомии деревьев и повышенного содержания тяжелых металлов в коре деревьев; 3 – места массовой гибели рыб; 4 – участки с повышенным содержанием тяжелых металлов в почвах; 5 – участки изменения структуры растительного покрова. Римские цифры на схеме – тектонические узлы, на которых проводились мониторинговые наблюдения. Условные обозначения: 1 – изолинии плотности тектонических нарушений

Fig. 1. Scheme of tectonic nodes [Kutinov, Chistova, 2012]. Arabic numerals on the diagram: 1 – places of sea stars mortality; 2 – places of increased dichotomy of trees and higher content of heavy metals in tree bark; 3 – places of mass fish mortality; 4 – areas with higher content of heavy metals in soils; 5 – areas with changing structure of vegetation. Roman numerals on the diagram are tectonic nodes where monitoring observations were carried out. Legend: 1 – isolines of the density of tectonic deformations

На первом этапе проводились замеры длин и азимутов линейных элементов, по результатам которых строились гистограммы и розы-диаграммы. Так как ориентировка многих линейных элементов не всегда точно совпадает с простиранием тектонических границ, истинные азимуты разломов определялись как средние по максимумам на розах-диаграммах (радиус/угол осреднения – 3–5°).

При составлении карт индикаторов по ранее выделенным направлениям выносились индикаторы тектонических структур. К ним относились спрямленные участки гидросети, космофотолинементы, а в потенциальных полях – градиентные ступени, оси линейных аномалий, зоны потери корреляции и границы областей с разной морфологией поля. Затем проводилось объединение линейных элементов по участкам сгущения индикаторов и построение карты расположения систем разломов, что позволило выделить дизъюнктивы как геологические тела, то есть оценить одну из важнейших характеристик разрывных нарушений – их ширину. Полученные материалы, дополненные розами-диаграммами частот встречаемости элементов-индикаторов и графиками азимутального распределения средних длин последних, позволяют сделать выводы не только о закономерностях пространственного размещения дизъюнктивов и их соподчиненности, но и о физической форме разрывных нарушений на разных структурных этажах и о преобладающих режимах тектонического развития разломно-блоковых структур региона. Выделенные тектонические нарушения сопоставлялись с данными сейсморазведки, сейсмологии и аэроэлектроразведки для отбраковки поверхностных структур, что позволяло не только оценить глубинность структур, но и отсечь поверхностные формы.

По построенной карте систем разломов выделялись узлы пересечения тектонических нарушений первого порядка, проводилась оценка их влияния на компоненты окружающей среды. Следует отметить, что выделенные тектонические узлы не являются аналогами аномалий повышенной плотности линементов, так как при их построении в полной мере использовались геолого-геофизические материалы, а не только результаты дешифрирования и морфометрического анализа. Методика выделения тектонических узлов более подробно рассмотрена в работах авторов [Кутинов и др., 2011; Кутинов, Чистова, 2012 и др.].

С целью разделения тектонических узлов первого порядка по геоморфометрическим параметрам по каждому из них (см. рис. 1) были подготовлены векторные слои с полигонами границы периферии узла, всех промежуточных пересечений и центра узла (по [Кутинов и др., 2019]). Далее по границе каждого полигона с помощью модуля SAGA GIS «Clip Grid With Polygon» из цифровой модели рельефа были вырезаны цифровые модели узлов и всех пересечений внутри узла.

Состав мониторинговых наблюдений для изучения количественных характеристик абиогенных и

биогенных процессов в тектонических узлах включал в себя (см. рис. 1): I – Лекшмозерский – продуктивность ягодников и их состав, химический состав почв; II – Кенозерский – продуктивность ягодников, содержание витамина С; III – Вельско-Устьянский – атмосферное давление, содержание кислорода в атмосфере, количество осадков, частота гроз, химический состав почвы, мхов и лишайников, качество древесины, ягоды (брусника и черника); IV – Емецкий – атмосферное давление, содержание кислорода в атмосфере, частота пожаров, суммарная концентрация летучих органических соединений и других токсичных газов, метана, углеводородов нефти и углекислого газа; V – Холмогорский – мониторинговые измерения барического поля и содержания кислорода в атмосфере, радона в грунтах, количества твердых и жидких осадков, химического состава почв, ягод, качества древесины, интенсивности сигнала сотовой связи; VI – Зимнебережный – структура растительного покрова, частота пожаров, качество древесины, атмосферное давление, эрозионные процессы.

Для уточнения структуры барического поля в 2009–2019 гг. проводились исследования флуктуаций атмосферного давления по региональным профилям в движении по аналогии с геофизическими измерениями по прямому и обратному ходу на площадях Холмогорского и Вельско-Устьянского тектонических узлов. Замеры осуществлялись на автомобиле с координатной привязкой (система координат WGS 84) профессиональной метеостанцией WRM 918H (HUGER GmbH, Germany) (дискретность – 1 мин.). Параллельно измерения атмосферного давления и содержания кислорода выполнялись полевым газоанализатором ECOPROB-5 (RS DYNAMICS, Чешская Республика) в автоматическом режиме (интервал – от 500 до 100 м). Прибор имеет собственную систему GPS-привязки.

На основе данных дистанционного зондирования Земли (два спектрально-аналитических снимка «Landsat-7» за 18.07.2000 г. и 12.07.2001 г.) ранее был проведен анализ площадной структуры растительного покрова (рис. 2, VII) в зависимости от степени дезинтеграции земной коры [Гофаров и др., 2006]. Для анализа характера облачности над узлами тектонических наблюдений проводилась обработка данных с КА MODIS за 2005–2009 гг. (459 снимков летнего периода) и анализ данных с «Landsat-8» [Кутинов, Чистова, 2012; Кутинов и др., 2013]. Для выявления облачного покрова использовалась методика, описанная Г. Кореном [Kogen, 2009], как более точная для высоких широт, чем стандартный продукт MOD035.

В период экспедиционных работ (июль–сентябрь) 2006–2019 гг. ежедневно фиксировалась частота выпадения осадков в центре узла и на его периферии. На открытом месте с координатной привязкой (GPS Garmin III Plus) было выставлено по четыре осадкомера площадью 69,4 см² каждый с расстоянием между ними в 5 м. Раз в пять дней осадки из них сливались и взвешивались, затем по-

мещались в отдельные емкости и в конце периода наблюдений снова взвешивались. Для изучения мощности снегового покрова анализировались снимки с КА Монитор-Э (КБ Хруничева) на площади Холмогорского тектонического узла, проводилось их сопоставление с растительным покровом, а с 2013 г. осуществлялись также наземные измерения мощности снегового покрова.

Для фиксации электрических разрядов в атмосфере использовался гронопеленгатор NexStorm (Boltek, USA). Прибор был установлен в д. Беляевская, а затем перемещен в п. Шангала Устьянского района Архангельской области (центр Вельско-Устьянского тектонического узла). Радиус регистрации сигнала – 600 км. Используемое программное обеспечение – NexStorm™. Прибор позволяет определять местоположение гроз, знак заряда и интенсивность, тип разряда (земля–воздух, воздух–земля). На территории Холмогорского тектонического узла проводился также мониторинг уровня сигнала мобильной связи. С 2018 г. начаты измерения плотности потока радона-222 (ППР) с поверхности грунта. Измерения проводились вдоль профиля регистрации атмосферного давления с помощью комплекса «Альфарад плюс РП».

Было проведено изучение содержания минеральных питательных элементов в почве в тектонических узлах [Старицын, Беляев, 2015]. Пробные площади для изучения биоты (центр узла, периферия, контроль) выбирались в сходных ландшафтных условиях. На территории Кенозерского узла в направлении от центра к периферии были отобраны образцы почв 30-сантиметрового слоя в лишайниково-брусничных сосняках. В лабораторных условиях в данных образцах определено содержание важнейших микроэлементов.

На территории Холмогорского, Кенозерского и Лекшмозерского тектонических узлов были проведены исследования изменения урожайности дикорастущих ягодников [Старицын, Беляев, 2015; Неверов, Беляев, 2018]. Исследования включали морфологические замеры кустарничков и их плодов по следующим показателям: высота растения (см), проективное покрытие (%), линейные размеры плодов (высота и диаметр). Замеры линейных размеров плодов черники проводились по пяти случайно отобраным ягодам с каждой учетной площадки штангенциркулем с цифровой индикацией ШЦЦ-I-125-0,01. На каждой пробной площади проводилось по 125 замеров.

Физико-механические свойства древесины отражаются основными показателями качества, определяющими область ее применения. Нами были проведены исследования хвойных насаждений на территории тектонических узлов [Neverov et al., 2019]. На площади Вельско-Устьянского узла были заложены восемь постоянных пробных площадей (п. п.) в основных типах леса в пределах узла, в центре и на контроле. На каждой п.п. отбирались по 30 кернов на высоте 1,3 м в направлении юг–север. Далее были определены показатели макрострукту-

ры (доля поздней древесины, ширина годичного слоя) и микроструктуры (толщина клеточных стенок ранней и поздней древесины). Значения этих показателей напрямую влияют на физико-механические свойства, а следовательно, и качество древесины.

Лишайники являются важнейшим компонентом лесных биогеоценозов. Поэтому с 2016 года на территории Вельско-Устьянского тектонического узла совместно с лабораторией растительных биополимеров проводилось изучение биохимических показателей двух видов лишайников (*Cladonia Stellaris* и *Usnea Florida*). Также были проанализированы данные их элементного состава. Подробно методика исследований изложена в работах авторов [Belyaev et al., 2019].

Результаты исследования и их обсуждение.

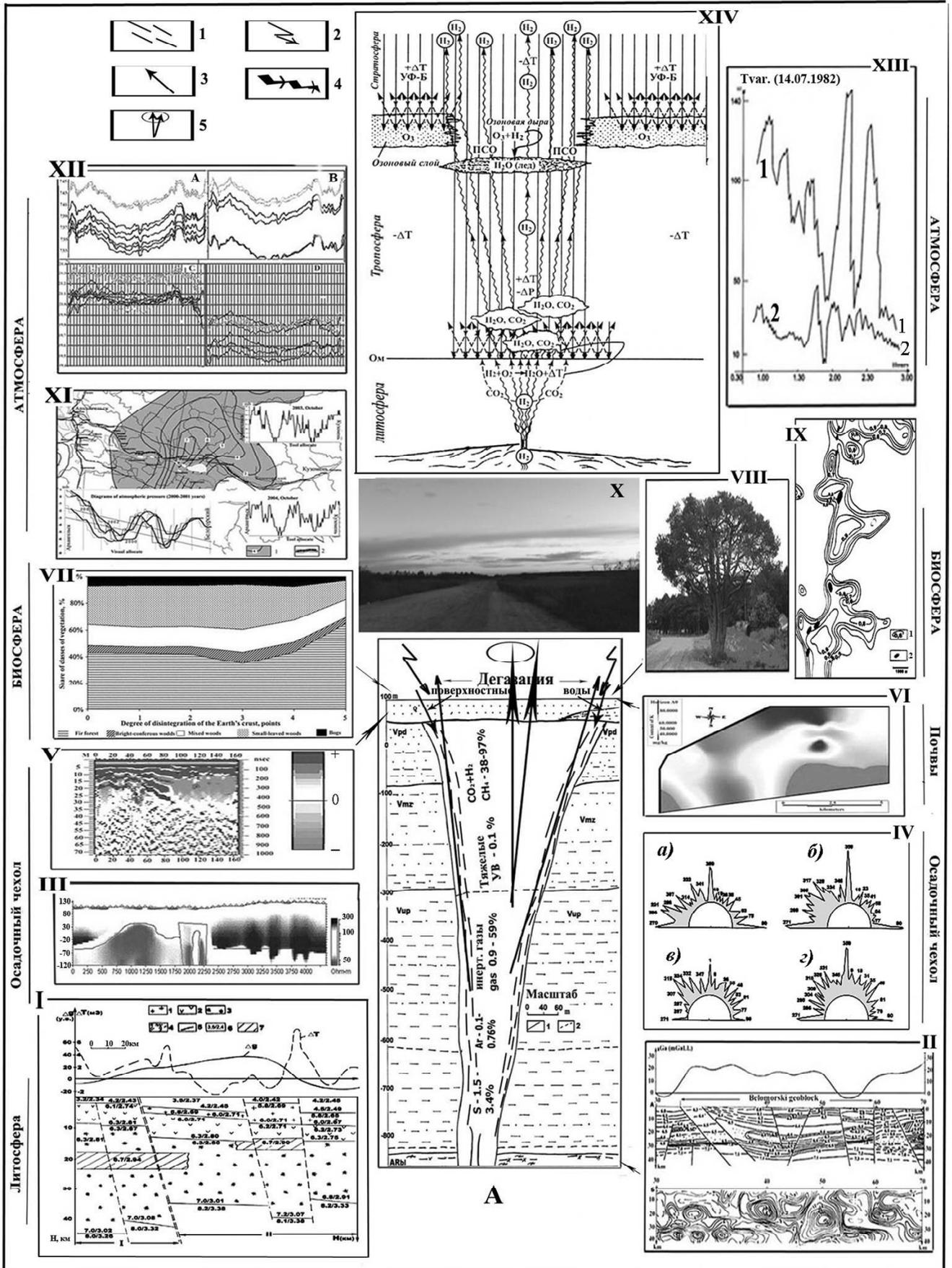
Рассмотрим модель межгеосферного взаимодействия тектонических узлов по уровням взаимодействия снизу вверх (см. рис. 2) [Кутинов, Чистова, 2012; Кутинов и др., 2020]. Следует отметить, что в приведенную в статье модель не включены данные по астеносфере и ионосфере, т. к. они нуждаются в дальнейшем анализе и проверке.

Фундамент. Региональные тектонические узлы образованы пересечением рифейских грабенов северо-западного и трансблоковых зон меридионального и северо-восточного простираний (см. рис. 2, I, II). Узлы их сопряжения характеризуются высокой блоковой делимостью, повышенной сейсмичностью и аномальными значениями теплового поля. В целом, тектонические узлы представляют собой динамопару, функционировавшую в режиме растяжения–сжатия.

Венд-палеозойский осадочный чехол. В осадочном чехле большинству разломов соответствуют узкие зоны трещиноватости, флексуобразные перегибы. Как показывают наши данные, по северной границе Евразийской плиты на современном этапе достаточно велика роль сдвиговой составляющей [Кутинов, Беленович, 2007]. Таким образом, на пересечении сдвиговых структур с нарушениями других простираний может возникать вертикальный канал, образованный по типу трансформных разломов.

По узлам тектонических нарушений наблюдается подъем глубинных минерализованных вод (см. рис. 2, III, V) являющихся транспортером глубинных газов. Узлы тектонических нарушений, имея сложную структуру проводимости, являются источниками наведенных вихревых токов, изменяющих общую картину геомагнитного поля, что подтверждается характером короткопериодных геомагнитных вариаций (см. рис. 2, XIII).

Верхняя часть разреза. В верхней части разреза наблюдаются палеодолины сложного строения с глубиной вреза до 200 м, являющиеся «гидрогеологическими окнами» [Кутинов, Чистова, 2004]. Наблюдается усиленный водообмен между поверхностными и глубинными горизонтами, который характерен не только для палеодолин, но и для зон



АТМОСФЕРА

БИОСФЕРА

Осадочный чехол

Литосфера

АТМОСФЕРА

БИОСФЕРА

Почвы

Осадочный чехол

Литосфера

повышенной трещиноватости (см. рис. 2, V). К верхней части разреза приурочены и комплексные геохимические аномалии. О протекающих здесь гидрохимических процессах указывает и повышенная намагниченность четвертичных отложений [Кутинов, Чистова, 2004].

Современный рельеф. По распределению значений высот узлы делятся на три группы [Кутинов и др., 2019] (рис. 3). Первая группа – большая площадь узла (до 160 тыс. ячеек, размер ячейки 30×30 м), подразделяется на две подгруппы: 1а – высоты до 150 м, 1б – высоты до 350 м; вторая группа – узлы средних размеров (средняя площадь узла до 60 тыс. ячеек), также подразделяется на две подгруппы: 2а – высоты до 100 м, 2б – высоты до 250 м; третья группа узлов – площадь до 20 тыс. ячеек, преобладающие высоты от 50 до 150 м без резко выраженных пиков. Показатель расчлененности изменяется от 0 до 1,75. Максимум (по площади) характеризуется показателем 0,5–0,75 и углами наклона склонов 1,5° [Кутинов и др., 2019]. Из исследованных к группе 1а относятся Зимнебережный, Кенозерский и Лекшмозерский тектонические узлы; к группе 1б – Холмогорский и Емецкий; к группе 2а – Вельско-Устьянский узел (см. рис. 1).

На первый взгляд, пространственной закономерности распределения групп узлов не просматривается. В то же время подгруппа 1а тяготеет к границе Онежского грабена, а подгруппа 1б – к крупным возвышенностям рельефа, испытывающим современное воздымание.

Распределение значений индекса расчлененности и углов наклона склонов имеет одинаковый модальный характер, что свидетельствует об однотипных процессах, в первую очередь эрозионных, на площади тектонических узлов. Однако при этом амплитуда значений по подгруппам различается (максимальные значения – у первой группы, мини-

мальные – у подгруппы 2а). К подгруппе 1б относятся Зимнебережный кимберлитовый район и площади, перспективные на обнаружение кимберлитовых районов и полей по геохимическим данным. Участки, перспективные на обнаружение нефти и газа в Мезенской синеклизе [Кутинов и др., 2019], также, в основном, относятся к подгруппе 1б, что говорит о разных геохимических обстановках.

Педосфера. Результаты исследований содержания калия и фосфора в почвах в районе тектонического узла [Кутинов и др., 2009] показывают, что чем ближе к центру узла пересечения тектонических дислокаций, тем содержание исследуемых элементов выше (см. рис. 2, VI).

Биота. Наблюдается изменение площадной структуры растительного покрова в узлах тектонических нарушений. С ними также совпадают места гибели морских звезд и рыб, дихотомии деревьев, участки загрязнения почв и повышенного содержания тяжелых металлов в коре деревьев (см. рис. 1). Таким образом, возможен подток минерализованных вод и дегазация из глубоких горизонтов земной коры. К тому же, во время магнитных бурь не исключено и изменение ионного состава вод. Не меньшее значение имеют и газовые составляющие зон региональных разломов.

Атмосфера. В 2001–2019 гг. нами проводились измерения атмосферного давления над тектоническими узлами, был установлен факт постоянного «дефицита» атмосферного давления (до 22 mb). Минимумы имеют сложное строение с повышением значений в центре и понижением по периферии (см. рис. 2, XI, XII). Неоднократные измерения, проведенные в разные годы, показывают, что выделенные минимумы являются статичными и не претерпевают сезонных изменений. Такое строение барического поля обеспечивает ускоренное выпадение атмосферных осадков. Установлено, что жидкие



Рис. 2. Модель взаимодействия геосфер в районах тектонических узлов [Кутинов, Чистова, 2012; Кутинов и др., 2020]. А – строение тектонического узла; литосфера: I–II – разрез по профилям ГСЗ [Кутинов, Чистова, 2004]; III – геоэлектрический разрез [Коротков и др., 2007]; IV – розы-диаграммы элементов-индикаторов разломов: а – поля силы тяжести; б – магнитного поля; в – космофотолитнементов; г – гидросети; V – результаты георадиолокационных исследований; почвы: VI – содержание К в горизонте А0 [Кутинов и др., 2009]; биосфера: VII – структура растительного покрова [Гофаров и др., 2006]; VIII – дихотомия деревьев; IX – распределение корреляции между Mn и Zn в коре деревьев [Кутинов, Чистова, 2004]; атмосфера: X – структура облачности; XI – строение атмосферного минимума; XII – графики атмосферного давления и содержания кислорода; XIII – графики магнитных вариаций в тектоническом узле и за его пределами [Кутинов, Чистова, 2004]; XIV – модель воздействия потока глубинных газов [Сывороткин, 2002]. 1 – зоны повышенной раздробленности и подтока глубинных газов и минерализованных вод; 2 – участки повышенной плотности гроз; 3 – потоки ультрафиолета; 4 – потоки газов; 5 – схема прецессии структурного блока (тело разлома) [Спивак и др., 2009]

Fig. 2 Model of geosphere interaction within the areas of tectonic nodes [Kutinov, Chistova, 2012; Kutinov, et al., 2020]. A – structure of the tectonic node; lithosphere: I–II – sections along the DSS profiles [Kutinov, Chistova, 2004]; III – geoelectric section [Korotkov et al., 2007]; IV – rose-diagrams of fault indicators: а – fields of gravity; б – magnetic field; в – space photo lineaments; г – hydrographic network; V – results of geo-radar survey; soils: VI – K content in A0 horizon [Kutinov et al., 2009]; biosphere: VII – structure of vegetation cover [Gofarov et al., 2006]; VIII – dichotomy of trees; IX – correlation between Mn and Zn in the bark of trees [Kutinov, Chistova, 2004]; atmosphere: X – cloud structure; XI – structure of the atmospheric minimum; XII – graphs of atmospheric pressure and oxygen concentration; XIII – graphs of magnetic variations within and beyond the tectonic node [Kutinov, Chistova, 2004]; XIV – model of the impact of deep-earth gases flow [Syvorotkin, 2002]. 1 – areas of increased fragmentation and inflow of deep-earth gases and mineralized water; 2 – areas of increased thunderstorm occurrence; 3 – ultraviolet streams; 4 – gas flows; 5 – the scheme of the precession of a structural block (body of a fault) [Spivak et al., 2009]

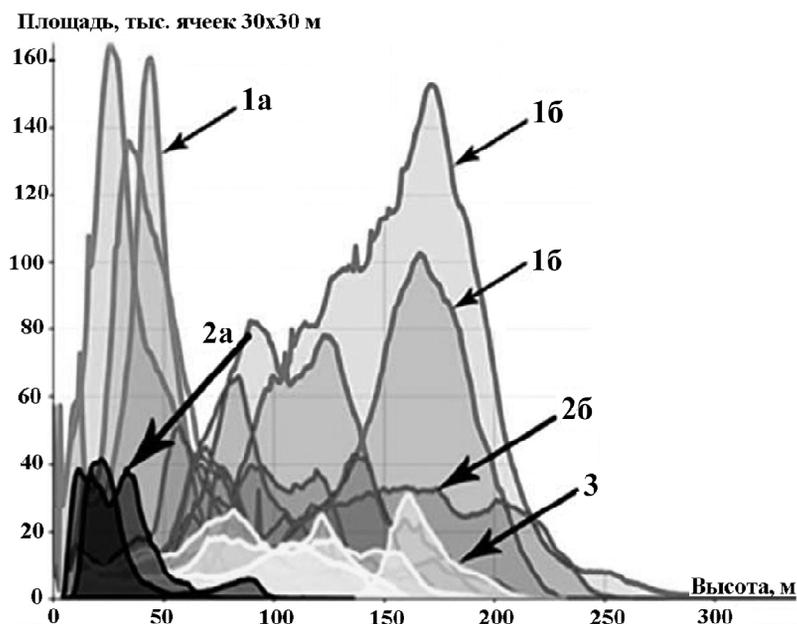


Рис. 3. Распределение высот рельефа на площади тектонических узлов [Кутинов и др., 2019]. Группы узлов: 1 – площадь узлов (до 160 тыс. ячеек): 1а – высоты до 150 м, 1б – высоты до 350 м; 2 – узлы средних размеров (средняя площадь узла до 60 тыс. ячеек): 2а – высоты до 100 м, 2б – высоты до 250 м; 3 – площадь до 20 тыс. ячеек, преобладающие высоты от 50 до 150 м без резко выраженных пиков

Fig. 3. Distribution of relief altitudes within the area of tectonic nodes [Kutinov et al., 2019]. Groups of tectonic nodes: 1 – node area (up to 160 000 cells): 1a – heights up to 150 m, 1b – heights up to 350 m; 2 – nodes of medium size (average area of a node up to 60 000 cells): 2a – heights up to 100 m, 2b – heights up to 250 m; 3 – an area of up to 20 thousand cells, prevailing heights from 50 to 150 m without sharp peaks

осадки в центре тектонических узлов в течение последних 9 лет (время наблюдений) выпадали значительно реже, а их количество на 26–38% меньше. Выпадение снежного покрова на периферии узлов происходит раньше (при большей глубине снежного покрова), а стаивание – позже, чем на фоновых территориях [Кутинов и др., 2013]. Такое распределение осадков влияет на растительные сообщества и на пространственную локализацию калия и фосфора в почвах в районах тектонических узлов. Во всех случаях было зафиксировано снижение содержания кислорода по периферии Холмогорского узла (см. рис. 2, XII), что связано, по мнению авторов, с подтоком глубинных газов, в первую очередь CO_2 . Это в принципе подтверждается характером «озоновых дыр» над территорией севера Русской плиты [Сывороткин, 2002]. Воздействие дегазации по узлам тектонических нарушений находит свое отражение и в динамике поголовья ихтиофауны Белого моря.

Изменение динамики короткопериодных вариаций в момент магнитных бурь в тектоническом узле (см. рис. 2, XIII) и наличие зон повышенной проводимости (см. рис. 2, Ш) позволяют предположить возникновение в них наведенных магнитотеллурических токов и, как следствие, ионизацию воздуха над узлами разломов. Своеобразная структура облачности над узлами (повышенная плотность облаков по периферии узлов и их отсутствие в центре) (см. рис. 2, X) говорит об изменении электрической проводимости атмосферного воздуха и возможной глубинной дегазации. Этот вывод подтверждается

также повышенной частотой прохождения гроз по периферии тектонических узлов по сравнению с их центрами (в три–четыре раза), что сказывается и на частоте лесных пожаров. На Беломорско-Кулойском плато (Зимнебережный узел) около 70% лесных пожаров возникает от молний.

Подобные явления отражают межгеосферные взаимодействия в системе литосфера–атмосфера–биосфера. Кроме того, в результате лесных пожаров увеличивается содержание CO_2 .

Таким образом, наши данные свидетельствуют о наличии воздействия тектонических нарушений на окружающую среду за счет возникновения наведенных магнитотеллурических токов, глубинной дегазации и изменения структуры барического поля. Наблюдается встречная система «воздействие–отклик», т. е. не только изменения геомагнитного поля и атмосферного давления воздействуют на напряженно-деформированное состояние геологической среды, но и сама среда воздействует на гелиометеорологические параметры. В районе тектонических узлов формируются вертикальные сквозные каналы сложного межгеосферного взаимодействия, захватывающие литосферу, гидросферу, биосферу и атмосферу.

Такие особенности протекания процессов на уровне литосфера–атмосфера не могут не сказаться на состоянии биоты в районах тектонических узлов (см. рис. 1). В результате проведенных исследований установлено [Belyaev et al., 2019; Беляев и др., 2018; Неверов, Беляев, 2018; Tyukavina et al.,

2019; Neverov et al., 2017, 2019; Старицын, Беляев, 2015; Беляев, Дурынин, 2015], что в Архангельской области распространение лиственницы совпадает с территориями тектонических узлов, узлы пересечения тектонических нарушений влияют на строение и свойства древесины хвойных пород, произрастающих на их территориях. Проведенные исследования показали, что в насаждениях сосны и ели в указанных типах леса, произрастающих на территории тектонического узла, показатели макростроения древесины отличаются от контрольных. Достоверные различия у сосны отмечены по доле поздней древесины (табл. 1).

Если говорить о микроструктурных показателях, то обращает внимание различие в толщине клеточной стенки ранней и поздней древесины. Кроме того, при анализе образцов древесины было подсчитано количество пораженных корневой губкой (гриб *Heterobasidion annosum Fr.*) деревьев (табл. 2). В насаждениях одноименных типов леса, расположенных на территории тектонических узлов, видовое разнообразие растительности значительно выше, в том числе и лекарственных видов растений; морфометрические показатели некоторых видов растений, которые относятся к лекарственным, изменя-

ются в зависимости от взаимного положения зарослей и тектонических узлов (периферия – центр).

Изучение видового разнообразия в сосняках-брусничниках и ельниках-черничниках средней подзоны тайги показало, что в насаждениях, расположенных на территории тектонического узла, разнообразие растительности значительно выше. Так, в ельнике-черничнике, расположенном в центре узла, обнаружено 11 видов растений, а на контроле – семь. В сосняке-брусничнике, соответственно, девять и семь. Установлено, что морфометрические показатели некоторых видов лекарственных растений изменяются в зависимости от положения зарослей по отношению к тектоническим узлам. Сравнительный анализ показателей растений выявил, что доля брусники (*Vaccinium vitis-idaea L.*) в проективном покрытии максимальна на периферии тектонического узла и превышает значения в центре на 4,35%, и на контроле – на 2,76% [Старицын, Беляев, 2015]. Высота растений максимальна на периферии и превышает высоту в центре на 8,85%, на контроле – на 0,42%. Масса побегов с листьями максимальна в центре и превышает периферию на 25,53%, контроль – на 36,3%. Масса сухих листьев брусники максимальна в центре тектонического узла и превышает дан-

Таблица 1

Микроструктура древесины ели и сосны

Пробные площади	Толщина клеточной стенки, мкм					
	Ранняя древесина			Поздняя древесина		
	Толщина клеточной стенки, мкм	Точность опыта, %	Показатель различия	Толщина клеточной стенки, мкм	Точность опыта, %	Показатель различия
Сосняк черничный, контроль	2,86±0,04	1,4	6,3	7,45±0,05	0,6	7,9
Сосняк черничный, центр	3,22±0,04	1,2		8,01±0,05	0,6	
Сосняк сфагновый, контроль	2,79±0,06	2,1	4,2	7,16±0,07	1,0	3,5
Сосняк сфагновый, центр	3,15±0,06	1,9		7,51±0,04	0,8	
Сосняк брусничный, контроль	2,64±0,07	2,6	2,4	3,64±0,09	2,4	3,6
Сосняк брусничный, центр	2,86±0,07	2,4		4,11±0,10	2,4	
Ельник черничный, контроль	3,33±0,16	4,8	2,3	4,25±0,18	4,23	1,05
Ельник черничный, центр	2,91±0,09	3,0		4,01±0,14	3,49	

Примечание. Табличный критерий Стьюдента при вероятности 95% равен 2,0.

Таблица 2

Пораженность деревьев на постоянных пробных площадях корневой губкой (гриб *Heterobasidion annosum Fr.*), % [Беляев, Неверов, 2018]

Тип леса на пробной площади	Положение по отношению к тектоническим узлам	
	Контроль	Тектонический узел (центр)
Ельник-черничник	16	8
Сосняк-брусничник	8	Нет

ный показатель с периферии на 31,65%, с контрольной площади – на 60,93%. Сравнительный анализ показателей багульника болотного (*Ledum palustre* L.) показал, что масса свежесрезанных побегов максимальна на периферии узла. Она выше, чем на контроле, на 19,51% и больше, чем в центре узла в 1,42 раза, а на контрольной площади в 2,07 раза. Высота побегов на периферии и центре узла превышает высоту на контроле соответственно на 9,96 и на 35,03%. Длина листа максимальна на периферии. Она превышает центр на 9,84%, контроль – на 16,39%.

В целом, в насаждениях одноименных типов леса, расположенных на территории тектонических узлов, видовое разнообразие растительности значительно выше, в том числе и лекарственных видов растений. Морфометрические показатели некоторых видов растений изменяются в зависимости от положения зарослей по отношению к тектоническим узлам. Это, вероятно, связано с различиями в количестве осадков за вегетационный период, содержанием микроэлементов в почве и другими показателями среды на таких территориях. Полученные закономерности следует учитывать при оценке

ресурсов лекарственных растений и планировании их заготовки.

В центре узла урожайность брусники и черники значительно меньше ($2,32 \pm 0,41$ и $5,92 \pm 0,96$ г/м²), чем на периферии ($10,88 \pm 1,24$ и $17,44 \pm 2,52$ г/м²) [Старицын, Беляев, 2015] (рис. 4). Аналогично изменяется и количество ягод: в центре собрано брусники и черники $9,32 \pm 1,44$ и $22,32 \pm 3,61$ шт./м², на периферии – $54,68 \pm 8,49$ и $76,48 \pm 9,41$ шт./м². Так, урожайность на 1 м² между центром и периферией отличается на 79% у брусники и на 66% у черники, количество ягод на 1 м² – соответственно на 82% у брусники и на 71% у черники. Возможно, данная зависимость объясняется существенным различием в количестве осадков, особенно в засушливые годы, и разным содержанием микроэлементов в почве. Установлено, что в центре узла содержание витамина С в бруснике $70,86 \pm 4,69$ мг/100 г, в чернике ($55,99 \pm 2,00$) мг/100 г, что значительно больше, чем на периферии – ($43,70 \pm 0,97$) мг/100 г и ($35,30 \pm 5,13$) мг/100 г, соответственно. Таким образом, содержание витамина С отличается на 59% между центром и периферией у брусники и на 62% у черники, максимальное содержание витамина С наблюдается в центре тектони-

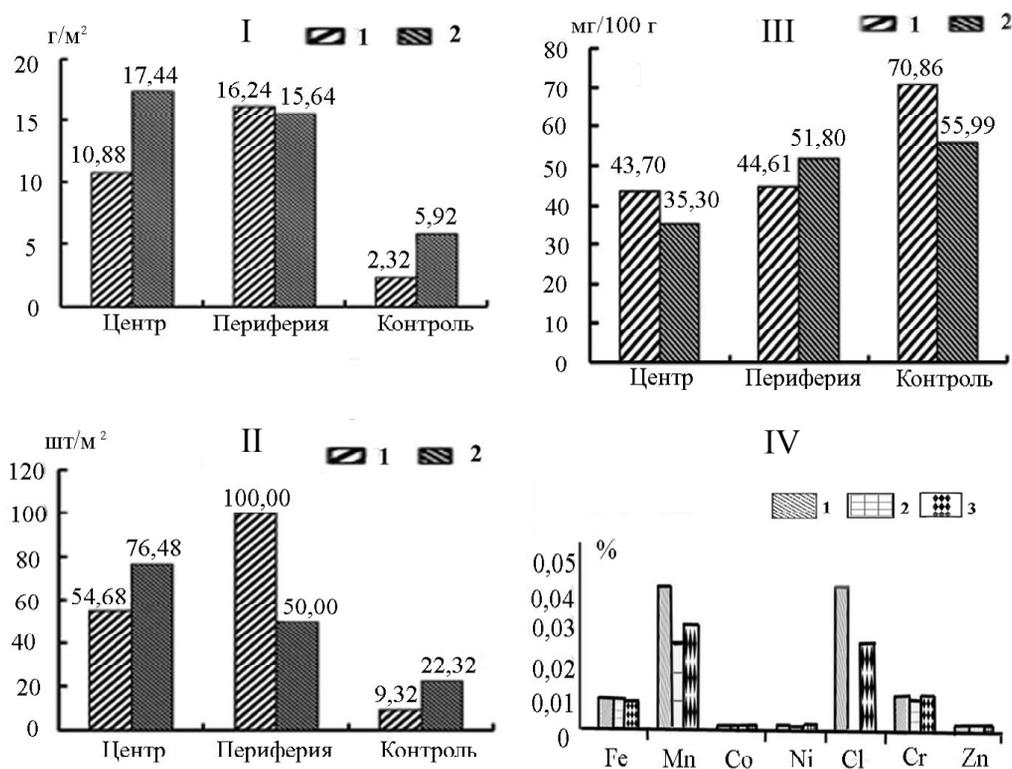


Рис. 4. Урожайность и количественные показатели черники и брусники в пределах Кенозерского тектонического узла [Старицын, Беляев, 2015]. I – Урожайность брусники (*V. vitis-idaea* L.) и черники (*V. Myrtillus* L.) на пробных площадях, II – количество плодов брусники (*V. vitis-idaea* L.) и черники (*V. Myrtillus* L.) на пробных площадях, III – содержание витамина С в бруснике и чернике на пробных площадях: 1 – брусника; 2 – черника; IV – содержание микроэлементов в плодах черники: 1 – центр; 2 – периферия; 3 – контроль

Fig. 4. Productivity and quantity of *V. myrtillus* L. and *V. vitis-idaea* L. within the Kenozero tectonic node [Stariy, Belyaev, 2015]. I – Productivity of *V. vitis-idaea* L. and *V. myrtillus* L. at study plots: 1 – *V. vitis-idaea* L.; 2 – *V. myrtillus* L.; II – number of fruits of *V. vitis-idaea* L. and *V. myrtillus* L. at study plots: 1 – *V. vitis-idaea* L.; 2 – *V. myrtillus* L.; III – Content of vitamin C in *V. vitis-idaea* L. and *V. myrtillus* L. at study plots: 1 – *V. vitis-idaea* L.; 2 – *V. myrtillus* L.; IV – Content of microelements in fruits of *V. myrtillus* L.: 1 – Center; 2 – Peripherals; 3 – Control

ческого узла (см. рис. 4, III). От центра к периферии узла в плодах черники уменьшается содержание калия, магния, натрия, серы, фосфора, меди, никеля, хлора, хрома, цинка; возрастает количество кальция; не изменяется содержание железа (см. рис. 4, IV); содержание кремния и алюминия увеличивается от центра тектонического узла к периферии [Старицын, Беляев, 2015; Неверов, Беляев, 2018].

Биохимические показатели лишайников, произрастающих на территории тектонического узла и за его пределами, существенно различаются практически по всем показателям в течение всего вегетационного периода (рис. 5). Можно отметить, что в

направлении от центра узла к периферии выявлено снижение содержания фенольных соединений на 31%, аскорбиновой кислоты на 29%, зольности на 70%. По содержанию макро- и микроэлементов выявлены другие закономерности [Неверов, Беляев, 2018]. Наибольшее их содержание выявлено в центре тектонического узла, минимальное – на периферии. Различия колеблются от 12% (P) до 85% (Si). За пределами тектонического узла содержание микроэлементов выше, чем на периферии, но значительно меньше, чем в его центре 1% (P) до 80% (Ti). По некоторым элементам различие составляет менее 10% либо отсутствует (K, S, Mn). В среднем разли-

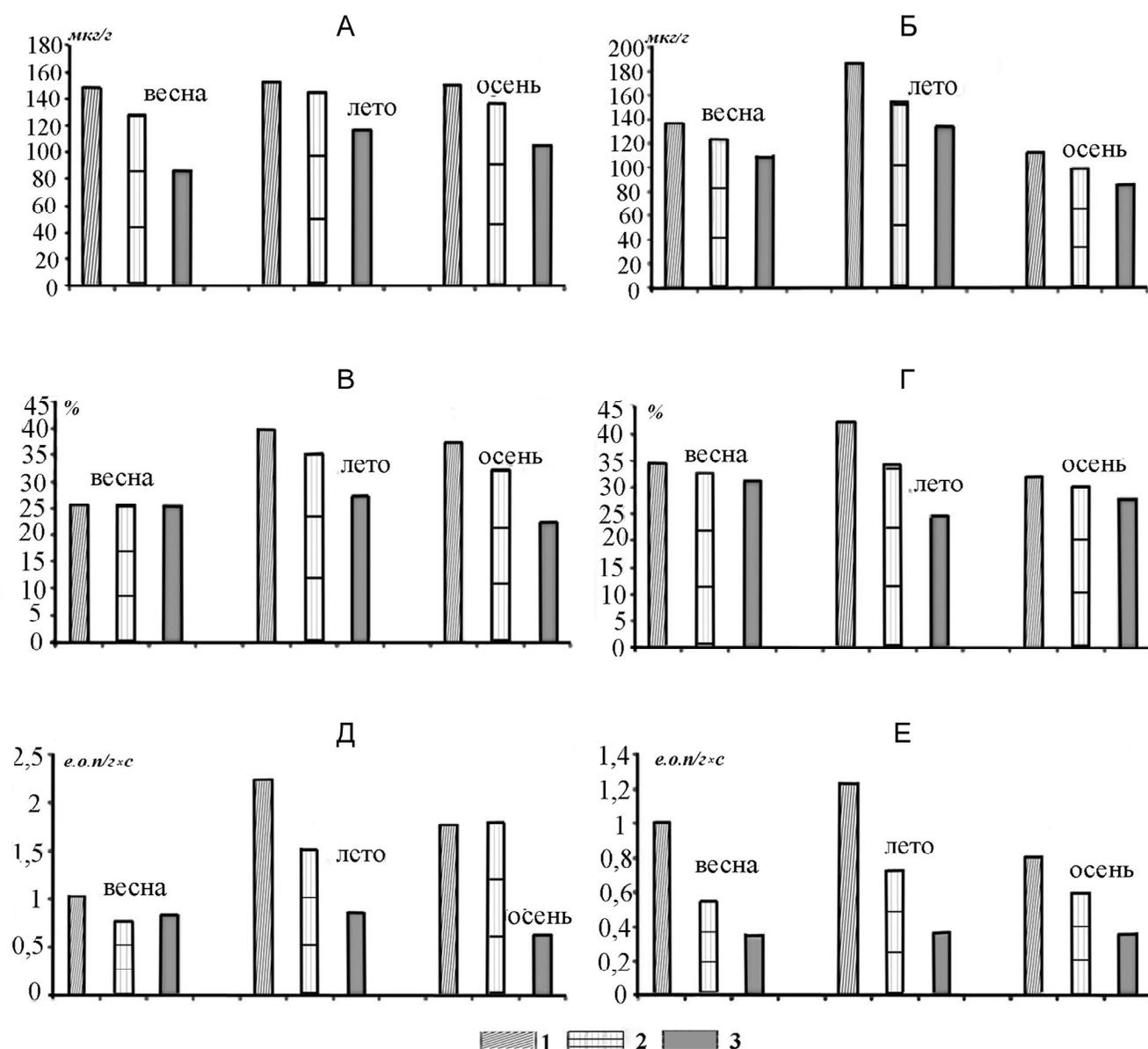


Рис. 5. Биохимические показатели в лишайниках *Cladonia Stellaris* и *Usnea Florida* [Belyaev et al., 2019]: содержание аскорбиновой кислоты в лишайниках (А – *Usnea Florida*, Б – *Cladonia Stellaris*); антиоксидантная активность водных экстрактов лишайников (В – *Usnea Florida*, Г – *Cladonia Stellaris*); каталазная активность (Д – *Usnea Florida*, Е – *Cladonia Stellaris*). 1 – тектонический узел; 2 – его периферия; 3 – контрольная площадка

Fig. 5. Biochemical indicators of *Cladonia Stellaris* and *Usnea Florida* lichens [Belyaev et al., 2019]: ascorbic acid content in lichens (A – *Usnea Florida*, Б – *Cladonia Stellaris*); antioxidant activity of water lichen extracts (В – *Usnea Florida*, Г – *Cladonia Stellaris*); catalysis activity (Д – *Usnea Florida*, Е – *Cladonia Stellaris*). 1 – tectonic node; 2 – its periphery; 3 – control plot

чия между центром узла и контрольной площадкой составляет 48%. В центре тектонического узла в лишайнике *Usnea Florida* происходит накопление Si, Ca, Al, Mg, Fe, Na, Cu, Ti, Cr.

Полученные данные свидетельствуют о значительном накоплении металлов в центре тектонического узла. Известно, что у растений ответная реакция на стрессовый фактор проявляется, прежде всего, в изменении количественного состава веществ (т. н. антиоксидантов), которые имеют большое значение в окислительно-восстановительных процессах, среди которых главная роль отведена аскорбиновой кислоте и фенольным соединениям. Нами установлены высокие концентрации указанных соединений у лишайников, произрастающих непосредственно в центре узла. В целом же следует отметить, что влияние тектонических узлов на биоту на территории севера Русской плиты достаточно значительно и его необходимо учитывать. Сходные результаты были получены и для территории Горного Алтая [Шитов и др., 2009], что говорит об универсальности наблюдаемых процессов.

Плотность потока радона (ППР) на поверхности грунта в различных ландшафтных условиях по данным измерений изменялась от почти полного его отсутствия до относительно значимых величин в природном фоне территории (до 40 мБк/с м²). Максимальные значения ППР совпадают с периферий-

ной частью тектонического узла и с минимальными значениями статичного «территориального минимума» атмосферного давления.

Выводы.

Наши данные свидетельствуют о наличии значимого воздействия тектонических узлов на окружающую среду за счет возникновения наведенных магнитотеллурических токов, глубинной дегазации и изменения структуры барического поля. В районе тектонических узлов формируются вертикальные сквозные каналы сложного межгеосферного взаимодействия, охватывающие литосферу, гидросферу, биосферу и атмосферу и, частично, ионосферу. В районах тектонических узлов формируются участки с аномальными характеристиками свойств окружающей среды как на количественном, так и на качественном уровнях. Причем эти изменения прослеживаются как по латерали, так и по вертикали. Несмотря на разную структуру узлов наблюдаются схожие закономерности изменения параметров окружающей среды. Полученные закономерности позволяют выделять более благоприятные территории для роста основных хозяйственно-ценных древесных пород и планировать их искусственное восстановление. Данные о более высоком содержании витаминов и микроэлементов в плодах брусники и черники, произрастающих на территориях тектонических узлов, позволяют планировать выбор территорий для их сбора.

Благодарности. Исследования проведены в ходе выполнения государственного задания ФГБУН ФИЦКИА РАН «Изучение межгеосферных процессов в районах тектонических структур и узлов их пересечений в геологических условиях древних платформ на примере Архангельской области» (№ АААА-А18-118012390305-7) и при финансовой поддержке РФФИ-Арктика, проект № 18-05-60024.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Беляев В.В., Дурынин С.Н. О влиянии тектонических узлов на популяции некоторых лекарственных растений Архангельской области // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. 2015. № 5. С. 131–135.

Беляев В.В., Неверов Н.А., Старицын В.В., Бойцова Т.А. Свойства некоторых компонентов фитоценозов, произрастающих на территории тектонических узлов (Архангельская область) // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. 2018. № 4. С. 197–204.

Гофаров М.Ю., Болотов И.Н., Кутинов Ю.Г. Ландшафты Беломорско-Кулойского плато: Тектоника, подстилающие породы, рельеф и растительный покров. Екатеринбург: УрО РАН, 2006. 158 с.

Коротков Ю.В., Кутинов Ю.Г., Чистова З.Б. Возможности электроразведки при поисках кимберлитовых тел Архангельской алмазоносной провинции // Вестник Поморского Университета. Сер. Естественные и точные науки. 2007. № 2(12). С. 26–34.

Кутинов Ю.Г., Беленович Т.Я. Современная геодинамическая модель Севера Евразии // Геофизика XXI столетие: 2006 год. Сборн. трудов геофиз. чтений им. В.В. Федьнского. М., 2007. С. 119–124.

Кутинов Ю.Г., Чистова З.Б. Иерархический ряд проявлений щелочно-ультраосновного магматизма Архангельской алмазоносной провинции. Их отражение в геолого-геофизических материалах. Архангельск: ОАО «ИПП «Правда Севера»», 2004. 283 с.

Кутинов Ю.Г., Чистова З.Б., Беляев В.В., Бурлаков П.С. Влияние тектонических нарушений (дегазация, наведенные токи,

вариации) севера Русской плиты на окружающую среду (на примере Архангельской области) // Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле. 2009. № 2(14). С. 77–89.

Кутинов Ю.Г., Чистова З.Б., Гофаров М.Ю. Выявление индикационных признаков площадей перспективных на поиски коренных источников алмазов в условиях Архангельской алмазоносной провинции // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2011. Т. 8. № 2. С. 150–156.

Кутинов Ю.Г., Чистова З.Б., Гофаров М.Ю., Минеев А.Л. Современная тектоническая активность Кандалакшского грабена по комплексу данных // Вестн. САФУ. Сер. Естеств. Науки. 2013. № 4. С. 21–29.

Кутинов Ю.Г., Чистова З.Б., Полякова Е.В., Минеев А.Л. Применение цифровых моделей рельефа (ЦМР) для выделения тектонических структур древних платформ (на примере северо-запада Русской плиты). Пенза: научн.-изд. центр «Социосфера», 2020. 378 с.

Неверов Н.А., Беляев В.В. Влияние геоэкологических условий среды на некоторые виды растительных ресурсов Севера // Евразийское научное объединение. 2018. № 1(35). С. 225–228.

Стивак А.А., Кишкина С.Б., Локтев Д.Н., Харламов В.А. Прецессия структурного блока земной коры // Проблемы взаимодействия геосфер. Сборник научных трудов ИДГ РАН. М.: ГЕОС, 2009. С. 94–100.

Старицын В.В., Беляев В.В. Урожайность и содержание витамина С в бруснике (*Vaccinium vitis-idaea* L.) и чернике (*Vaccinium myrtillus* L.) в пределах Плесецкого тектонического

узла // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. 2015. № 1(343). С. 78–84.

Сывороткин В.Л. Глубинная дегазация Земли и глобальные катастрофы. М.: ООО «Геоинформцентр», 2002. 250 с.

Шитов А.В., Воронков В.Г., Воронкова Е.Г. Об изучении влияния геологических процессов на биологические системы (на примере Горного Алтая) // Многообразие современных геологических процессов и их инженерно-геологическая оценка: труды международной научно-практической конференции. М.: МГУ, 2009. С. 30–32.

Belyaev V.V., Bogolytsyn K.G., Brovko O.S., Kutinov Yu.G., Neverov N.A., Palamarchuk I.A., Boytsova T.A., Chukhchin D.G., Zhiltsova D.V., Gorshkova N.A. Influence of tectonic knot on the conditions and properties of some biogeocenosis components in the subarctic area. *European Journal of Environmental Sciences*, 2019, vol. 9, no. 1, p. 5–11. DOI: 10.14712/23361964.2019.1.

Koren H. Cloud detection in MODIS images. NR note SAMBA/28/09, 2009, 33 p.

Neverov N.A., Belyaev V.V., Chistova Z.B., Kutinov Y.G., Staritsyn V.V., Polyakova E.V., Mineev A.L. Effects of geo-ecological conditions on larch wood variations in the North European part of Russia (Arkhangelsk region). *Journal of Forest Science*, 2017, no. 63(4), p. 192–197. DOI: 10.17221/102/2015-JFS.

Neverov N.A., Belyaev V.V., Chistova Z.B., Kutinov Y.G., Staritsyn V.V., Polyakova E.V., Mineev A.L., Tyukavina O.N. Influence of morphometric parameters of relief on macro- and microstructure of wood *Pinus silvestris* L. in the North of the Russian plain. *J. For. Sci.*, 2019, no. 65, p. 79–85. DOI: 10.17221/123/2018-JFS.

Tyukavina O.N., Neverov N.A., Klevtsov D.N. Influence of growing conditions on morphological and anatomical characteristics of pine needles in the northern taiga. *J. For. Sci.*, 2019, no. 65, p. 33–39. DOI: 10.17221/126/2018-JFS.

Электронные ресурсы

Кутинюв Ю.Г., Чистова З.Б. Комплексная модель процессов межгеосферного взаимодействия в тектонических узлах Севера Русской плиты // Альманах Пространство и Время. 2012. Т. 1. Вып. 1. [Электронное научное издание]. URL: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_18155740_84330422.pdf (дата обращения 10.08.2020).

Кутинюв Ю.Г., Чистова З.Б., Полякова Е.В., Минеев А.Л. Цифровое моделирование рельефа для прогноза площадей перспективных на нефть и алмазы // Актуальные проблемы нефти и газа. 2019. Вып. 1(24). URL: <https://URL:http://oilgasjournal.ru> (дата обращения 10.08.2020).

Поступила в редакцию 29.01.2020

После доработки 14.08.2020

Принята к публикации 06.07.2020

Y.G. Kutinov¹, Z.B. Chistova², N.A. Neverov³

NEW DATA ON THE IMPACT OF TECTONIC NODES ON THE STATE OF THE ENVIRONMENT AT THE NORTH OF THE RUSSIAN PLATE

Effects of tectonic nodes on environmental components are investigated applying theoretical analysis of materials, digital relief modeling, and monitoring observations to study the quantitative characteristics of abiotic and biogenic processes within tectonic nodes. The structure of vegetation cover, changes in the yield of wild berries, mineral nutrients in soil and berries, physical and mechanical properties of wood, atmospheric pressure, oxygen concentration in the atmosphere, amount of precipitation and frequency of thunderstorms were studied within tectonic node areas. Nodes at the intersection of tectonic disturbances are also sources of induced vortex currents, changing the overall picture of geomagnetic field (a kind of magnetic dipoles) and parameters of the atmospheric pressure field. Combined with the inflow of fluids and deep-earth gases, they create local anomalous areas that affect the environment. Thus, within the tectonic nodes there are areas with abnormal quantitative and qualitative characteristics of environmental parameters.

The following phenomena are observed: (1) permanent «deficit» of atmospheric pressure (up to 25 mb) over tectonic nodes; (2) significantly different frequency of rainfall and its amount in the central and peripheral parts of the nodes; (3) earlier snow falls on the periphery of nodes, deeper snow cover and later snow melting compared with the background areas; (4) deep degassing area within the periphery of the nodes, as well as the higher frequency of thunderstorms and forest fires; (5) higher plant diversity within the nodes of tectonic dislocations; (6) fluctuating electrical conductivity of the air indicated by specific structure of clouds over the nodes.

Key words: degassing, variations of magnetic field, induced currents, atmospheric pressure

Acknowledgements. The study was carried out under the state assignment of the N. Laverov Federal Center for Integrated Arctic Research of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences (the state registration no. AAAA-A18-118012390305-7) and the state registration no. AAAA-A18-118012390305-7 and financially supported by the Russian Foundation for Basic Research – Arctic (project no. 18-05-60024).

¹ N. Laverov Federal Center for Integrated Arctic Research of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Laboratory of Deep Geological Structure and Dynamics of the Lithosphere, Chief Scientific Researcher, D.Sc. in Geology and Mineralogy; *e-mail:* .kutinov@fciarctic.ru

² N. Laverov Federal Center for Integrated Arctic Research of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Laboratory of Deep Geological Structure and Dynamics of the Lithosphere, Leading Scientific Researcher, Head of Laboratory, PhD. in Geology and Mineralogy; *e-mail:* zchistova@yandex.ru

³ N. Laverov Federal Center for Integrated Arctic Research of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Laboratory of Deep Geological Structure and Dynamics of the Lithosphere, Senior Scientific Researcher, PhD. in Agricultural Sciences; *e-mail:* na-neverov@yandex.ru

REFERENCES

- Belyaev V.V., Bogolytsyn K.G., Brovko O.S., Kutinov Yu.G., Neverov N.A., Palamarchuk I.A., Boytsova T.A., Chukhchin D.G., Zhiltsova D.V., Gorshkova N.A. Influence of tectonic faults on the conditions and properties of some components of a biogeocenosis in a subarctic area, *European Journal of Environmental Sciences*, 2019, vol. 9, no. 1, p. 5–11. DOI: 10.14712/23361964.2019.1.
- Belyaev V.V., Durynin S.N. O vliyaniy tektonicheskikh uzlov na populyatsii nekotorykh lekarstvennykh rasteniy v Arkhangel'skoi oblasti [About the tectonic outgrowth influence on the population of some medicinal plants in Arkhangelsk region], *Vestnik Krasnoyarskogo gosudarstvennogo agrarnogo un-ta*, 2015, no. 5, p. 131–135. (In Russian)
- Belyaev V.V., Neverov N.A., Staritsyn V.V., Boitsova T.A. Svoystva nekotorykh komponentov fitotsenozov, proizrastayushchikh na territorii tektonicheskikh uzlov (Arkhangel'skaya oblast') [Properties of some components of phytocenoses on the territory of tectonic knots (Arkhangelsk region)], *Vestnik Krasnoyarskogo gosudarstvennogo agrarnogo un-ta*, 2018, no. 4, p. 197–204. (In Russian)
- Gofarov M.Yu., Bolotov I.N., Kutinov Yu.G. *Landshafty Belomorsko-Kuloiskogo plato: Tektonika, podstilayushchie porody, rel'ef i rastitel'nyi pokrov* [Landscapes of the Belomorsk-Kuloy plateau: Tectonics, parent rocks, relief and vegetation]. Ekaterinburg, UrO RAN, 2006, 158 p. (In Russian)
- Hans Koren. *Cloud detection in MODIS images*. NR note SAMBA/28/09, 2009. 33 p.
- Korotkov Yu. V., Kutinov Yu. G., Chistova Z. B. Vozmozhnosti elektrorazvedki pri poiskakh kimberlitovykh tel Arkhangel'skoi almazonosnoi provintsii [Gеоelectric opportunities for prospecting of kimberlite bodies of the Arkhangelsk diamondiferous province], *Vestnik Pomorskogo Un-ta. Ser. Estestvennye i tochnye nauki*, 2007, no. 2(12), p. 26–34. (In Russian)
- Kutinov Yu. G., Belenovich T. Ya. [The modern geodynamic model of the North of Eurasia], *Geofizika XXI stoletie: 2006 god: Sborn. trudov geofiz. chtenij im V.V. Fedynskogo* [Geophysics of the 21st century: 2006. Proceedings of the Geophysical Readings from V.V. Fedynsky], Moscow, 2007, p. 119–124. (In Russian)
- Kutinov Yu.G., Chistova Z.B. *Ierarkhicheskii ryad proyavlenii shchelochno-ul'traosnovnogo magmatizma Arkhangel'skoi almazonosnoi provintsii. Ikh otrazhenie v geologo-geofizicheskikh materialakh*. [A hierarchical series of manifestations of alkaline-ultra-basic magmatism of the Arkhangelsk diamond-bearing province. Their reflection in geological and geophysical materials] Arkhangelsk, OAO «IPP «Pravda Severa», 2004, 283 p. (In Russian)
- Kutinov Yu.G., Chistova Z.B., Belyaev V.V., Burlakov P.S. Vliyaniye tektonicheskikh narushenii (degazatsiya, navedennyye toki, variatsii) severa Russkoi plity na okruzhayushchuyu sredu (na primere Arkhangel'skoi oblasti) [The northern part of the Russian Plate: effects of the tectonic structures on the environment (case study of the Arkhangelsk region)], *Vestnik KRAUNC. Nauki o Zemle*, 2009, no. 2(14), p. 77–89. (In Russian)
- Kutinov Yu.G., Chistova Z.B., Gofarov M.Yu. Vyyavlenie indikatsionnykh priznakov ploshchadei perspektivnykh na poiski korennykh istochnikov almazov v usloviyakh Arkhangel'skoi almazonosnoi provintsii [Allocation of the indication criteria of the areas perspective on searches of original sources in conditions of Arkhangelsk diamonds provinces], *Sovremennyye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*, 2011, vol. 8, no. 2, p. 150–156. (In Russian)
- Kutinov Yu.G., Chistova Z.B., Gofarov M.Yu., Mineev A.L. Sovremennaya tektonicheskaya aktivnost' Kandalakshskogo grabena po kompleksu dannykh [Current tectonic activity of the Kandalaksh graben according to a set of data], *Vestn. SAFU. Ser. Estestv. Nauki*, 2013, no. 4, p. 21–29. (In Russian)
- Kutinov Yu.G., Chistova Z.B., Polyakova E.V., Mineev A.L. *Primeneniye tsifrovyykh modelei rel'efa (TSMR) dlya vydeleniya tektonicheskikh struktur drevnikh platform (na primere severozapada Russkoi plity)* [Application of digital relief models (DEM) to identify the tectonic structures of ancient platforms (case study of the north-west of the Russian Plate)]. Penza, nauchn.-izd. centr «Sociosfera». 2020, 378 p. (In Russian)
- Neverov N.A., Belyaev V.V. Vliyaniye geoeekologicheskikh uslovii sredy na nekotorye vidy rastitel'nykh resursov Severa [The impact of geoeological environmental conditions on some plant resources of the North], *Evrasijskoe nauchnoe obshchestvennoye nauchnoye izdaniye*, 2018, no. 1(35), p. 225–228. (In Russian)
- Neverov N.A., Belyaev V.V., Chistova Z.B., Kutinov Y.G., Staritsyn V.V., Polyakov E.V., Mineev A.L. Effects of geo-ecological conditions on larch wood variations in the North European part of Russia (Arkhangelsk region), *Journal of Forest Science*, 2017, no. 63(4), p. 192–197. DOI: 10.17221/102/2015-JFS.
- Neverov N.A., Belyaev V.V., Chistova Z.B., Kutinov Y.G., Staritsyn V.V., Polyakova E.V., Mineev A.L., Tyukavina O.N. Influence of morphometric parameters of relief on macro- and microstructure of wood *Pinus silvestris* L. in the North of the Russian plain, *J. For. Sci.*, 2019, no. 65, p. 79–85. DOI: 10.17221/123/2018-JFS.
- Shitov A.V., Voronkov V.G., Voronkova E.G. [On the study of the impact of geological processes on biological systems (case study of the Altai Mountains)], *Mnogoobrazie sovremennykh geologicheskikh processov i ikh inzhenerno-geologicheskaya ocenka: trudy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii* [The variety of modern geological processes and their engineering-geological assessment: proceedings of the international research to practice conference]. Moscow, Mosk. gos. un-t, 2009, p. 30–32. (In Russian)
- Spivak A.A., Kishkina S.B., Loktev D.N., Kharlamov V.A. [Precession of a structural block of the Earth's crust] *Problemy vzaimodeystviya geosfer. Sbornik nauchnykh trudov IDG RAN* [Issues of the geosphere interaction. Collection of research papers of the Institute of Geosphere Dynamics of the RAS]. Moscow, GEOS, 2009, p. 94–100. (In Russian)
- Staritsyn V.V., Belyaev V.V. Urozhainost' i sodержaniye vitamina C v brusnike (*Vaccinium vitis-idaea* L.) i chernike (*Vaccinium myrtillus* L.) v predelakh Plesetskogo tektonicheskogo uzla. [Productivity and Vitamin C Content in Blueberry (*Vaccinium Myrtillus* L.) and Cowberry (*Vaccinium Vitis-Idaea* L.) in the Plesetsk Tectonic Centre], *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenij. Lesnoj zhurnal*, 2015, no. 1(343), p. 78–84. (In Russian)
- Syvorotkin V.L. *Glubinnaya degazatsiya Zemli i global'nyye katastrofy*. [Earth's deep degassing and global catastrophes] Moscow.: OOO «Geoinformcentr», 2002, 250 p. (In Russian)
- Tyukavina O.N., Neverov N.A., Klevtsov D.N. Influence of growing conditions on morphological and anatomical characteristics of pine needles in the northern taiga, *J. For. Sci.*, 2019, no. 65, p. 33–39. DOI: 10.17221/126/2018-JFS.
- Web-sources*
- Kutinov Yu.G., Chistova Z.B. Kompleksnaya model' protsessov mezhgeosfernogo vzaimodeystviya v tektonicheskikh uzlakh Severa Russkoi plity [Complex model of geospheres interaction processes]. *Jelektronnoye nauchnoye izdanie Al'manah Prostranstvo i Vremya*, 2012, vol. 1, no. 1. (In Russian) URL: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_18155740_84330422.pdf (access date 10.08.2020).
- Kutinov Yu.G., Chistova Z.B., Polyakova E.V., Mineev A.L. Tsifrovoye modelirovaniye rel'efa dlya prognoza ploshchadei perspektivnykh na neft' i almazy [Digital relief simulation for prospecting the areas promising for oil and diamonds], *Aktual'nyye problemy nefi i gaza*, 2019, no. 1(24). URL: <http://oilgasjournal.ru> (access date 10.08.2020). (In Russian)

Received 29.01.2020

Revised 14.08.2020

Accepted 06.07.2020

ГЕОГРАФИЯ ТУРИЗМА

УДК 796.5:338.48

А.Ю. Королев¹

СПЕЦИАЛИЗАЦИЯ И СТРУКТУРА РАЙОНОВ ПРИРОДООРИЕНТИРОВАННОГО ТУРИЗМА

В статье изучаются и конкретизируются понятия природоориентированного туризма. Определяются особенности туристского районирования и специализации районов активного туризма. Изучается структура ненаселенных территорий – ареалов недоступности, расположенных вдали от наиболее удаленных точек инфраструктуры – полюсов недоступности. Исследуется ареал недоступности, расположенный в Кваркушском туристском районе Пермского края.

Все районы активного и спортивного туризма можно разделить на три вида: узкоспециализированные, широко специализированные и неспециализированные. О специализации туристского района говорит наличие категорийных маршрутов и препятствий спортивного туризма. Люди приезжают из отдаленных регионов для занятия активным или спортивным туризмом. Район у туристов ассоциируется с конкретными видами активного туризма, которые являются эталонными и по которым удобна и логична организация путешествий.

На территории Пермского края можно выделить Кваркушский туристский район, ареал недоступности которого будет наиболее привлекательным для активного и спортивного туризма. О формировании туристского района свидетельствуют следующие факторы: наличие пунктов входа, через которые туристы попадают к объектам интереса; на территории данного района завершаются практически все туристские маршруты; активный туризм стал специализацией этой территории. На примере Кваркушского туристского района разработана универсальная модель морфологической структуры ареалов недоступности. При этом каждый ареал имеет границы, входы на территорию, полюс недоступности – самую удаленную точку от инфраструктурных объектов и разные виды зон посещаемости: краткосрочной, долгосрочной, регулярной, нерегулярной и ее отсутствия.

Ключевые слова: туристский район, спортивный туризм, полюс недоступности, ареал недоступности, Пермский край, экстремальный туризм, экологический туризм, активный туризм

Введение. В настоящее время большое развитие получила туристская деятельность природной направленности, объектом которой являются ненаселенные территории. В России имеется для этого много возможностей. В самых удаленных местах ненаселенных территорий находятся точки, которые можно назвать *полюсами недоступности*. Вокруг них формируются *ареалы недоступности*, окруженные со всех сторон инфраструктурными объектами. Именно эти территории и являются основой для организации разных видов природоориентированного туризма [Королев, 2018; Kogolev, Safaryan, 2018]. Для планомерного и устойчивого развития такой деятельности необходимо изучать разнообразные географические и туристские аспекты ареалов недоступности.

В соответствии с вышеизложенным конкретизируется цель настоящего исследования – изучить морфологическую структуру ареалов недоступности, как наиболее привлекательных территорий природоориентированного туризма. Для выполнения этой цели необходимо решить следующие задачи:

1. Разграничить и конкретизировать понятия природоориентированного туризма.

2. Определить специализацию районов активного туризма.

3. Изучить структуру наиболее привлекательного ареала недоступности Пермского края.

4. Создать универсальную модель структуры ареала недоступности.

Материалы и методы исследований. Самым широким понятием в изучаемом виде туристской деятельности является *природоориентированный туризм*. Он включает в себя все виды туристских мероприятий продолжительностью более суток, осуществляемых в природной среде. При этом прохождение маршрута не обязательно, можно просто выехать на природу с целью отдыха.

Более узким понятием, входящим в состав природоориентированного туризма, является *активный туризм*. Существует несколько трактовок данного термина, но, по нашему мнению, наиболее точно отражает суть определение С.Э. Мышлявцевой, которая считает, что активный туризм – это прохождение маршрута активными способами передвижения в слабоизмененной природной среде [Мышлявцева, 2016]. При этом она считает, что в активном туризме осуществляются путешествия только до третьей категории сложности, а все что выше относится уже только к туризму спортивному. При этом в данное понятие входят и все спортивные катего-

¹ Пермский государственный национальный исследовательский университет, кафедра туризма, канд. геогр. н., доцент; e-mail: korolev@psu.ru

рийные маршруты. В отличие от такого подхода в большинстве видов спортивного туризма выделяют от шести категорий сложности.

По нашему мнению, спортивный туризм – это более узкое понятие, входящее в состав активного. По определению он ему соответствует. Все спортивные походы осуществляются активными способами передвижения. В свою очередь, можно дать определение спортивного туризма, которое будет отражать его формальную принадлежность. *Спортивный туризм – это преодоление препятствий в природной среде с максимальным уровнем безопасности, с организацией соревнований и присвоением спортивных разрядов и званий.* Спортивный туризм строго регламентирован [Востоков, Панов, 2001]. Для того чтобы путешествие можно было считать спортивным нужно получить официальный допуск на маршрут в маршрутно-квалификационной комиссии, встать на учет в МЧС.

Также многие авторы выделяют экологический туризм, входящий в состав природоориентированного. Но далеко не все активные походы можно отнести к экологическому туризму, даже если туристы выполняют все природоохранные требования. Существует много определений экологического туризма, наиболее краткое и емкое дает международное общество экотуризма: экологический туризм – это ответственное путешествие в природные территории, которое содействует охране природы и улучшает благосостояние местного населения.

Если быть принципиальным до конца, то экологические путешествия вообще маловероятны. Как бы туристы ни старались не принести вред природной среде, полностью исключить фактора отрицательного воздействия невозможно. Самым минимальным воздействием будет ходьба по тропам, в результате которой почва еще больше уплотняется, при этом вытаптываются растения, под ноги туристам попадают мелкие животные и насекомые. Также наносит отрицательное воздействие инфраструктура, обслуживающая туристов, разведение костров, даже в специально отведенных местах.

Туризм, близкий к экологическому, возможен только в обустроенных ООПТ, где существуют строгие правила посещения и экологические тропы, проложенные так, чтобы наносить минимальный вред.

Попробуем дать определение экологическому туризму, учитывая все перечисленные выше аспекты. *Экологический туризм – это туризм в слабоизмененной природной среде с минимальным отрицательным воздействием на природу.* Основным принципом всех мероприятий должен быть следующий: природная среда после посещения туристами должна остаться не в худшем состоянии, чем была до этого.

Также некоторые авторы выделяют экстремальный туризм, по большей части входящий в состав природоориентированного. Изучая официальные документы Правительства РФ, Федерального агентства по туризму, Российского союза туриндустрии, научную литературу, становится понятно, что

достаточно емкого и логичного определения экстремального туризма нет. В зарубежной литературе вместо этого термина обычно употребляют «приключенческий туризм». Из российских авторов такого же мнения придерживается А.В. Бабкин, считающий экстремальный туризм разновидностью приключенческого [Бабкин, 2008]. Близки к этой точке зрения А.С. Кусков и Ю.А. Джаладян, которые считают экстремальный туризм крайней формой приключенческого [Кусков, Джаладян, 2008]. В.В. Храбовченко считает, что эти понятия являются синонимами [Храбовченко, 2004]. В.А. Квартальнов не выделяет экстремальный туризм как отдельный вид, причисляя его к спортивному туризму [Квартальнов, 2003]. Некоторые авторы выделяют экстремальный туризм в отдельный вид. Так, А.Б. Косолапов считает, что экстремальный туризм – это вид туризма, сопряженный со значительной степенью риска, требующий необходимых навыков и опыта [Косолапов, 2017]. Г.П. Волхонская дает свое определение: «Это самостоятельный вид туризма, выходящий за рамки обычного, опасный вид активного отдыха, связанный с большими физическими нагрузками и риском для жизни» [Волхонская, 2016]. Федерация спортивного туризма России к экстремальному туризму относит туры на маршруты IV–V категории сложности [Востоков, Панов, 2001]. Учитывая мнение других авторов, можно предложить свое определение, отражающее все виды туристской деятельности, попадающие под изучаемое понятие. *Экстремальный туризм – это вид туризма, в котором присутствует осознанная опасность для жизни и здоровья.*

При этом большая часть видов экстремального туризма будет относиться к активному, часть – к спортивному, а часть только к природоориентированному, если при этом не осуществляется прохождение маршрута, а происходит выполнение опасных видов деятельности на одном месте. В предлагаемом определении очень важной деталью является термин «осознанная опасность». Туристы идут на осознанный риск, чтобы пройти опасный маршрут, совершить опасный трюк или прыжок. Специально готовятся, стараются сделать риск минимальным, но знают, что полностью исключить его невозможно. Более наглядное соотношение этих видов отображено на рис. 1.

Занятия разными видами спорта в природной среде А.Ю. Александрова относит к спортивному туризму [Александрова, 2013]. По нашему мнению такую деятельность правильнее относить к активному или экстремальному туризму, потому что спортивный туризм строго регламентирован. М.Б. Биржаков [2006], С.Б. Мичурин [2012] активному туризму противопоставляют пассивный туризм, разделяя их по принципу физического напряжения при организации путешествия. По нашему мнению активному туризму нет смысла противопоставлять пассивный, потому что все путешествия требуют проявления активности и невозможно выделить качественную разницу между многими видами туризма. Логичнее выделять активный туризм наравне с культурно-по-

знавательным, лечебно-оздоровительным, паломническим, и др.

Посещение спортивных мероприятий целесообразнее относить к событийному туризму, а не к спортивному, при этом сами спортсмены будут относиться также к деловым туристам, потому что они едут в командировку, чтобы выступать на соревнованиях.

Все активные и спортивные туристские путешествия осуществляются в разных туристских районах. Принципы туристского районирования нами подробно рассматривались ранее [Зырянов, Королев, 2009]. Вопросами туристского районирования занимаются и другие авторы. Отметим ряд позиций специалистов по географии туризма в вопросах туристского районирования, с которыми автор согласен. А.Ю. Александрова считает, что туристский район – это та территория, где туристские процессы настолько развиты, что туризм переходит в разряд специализации [Александрова, 2002]. Ю.А. Худеньких применял подход «плавающих признаков» в туристском районировании, выделял туристские районы на границах соседних субъектов РФ [Худеньких, 2006]. С.Э. Мышлянцева применяет принцип завершенности туристских маршрутов для туристского районирования [Мышлянцева, 2007]. А.Е. Васильева совмещает принципы физико-географического и социально-экономического районирования при проведении рекреационного районирования Башкортостана [Васильева, 2006].

Все районы активного и спортивного туризма можно разделить на три вида: узкоспециализированные, широко специализированные и неспециализированные (табл. 1). К узкоспециализированным относятся районы, в которых наиболее удобна и логична организация путешествий по одному виду активного туризма. Такой район у большинства туристов ассоциируется именно с определенным видом деятельности, который можно назвать эталонным [Королев, 2007]. Маршруты путешествий непосредственно связаны с расположением объектов этого вида туризма, а пути входов и выходов из района

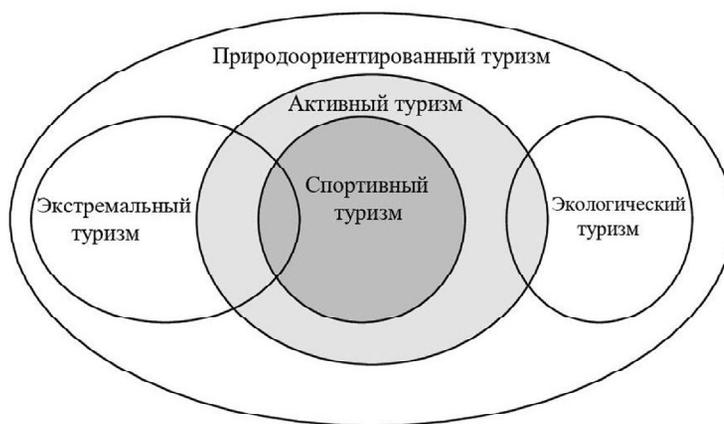


Рис. 1. Соотношение видов природоориентированного туризма

Fig. 1 Correlation of types of nature-oriented tourism

путешествия будут находиться в максимальной близости к ним.

Изучая статистику спортивных туристских путешествий и библиотеки туристских отчетов, можно привести следующие примеры. Узкоспециализированным районом активного туризма может выступать Карелия. Здесь наиболее развит и является эталонным водный и водно-парусный спортивный туризм. В этом районе возможны пешеходные, лыжные и велосипедные походы, но они не являются здесь наиболее популярными, ради которых сюда поедут туристы из дальних регионов. Категории сложности маршрутов по этим второстепенным видам будут намного ниже, чем у водного туризма. Маршруты по этим видам туризма не позволят так хорошо познакомиться с районом путешествия, понять его особенности и ощутить его максимальную привлекательность, как водные и водно-парусные походы. Другим узкоспециализированным районом активного туризма можно назвать Беломорско-Кулойское плато в Архангельской области. Это район спелеотуризма. Из дальних регионов сюда приезжают туристы только для занятий спелеологическими путешествиями.

Таблица 1

Критерии определения специализации районов активного туризма

Критерий	Узкоспециализированные	Широко специализированные	Неспециализированные
По виду активного туризма	Удобна и логична организация путешествий по одному наиболее развитому виду активного туризма	Удобна и логична организация путешествий по нескольким видам активного туризма	Возможна организация путешествий с посещением малопривлекательных объектов активного туризма
По ассоциации у большинства туристов	Район ассоциируется именно с определенным видом активного туризма	Район ассоциируется с несколькими видами активного туризма	Район не ассоциируется ни с одним видом активного туризма
По наличию туристского потока из дальних регионов	Туристы приезжают для занятия конкретным видом туризма	Туристы приезжают для занятия несколькими видами активного туризма	Туристы не приезжают для занятия активным туризмом
По наличию категориальных препятствий и маршрутов	Наличие по определенному виду спортивного туризма	Наличие по нескольким видам спортивного туризма	Отсутствие

Наиболее важным показателем, определяющим специализацию туристского района, является приезд туристов из отдаленных регионов для занятий именно этим видом туризма. Если таких видов в изучаемом районе можно выделить несколько, то такой район будет широко специализированным, а если только один, то узкоспециализированным.

К узкоспециализированным районам можно отнести полупустынные и пустынные местности и плоскогорья в Средней Азии и Монголии, где развиты только виды туризма с использованием средств передвижения. Например, плато Устюрт в Казахстане, пустыни Каракум и Кызылкум.

Районы, в которых какими-либо видами туристической деятельности занимаются только местные жители, можно назвать неспециализированными. Следующим показателем специализации туристского района будет наличие категорийных маршрутов и препятствий по какому-либо виду спортивного туризма. Если говорить об активном туризме, то добавятся другие виды, например, рыболовный туризм. С такой узкой рыболовной специализацией будут районы в Архангельской области, в ЯНАО и ХМАО.

Неспециализированные районы, как правило, бедны туристскими ресурсами и имеют по большей части только некатегорийные препятствия. К таковым относятся районы, расположенные в центральной и южной частях Русской равнины, на большей части территории Украины и Белоруссии.

Производить такое деление туристских районов по их специализации необходимо для выяснения, какой именно из видов природоориентированного туризма логичнее всего развивать в определенном туристском районе и с каким видом позиционировать конкретные регионы.

Все активные и спортивные туристские путешествия осуществляются в слабоизмененной природной среде. При этом наиболее привлекательными будут территории, не затронутые хозяйственной деятельностью, которые, как правило, расположены в труднодоступных местах, называемых нами ареалами недоступности. Последние сформированы вокруг полюсов недоступности разного уровня, от планетарных до муниципальных [Королев, 2018; Korolev, Safaryan, 2018].

Полюсы недоступности – это точки, максимально удаленные от инфраструктуры. Самые малые территории можно назвать полюсами недоступности *микроуровня* (от данных мест до ближайшей инфраструктуры – от 1 до 10 км). Они, как правило, являются территориями *муниципального* масштаба. Такие участки можно найти практически в каждом регионе России. Они могут служить основным местом однодневной рекреации городского населения и, соответственно, стать наиболее часто посещаемыми. Вокруг крупных городов можно выделить несколько таких территорий, ограниченных дорогами, промышленными или сельскохозяйственными объектами и окраинами жилых кварталов.

С одной стороны, кажется странным, что термин *полюс недоступности* применяется к такому

незначительному расстоянию, как 1–10 км. Тем не менее, в некоторых регионах, особенно в Московской области и других субъектах европейской части России, даже такие небольшие участки будут самыми недоступными местами, если вокруг непрерывно расположены различные инфраструктурные объекты и сельскохозяйственные угодья. При этом до *полюсов недоступности* микроуровня нельзя добраться на транспортном средстве, а можно только активными способами передвижения.

Следующими по размеру будут полюсы недоступности *мезоуровня*. Для большинства стран, где они имеются, они являются *региональными*. При этом до ближайшей инфраструктуры расстояние составит от 10 до 100 км. Если полюсы недоступности *микроуровня* можно найти почти во всех странах мира, то полюсы недоступности *мезоуровня* можно выделить не везде. В России они встречаются в большинстве регионов, чаще всего на границе субъектов федерации.

Далее выделяют полюсы недоступности *макроуровня* с их ареалами. Они соответствуют *национально-континентальному* масштабу: встречаются не во всех странах, но присутствуют на всех континентах. Диапазон их размеров – от самой удаленной точки до ближайшего населенного пункта – от 100 до 500 км.

Выделяют еще более крупные полюсы недоступности *планетарного* масштаба. Их можно отнести к *мегауровню*. Такие территории мира оперируют расстояниями более 500 км от центра до ближайшей инфраструктуры. К ним можно отнести полюс недоступности Северного полушария (на суше), т. е. самая удаленная точка Северного полушария от инфраструктуры. Он расположен в Гренландии, в северной части посередине ледового панциря [Korolev, Safaryan, 2018].

Исследованиями ненаселенных природных территорий за рубежом занимаются D.J. Weiss, A. Nelson и др. Они изучают время, необходимое для поездки в крупные города со всех окружающих их населенных пунктов, и, таким образом, вычисляют самые труднодоступные поселения, где проживает наиболее социально незащищенное население [Weiss et al., 2015]. P.L. Ibisch с соавторами изучают территории, не имеющие инфраструктуры, с целью их охраны от использования в хозяйственной деятельности [Ibisch et al., 2016]. *Усиление антропогенной нагрузки, угрожающее объектам природного наследия*, изучают J.R. Allan с соавторами [Allan et al., 2017]. N. Gorelick с соавторами занимаются геопространственным анализом *ненаселенных территорий* [Gorelick et al., 2017].

В полюсах и ареалах недоступности *микро- и мезоуровня* чаще всего осуществляется рекреационная и туристская деятельность, они имеют наибольшее значение для населения. Первые обычно со всех сторон окружены инфраструктурой или какими-либо хозяйственными территориями, превышающими их по размерам. Такое расположение хорошо соотносится с теорией поляризованного ландшафта

Б.Б. Родомана [2002] о том, что рядом с крупными перенаселенными городами должны быть ненаселенные природные территории, чтобы городское население имело возможность полноценной рекреации.

Территории, расположенные ближе к полюсу недоступности, имеют меньше проявлений антропогенного влияния на природную среду, более высокое эстетическое качество и лучшие рекреационные возможности.

Границы ареалов недоступности микроуровня очень конкретны и обычно проходят по дорогам или скоплениям инфраструктурных объектов разного назначения. Территории, расположенные в пределах ареалов недоступности и вне их, резко отличаются по функциям. Чем выше уровень ареалов недоступности, например, увеличение в сторону мезо- и макроуровня, тем менее выраженными становятся его границы и не так резко отличаются территории по своим функциям.

В морфологической структуре ареалов недоступности можно выделить их границы, зоны посещаемости, форму и входы на территорию. Границы и форма зависят от расположения ближайшей инфраструктуры к полюсу недоступности. Зоны посещаемости будут следующих видов: регулярной, нерегулярной, краткосрочной и долгосрочной. Выделять разные виды зон посещаемости важно для конкретизации территории, где именно эффективнее всего заниматься развитием активного туризма, создавать туристскую инфраструктуру или ООПТ.

В ареалах недоступности микроуровня большая часть территории будет относиться к зоне регулярной (ежедневной) краткосрочной (в пределах одного–двух дней) посещаемости, потому что это ближайшие природные объекты к крупным населенным пунктам. В ареалах недоступности микроуровня продолжительность чаще всего будет в пределах одного дня.

В ареалах недоступности мезоуровня будут представлены все виды зон посещаемости. Места с наилучшей транспортной доступностью и наличием привлекательных туристских объектов будут в зоне регулярной посещаемости, в большей степени краткосрочной. Более удаленные объекты и при этом не самые привлекательные попадут в зону нерегулярной долгосрочной посещаемости. Удаленные, но наиболее привлекательные туристские объекты будут в зоне регулярной долгосрочной посещаемости. Не самые привлекательные объекты, расположенные недалеко от входов в ареал недоступности, относятся к зонам краткосрочной нерегулярной посещаемости. При этом регулярная посещаемость в ареалах мезоуровня означает еженедельную посещаемость, а краткосрочная – посещение в течение одного–двух дней. Долгосрочная посещаемость означает продолжительность три и более дня. В ареалах недоступности мезоуровня и более высокого масштаба можно выделить зоны с отсутствием посещаемости. Как правило, таковые расположены в стороне от туристских объектов и на большом удалении от транспортных путей. Виды зон посещаемости ареалов недоступности представлены в табл. 2.

Интересно наблюдать, как осуществляется переход количественных изменений в качественные функции территории. Наиболее ярко это заметно в ареалах недоступности микроуровня. Чем ближе к полюсу недоступности расположена территория, тем сильнее выражены ее рекреационные функции. Чем ближе к границе ареала недоступности, тем они выражены слабее. Все больше встречается проявлений хозяйственной деятельности, пейзажная привлекательность территории снижается. Стоит только выйти за границу ареала недоступности, как меняется функция территории, к примеру, из рекреационной становится технологической, добывающей или селитебной.

Таблица 2

Расположение зон посещаемости ареалов недоступности разных уровней

Ареалы недоступности	Посещаемость				
	Регулярная	Нерегулярная	Краткосрочная	Долгосрочная	Нет
Микроуровень	Вся территория, ежедневно	–	Вся территория, в течение 1 дня	–	–
Мезоуровень	Наиболее доступные и наиболее привлекательные туристские объекты, еженедельно	Удаленные и не самые привлекательные туристские объекты	Наиболее доступные туристские объекты, в течение 1–3 дней	Удаленные, наиболее привлекательные туристские объекты	Участки с отсутствием туристских объектов, расположенные не между входами в ареал или туристскими объектами
Макроуровень	–	Наиболее привлекательные туристские объекты	–	Наиболее доступные и при этом наиболее привлекательные туристские объекты	Большая часть территории ареала недоступности
Мегауровень	–	Наиболее привлекательные туристские объекты	–	Наиболее привлекательные туристские объекты	Почти вся территория ареала недоступности

Ареалы недоступности разного уровня отличаются друг от друга по разным признакам. Например, в ареалах микроуровня обычно нет зон не посещаемости, а в ареалах мезоуровня такие зоны занимают большую часть территории. Ареалы отличаются по видам и давности хозяйственной деятельности, осуществленной на их территории. В ареалах микроуровня практически нет участков с отсутствием хозяйственной деятельности, а в ареалах мезоуровня они могут встречаться.

В России в настоящее время можно наблюдать расширение и диффузию ареалов недоступности на периферийных участках большинства субъектов федерации. Эти процессы связаны с оттоком населения из сел в города и с ликвидацией многочисленных труднодоступных поселков. В Пермском крае дополнительно к этим факторам добавляется еще закрытие исправительно-трудовых колоний на севере региона. При этом дороги постепенно приходят в негодность, мосты через реки разрушаются и территории становятся доступными только для спецавтотранспорта или вездеходной техники.

В качестве примера можно рассмотреть северо-восток Пермского края, наиболее привлекательный в плане активного туризма. Расселение на этой территории происходило исключительно по долинам рек – левым притокам Камы. Здесь почти полностью заброшены все населенные пункты в долине реки Колва севернее Ныроба. Большинство поселков в долине реки Березовой прекратило свое существование. Нет большинства поселков на реке Вишера, кроме самого северного – поселка Велс. В долине реки Язьва, расположенной южнее, проживает этнографическая группа коми-язвинцев. Здесь сохранилось большинство населенных пунктов, потому что они более древние и их происхождение не связано с распространением исправительно-трудовых колоний в советское время. Также сейчас почти не осталось населенных пунктов в долине реки Яйва, расположенной еще южнее, и совсем не осталось в долине Косьвы выше Широковского водохранилища. Перечисленные долины рек покрывают около 25% от всей территории Пермского края.

Результаты исследований и их обсуждение. В качестве примера морфологической структуры ареала недоступности можно рассмотреть ареал на территории Пермского края с наиболее привлекательными объектами активного туризма, при этом не расположенный на территории ООПТ. Полюс недоступности Пермского края, то есть точка максимально удаленная от инфраструктуры, находится на территории заповедника «Вишерский» с ограниченным посещением. Соответственно, бессмысленно изучать его ареал на предмет морфологической структуры и расположения зон посещаемости разных видов.

Рассмотрим второй по площади ареал недоступности в Пермском крае с полюсом, расположенном в северной части хребта Главный Уральский. Координаты этой наиболее удаленной точки самого привлекательного туристского ареала недоступности:

60°25'36,75" с. ш., 59°13'18,62" в. д. Она расположена на границе со Свердловской областью на высоте 1170 м и равноудалена на 36 км от поселка Золотанка (с запада), поселка Сосьва (с востока), дороги от Североуральска на лесоразработки на восточном склоне хребта Кваркуш (с юга), карьера на хребте Шемур (с северо-востока). По удалению от инфраструктуры данный ареал недоступности является региональным и относится к мезоуровню. Исследуемый ареал недоступности находится на территории Кваркушского туристского района, сформировавшегося в южной части Северного Урала. В данном исследовании логично дать ему название Кваркушский, в связи с тем, что хребет Кваркуш является самым посещаемым местом, благодаря наличию Жигаланских водопадов на его восточном склоне и дороги, ведущей к ним от Североуральска. У большинства туристов данная территория ассоциируется именно с Кваркушем (рис. 2).

На территорию изучаемого ареала недоступности имеется пять входов, один – с запада, через поселок Золотанка Пермского края, второй – с северо-запада через поселок Велс, третий – с северо-востока по дороге от города Ивдель, ведущей в заброшенный Сибиревский прииск, четвертый – с востока по дороге от поселка Калья Свердловской области, а пятый – с юго-востока по дороге от Североуральска.

В выделенном ареале недоступности находится несколько наиболее привлекательных горных хребтов, посещение которых не требует специальных разрешений. Из них наиболее часто посещаемые и легкодоступные – хребты Кваркуш и Главный Уральский, гора Шудья-Пендыш. Редко посещаемые и более труднодоступные – хребты Белый Камень, Хозатумп и Мартай. Также имеется две реки, пользующиеся популярностью у туристов, Велс и Улс, и имеющие вторую категорию сложности. Водные маршруты пересекают изучаемый ареал.

Для сплава по Улсу туристы попадают через юго-восточный вход от Североуральска, а выходят из ареала через западный вход в поселке Золотанка. Дальше обычно продолжают маршрут по реке Вишера, протекающей за пределами данного ареала недоступности. Для сплава по Велсу туристы попадают в ареал через северо-восточный вход, расположенный у заброшенного Сибиревского прииска, а выходят из него через северо-западный вход, расположенный в поселке Велс.

Самыми посещаемыми объектами являются водопады на реке Жигалан и южная часть хребта Главный Уральский. Они относятся к зоне регулярной краткосрочной посещаемости, потому что являются наиболее доступными из самых привлекательных. К этим объектам туристы добираются через юго-восточный вход по дороге от Североуральска. К этой же зоне будет относиться и гора Шудья-Пендыш, куда туристы добираются через западный вход в районе поселка Золотанка. Путешествующие находятся в этих зонах обычно несколько дней, чаще всего в выходные и праздничные дни.

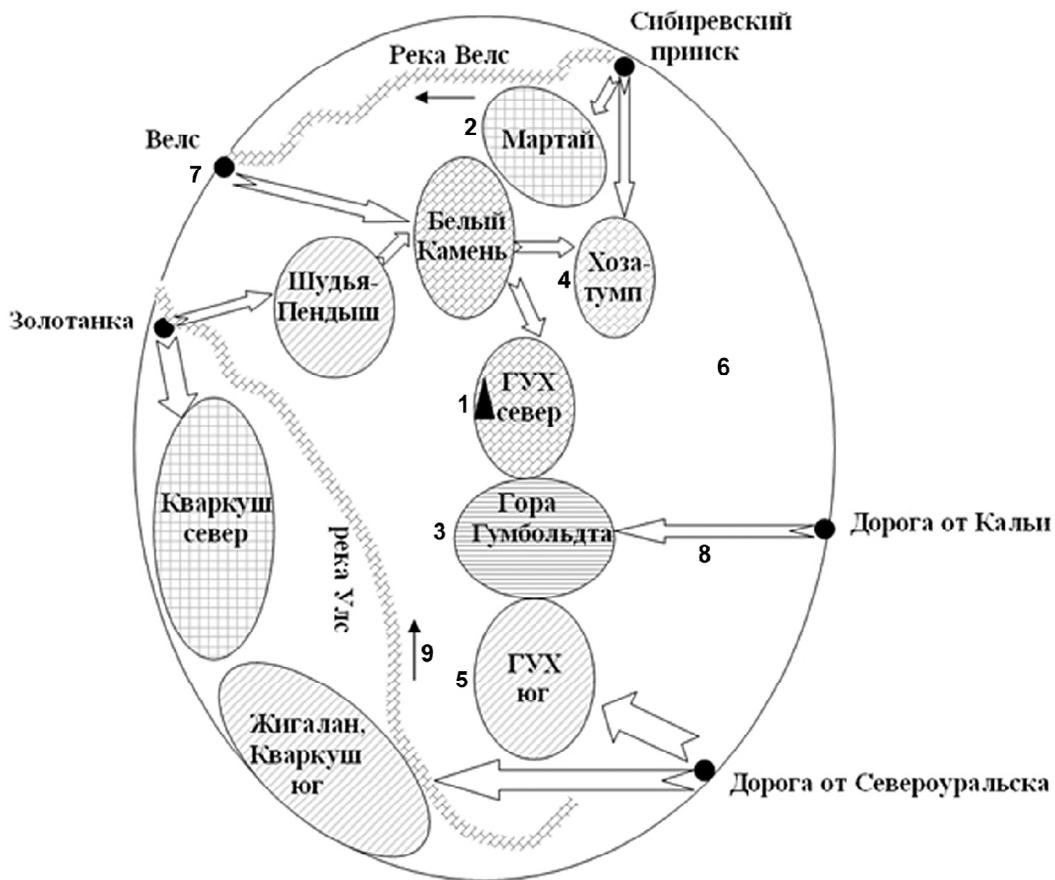


Рис. 2. Структура ареала недоступности в Кваркушском туристском районе: 1 – полюс недоступности, зоны посещаемости: 2 – краткосрочная нерегулярная, 3 – долгосрочная регулярная, 4 – долгосрочная нерегулярная, 5 – краткосрочная регулярная, 6 – отсутствие посещаемости; 7 – входы в ареал недоступности, 8 – направление туристских потоков, 9 – направление течения рек
 Fig. 2. Structure of the area of inaccessibility within the Kvarqush tourist region: 1 – the pole of inaccessibility, attendance zones: 2 – short-term irregular, 3 – long-term regular, 4 – long-term irregular, 5 – short-term regular, 6 – lack of attendance; 7 – entrances to the area of inaccessibility, 8 – tourist flows, 9 – course of the rivers

К зоне долгосрочной регулярной посещаемости относится только высшая точка хребта Главный Уральский, гора Гумбольдта (1410 м), которая является самым привлекательным из туристских объектов в данном ареале и довольно труднодоступна. Попадают на нее через восточный вход по дороге от поселка Калы.

К зоне долгосрочной нерегулярной посещаемости относятся северная часть хребта Главный Уральский и хребет Белый Камень, попасть к которым можно через западный, северо-западный и восточный входы, а также хребет Хозатумп, доступный через северо-восточный вход. Реки Улс и Велс также относятся к зоне долгосрочной нерегулярной посещаемости.

К зоне нерегулярной краткосрочной посещаемости относятся хребет Мартай, доступный через северо-восточный вход, и северная часть хребта Кваркуш, на которую попадают через западный вход от поселка Золотанка. Остальная часть ареала недоступности относится к зоне не посещаемости.

О формировании Кваркушского туристского района говорит несколько факторов: имеется пять пунктов входа в изучаемый ареал, здесь, не выходя

за пределы ареала, завершаются практически все туристские маршруты, активный туризм стал его специализацией. В подавляющем большинстве случаев люди посещают эту местность именно для занятий активным туризмом. Некоторые маршруты кольцевые, начинающиеся и заканчивающиеся в одном и том же входе, а некоторые – линейные, начинающиеся и завершающиеся в разных входах в ареал недоступности, который является эпицентром и местом пересечения маршрутов и наиболее привлекательным участком туристского района. Это подтверждается изучением туристских отчетов, сайтов и данными федерации спортивного туризма Пермского края.

Внутри изучаемого ареала недоступности есть большие возможности для прокладывания маршрутов благодаря пяти точкам входа-выхода в район путешествий, к тому же окружающий ареал со всех сторон. При долгосрочном пребывании туристы могут переходить из одной зоны посещения в другую, полностью пересекая ареал и комбинируя сочетание хребтов и вершин на своем маршруте.

Кваркушский район является широко специализированным туристским районом ввиду того, что

здесь возможны категорийные путешествия и имеются категорийные препятствия по нескольким видам спортивного туризма: пешеходному, лыжному и водному. Также здесь осуществляются велосипедные, автомобильные, квадроциклетные, снегоходные и рыболовные путешествия. Для этих целей туристы приезжают из отдаленных регионов, других субъектов РФ.

Изучая морфологическую структуру этого ареала недоступности, можно по аналогии создать универсальную модель, подходящую для большинства ареалов недоступности, расположенных в разных туристских районах (рис. 3). Так, каждый ареал недоступности будет включать следующие объекты:

1. Границы, проложенные по инфраструктурным объектам, окружающим ареал со всех сторон.

2. Входы на территорию, которые могут находиться в населенных пунктах, окружающих ареал недоступности, в которых заканчиваются транспор-

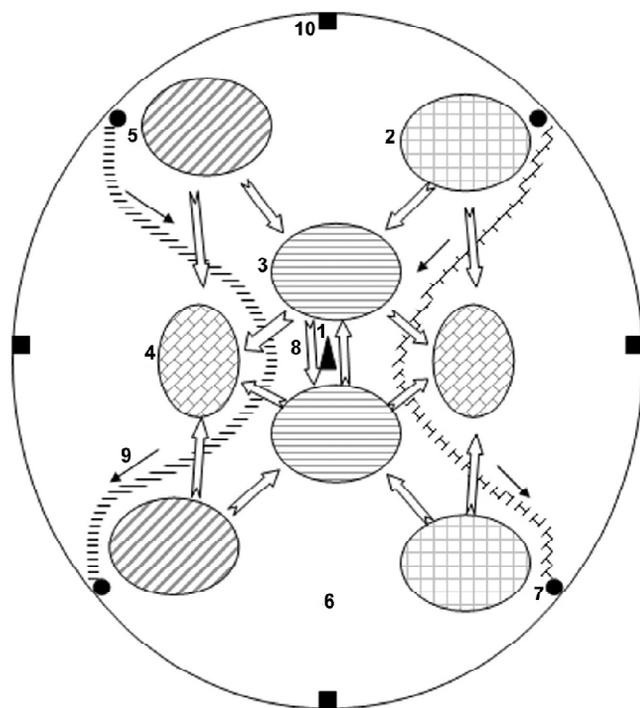


Рис. 3. Модель морфологической структуры ареала недоступности: 1 – полюс недоступности; зоны посещаемости: 2 – краткосрочная нерегулярная, 3 – долгосрочная регулярная, 4 – долгосрочная нерегулярная, 5 – краткосрочная регулярная, 6 – отсутствие посещаемости; 7 – входы в ареал недоступности, 8 – направление туристских потоков, 9 – направление течения рек, 10 – инфраструктурные объекты, ограничивающие ареал недоступности

Fig. 3. Model of the morphological structure of an area of inaccessibility: 1 – the pole of inaccessibility, attendance zones: 2 – short-term irregular, 3 – long-term regular, 4 – long-term irregular, 5 – short-term regular, 6 – lack of attendance; 7 – entrances to the area of inaccessibility, 8 – tourist flows, 9 – course of the rivers, 10 – infrastructure objects limiting the area of inaccessibility

тные пути, а могут находиться на входящих на территорию ареала тупиковых дорогах.

3. Разные виды зон посещаемости, расположение которых зависит от привлекательности объектов, ради которых туристы совершают путешествие.

4. Полюс недоступности – самая труднодоступная точка, которая равноудалена от инфраструктурных объектов.

Выводы:

– природоориентированный туризм является самым широким понятием и включает в себя все виды туристских процессов в природной среде: активный, экологический и большинство видов экстремального туризма;

– спортивный туризм – более узконаправленный и является частью активного туризма. Его можно определить как преодоление препятствий в природной среде с максимальным уровнем безопасности, с организацией соревнований и присвоением спортивных разрядов и званий;

– экологический туризм может быть составной частью активного туризма или только природоориентированного, потому что не всегда при его осуществлении организуется прохождение маршрута. Территориями, где возможен экологический туризм, являются оборудованные туристской инфраструктурой ООПТ;

– экстремальный туризм можно определить как путешествия, в которых присутствует осознанная опасность для жизни и здоровья. В большинстве случаев экстремальный туризм является разновидностью активного туризма. Также к нему можно отнести некоторые виды техногенного туризма;

– все районы активного и спортивного туризма можно разделить на три вида: узкоспециализированные, широко специализированные и неспециализированные. Специализация туристского района определяется наличием категорийных маршрутов и препятствий спортивного туризма; посещением туристов из отдаленных регионов; ассоциацией района с конкретными видами активного туризма, которые являются эталонными, и по которым удобна и логична организация путешествий;

– полюсы недоступности – это точки максимально удаленные от инфраструктуры, вокруг которых сформирован ареал недоступности. Последние можно классифицировать по их размерам: микро-, мезо-, макро- и мегауровням;

– на территории Пермского края можно выделить Кваркушский туристский район, ареал недоступности которого будет наиболее привлекательным для активного и спортивного туризма;

– разработана универсальная модель морфологической структуры ареалов недоступности, расположенных в разных туристских районах. При этом каждый ареал имеет границы, входы на территорию, разные виды зон посещаемости и полюс недоступности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Александрова А.Ю.* География туризма. М.: Кнорус, 2013. 592 с.
- Александрова А.Ю.* Международный туризм. М.: Кнорус, 2002. 464 с.
- Бабкин А.В.* Специальные виды туризма: учебное пособие. Ростов-на-Дону: Феникс, 2008. 117 с.
- Биржаков М.Б.* Введение в туризм. М.–Спб.: Невский Фонд, 2006. 512 с.
- Васильева А.Е.* Рекреационное районирование Башкирии // География и туризм. 2006. № 2. С. 24–31.
- Волхонская Г.П.* Экстремальный туризм России: проблемы и перспективы развития. Научные труды СибГУФК, 2016. С. 77–81.
- Востоков И.Е., Панов С.Н.* Русский турист. Нормативные акты по спортивно-оздоровительному туризму в России на 2001–2004 гг. М., 2001. 213 с.
- Зырянов А.И., Королев А.Ю.* Туристское районирование горных территорий // Вест. Моск. ун-та. Сер. 5. Геогр. 2009. № 6. С. 19–25.
- Квартальнов В.А.* Теория и практика туризма: учебник. М.: Финансы и статистика, 2003. 671 с.
- Королев А.Ю.* Полюсы недоступности микроуровня как фактор зимней однодневной рекреации городского населения // Географический вестник. 2018. № 3(46). С. 92–97.
- Королев А.Ю.* Эталонный метод оценки потенциала территории для целей спортивного туризма // Вестник Воронежского государственного университета. 2007. № 1. С. 48–51.
- Косолапов А.Б.* География российского внутреннего туризма: учебное пособие. М.: Кнорус, 2017. 262 с.
- Кусков А.С., Джаладян Ю.А.* Основы туризма: учебник. М.: Кнорус, 2008. 352 с.
- Мичурин С.Б.* Безопасность как приоритетная составляющая развития туризма: многоаспектная сущность понятия // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: География. Геоэкология. 2012. № 2. С. 27–31.
- Мышлянцева С.Э.* Активный (приодоориентированный) туризм: история вида, современные формы и тенденции развития // Туризм в глубине России. Сборник трудов 4 всероссийского научного семинара. Пермский государственный национальный исследовательский университет; пермское краевое отделение Русского географического общества; географический факультет ПГНИУ, кафедра туризма. 2016. С. 55–57.
- Мышлянцева С.Э.* Сеть туристских маршрутов и охраняемые природные территории в регионах Урала // Географический вестник. 2007. № 1–2(5–6). С. 193–197.
- Родоман Б.Б.* Поляризованная биосфера. Смоленск: Ойкумена, 2002. 336 с.
- Храбовченко В.В.* Экологический туризм. М.: Финансы и статистика, 2004. 208 с.
- Худеньких Ю.А.* Пермский туризм. Пермь, 2006. 191 с.
- Allan J.R., Venter O., Maxwell S., Bertzky B., Jones K., Shi Y., Watson J.E.M.* Recent increases in human pressure and forest loss threaten many Natural World Heritage Sites. *Biological Conservation*, 2017, no. 206, p. 47–55.
- Gorelick N., Hancher M., Dixon M., Ilyushchenko S., Thau D., Moore R.* Google Earth Engine: planetary-scale geospatial analysis for everyone. *Remote Sens. Environ.*, 2017, no. 202, p. 18–27.
- Ibisch P.L., Hoffmann M.T., Kreft S., Pe'er G., Kati V., Biber-Freudenberger L., DellaSala D.A., Vale M.M., Hobson P.R., Selva N.* A global map of roadless areas and their conservation status. *Science*, 2016, no. 354, p. 1423–1427.
- Korolev A.Yu., Safaryan A.A.* Evaluation of the natural recreation system of the Perm region. *Geography, environment, sustainability*, 2018, no. 4, p. 24–38.
- Weiss D.J., Nelson A., Gibson H. S.* A global map of travel time to cities to assess inequalities in accessibility in 2015. *Nature*, 2018, no. 553, p. 333–336.

Поступила в редакцию 06.05.2019

После доработки 10.10.2019

Принята к публикации 06.07.2020

A.Yu. Korolev¹

SPECIALIZATION AND STRUCTURE OF THE REGIONS OF NATURE-ORIENTED TOURISM

The article studies and specifies the concepts of nature-oriented tourism. Specific features of tourist zoning and specialization of active tourism areas are determined. The structure of uninhabited territories, i.e. the areas of inaccessibility, and the most remote points from the infrastructure, i.e. the poles of inaccessibility, is discussed. The area of inaccessibility located in the Kvar Kush tourist region of the Perm Territory is investigated.

All areas of active and sports tourism could be classified into three types, namely extremely specialized, broadly specialized and non-specialized. The specialization of a tourist area is determined by the presence of category routes and category obstacles of sports tourism. The tourists come from far-away regions to engage in active or sports tourism in the area. The area is associated with specific «reference» types of active tourism, which create practicable and logical basis for organization of touristic activities.

The Kvar Kush tourist region within the territory of the Perm region has an area of inaccessibility which will be the most attractive for active and sports tourism. The following factors indicate the formation of the tourist area: five entry points through which tourists could get to the objects of interest are available; almost all tourist routes finish within the area; active tourism has become the specialization of the territory. Using the example of the Kvar Kush tourist area, a universal model of the morphological structure of inaccessibility areas has been developed. In addition, each area of inaccessibility has its own borders,

¹ Perm State National Research University, Department of Tourism, Associate Professor, PhD. in Geography, e-mail: korolev@psu.ru

entrances to the territory, a pole of inaccessibility, i. e. the most remote point from infrastructure facilities, and different types of attendance zones, namely short-term, long-term, regular, irregular, or the lack of attendance.

Key words: a tourist region, sports tourism, pole of inaccessibility, area of inaccessibility, Perm region, extreme tourism, ecological tourism, active tourism

REFERENCES

- Aleksandrova A.Yu. Geografiya turizma* [Geography of tourism], Moscow, Knorus Publ., 2013, 592 p. (In Russian)
- Aleksandrova A.Yu. Mezhdunarodnyy turizm* [International tourism], Moscow, Knorus Publ., 2002, 464 p. (In Russian)
- Allan J.R. et al. Recent increases in human pressure and forest loss threaten many Natural World Heritage Sites*, *Biol. Conserv.*, 2017, no. 206, p. 47–55.
- Babkin A.V. Special'nye vidy turizma: uchebnoe posobie* [Special types of tourism: manual], Rostov na Donu, Feniks Publ., 2008, 117 p. (In Russian)
- Birzhakov M.B. Vvedenie v turizm* [Introduction to tourism], Moscow – Saint Petersburg, Nevskij Fond Publ., 2006, 512 p. (In Russian)
- Gorelick N. et al. Google Earth Engine: planetary-scale geospatial analysis for everyone. Remote Sens. Environ.*, 2017, no. 202, p. 18–27.
- Hrabovchenko V.V. Ekologicheskij turizm* [Ecological tourism], Moscow, Finansy i statistika Publ., 2004, 208 p. (In Russian)
- Huden'kih Yu.A. Permskij turizm* [Perm tourism], Perm, 2006, 191 p. (In Russian)
- Ibisch P.L. et al. A global map of roadless areas and their conservation status*, *Science*, 2016, no. 354, p. 1423–1427.
- Kvartal'nov V.A. Teoriya i praktika turizma: uchebnik* [Theory and practice of tourism: textbook], Moscow, Finansy i statistika Publ., 2003, 671 p. (In Russian)
- Korolev A.Yu. Polyusy nedostupnosti mikrourovnya, kak faktor zimnej odnodnevnoj rekreacii gorodskogo naseleniya* [Micro-level poles of inaccessibility as a factor of the one-day winter recreation of urban population], *Geograficheskij vestnik*, 2018, no. 3(46), p. 92–97. (In Russian)
- Korolev A.Yu. Etalonnyy metod ocenki potenciala territorii dlya celej sportivnogo turizma* [Standard method of assessing the potential of a territory for sport tourism], *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta*, 2007, no. 1, p. 48–51. (In Russian)
- Korolev A.Yu., Safaryan A.A. Evaluation of the natural recreation system of the Perm region*, *Geography, environment, sustainability*, 2018, no. 4, p. 24–38.
- Kosolapov A.B. Geografiya rossijskogo vnutrennego turizma: uchebnoe posobie* [Geography of Russian domestic tourism: manual], Moscow, Knorus Publ., 2017, 262 p. (In Russian)
- Kuskov A.S., Dzhaldyan Yu.A. Osnovy turizma: uchebnik* [The fundamentals of tourism: a textbook], Moscow, Knorus Publ., 2008, 352 p. (In Russian)
- Michurin S.B. Bezopasnost' kak prioritelnaya sostavlyayushchaya razvitiya turizma: mnogoaspekttnaya sushchnost' ponyatiya* [Security as a priority component of tourism development: a multidimensional essence of the concept], *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Geografiya. Geoekologiya*, 2012, no. 2, p. 27–31. (In Russian)
- Myshlyavceva S.E. [Active (nature-oriented) tourism: the history of the species, modern forms and development trends]. Turizm v glubine Rossii. [Tourism in the remote parts of Russia] Proc. of the 4th All-Russian Scientific Seminar. Perm State National Research University; Perm regional branch of the Russian Geographical Society; Faculty of Geography of the PGNIU, Department of Tourism, 2016, p. 55–57. (In Russian)*
- Myshlyavceva S.E. Set' turistskih marshrutov i ohranyaemye prirodnye territorii v regionah Urala* [Network of tourist routes and protected natural territories in the regions of the Urals], *Geograficheskij vestnik*, 2007, no. 1–2(5–6), p. 193–197. (In Russian)
- Rodoman B.B. Polyarizovannaya biosfera* [Polarized biosphere], Smolensk, Ojkumena Publ., 2002, 336 p. (In Russian)
- Vasil'eva A.E. Rekreacionnoe rajonirovanie Bashkirii* [Recreational zoning of Bashkortostan], *Geografiya i turizm*, 2006, no. 2, p. 24–31. (In Russian)
- Volhonskaya G.P. [Extreme tourism in Russia: problems and development prospects], Nauchnye trudy SibGUFK [Transactions of the SibGUFK], 2016, p. 77–81. (In Russian)*
- Vostokov I.E., Panov S.N. Russkij turist. Normativnye akty po sportivno-ozdorovitel'nomu turizmu v Rossii na 2001–2004 gg.* [Russian tourist. Regulations on sport and health tourism in Russia for 2001–2004], Moscow, 2001, 213 p. (In Russian)
- Weiss D.J., Nelson A., Gibson H.S. A global map of travel time to cities to assess inequalities in accessibility in 2015. Nature*, 2018, no. 553, p. 333–336.
- Zyryanov A.I., Korolev A.Yu. Turistskoe rajonirovanie gornyh territorij* [Tourist zoning of mountain areas], *Vestn. Mosk. un-ta, Ser. 5, Geogr.*, 2009, no. 6, p. 19–25. (In Russian)

Received 06.05.2019

Revised 10.10.2019

Accepted 06.07.2020

УДК 913(4):551.586

А.А. Стефанович¹, Е.Н. Воскресенская², А.С. Лубков³

ОЦЕНКА БИОКЛИМАТИЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА ЧЕРНОМОРСКИХ КУРОРТОВ КРЫМА ДЛЯ РАЗВИТИЯ ТУРИЗМА В РЕГИОНЕ

В представленной работе проведен комплексный анализ биоклиматических условий на территории Крыма с целью оценки возможности развития круглогодичной туристской деятельности в регионе. В качестве индикатора таких условий использовался Туристический климатический индекс (ТКИ). Он рассчитывался на основе методики З. Мечковского, усовершенствованной авторами. Для анализа был привлечен набор ежедневных гидрометеорологических данных за период с 1950 по 2017 гг. из архива стандартных гидрометеорологических наблюдений на пяти основных станциях Крыма, расположенных в разных зонах полуострова (Евпатория, Севастополь, Ялта, Феодосия, Керчь), а также из архива наблюдений на сети европейских метеостанций E-OBS и данные ре-анализа NCEP/NCAR на пространственной сетке $2,5^\circ \times 2,5^\circ$, которые интерполировались в указанные точки наблюдения в Крыму.

Показаны биоклиматические возможности и ограничения для осуществления круглогодичной туристической деятельности. Изучение линейных трендов ТКИ по месяцам выявило наличие значимых положительных величин соответствующих коэффициентов в конце зимы – начале весны (0,06–0,065 балл/год в феврале и 0,048–0,092 балл/год в марте), а также несколько меньшие величины в течение остальных месяцев, что выглядит обещающе с точки зрения формирования позитивной тенденции биоклиматических условий и благоприятствует туристической деятельности в Крыму. Анализ динамики внутригодового хода ТКИ показал наличие высокого биоклиматического потенциала для беспрепятственного осуществления круглогодичной туристической деятельности на территориях регионов Ялты и Севастополя. В то же время, регион Феодосии можно отнести к категории условного круглогодичного туризма с ограничениями в январе. При этом оценки биоклиматических туристических условий в районах Евпатории и в Керчи с декабря по февраль не дают возможности для развития в этих районах круглогодичных туристско-рекреационных мероприятий. Однако, принимая во внимание наличие положительного линейного тренда ТКИ для февраля в районе Евпатории, можно надеяться на вероятность будущего увеличения продолжительности туристского сезона на один месяц.

Ключевые слова: туристический климатический индекс, Крым, комплексный анализ, уровень комфорта, рекреация

Введение. Рекреация и туризм в Республике Крым являются важнейшими составляющими экономики региона. Типичная продолжительность курортного сезона в Крыму составляет в среднем от 130 до 160 дней. В качестве одной из важнейших в плане развития региона Крымское Правительство формулирует задачу ее увеличения вплоть до круглогодичной. В рамках Государственной программы развития курортов и туризма в Республике Крым на 2017–2020 гг. актуализирован интерес к исследованиям туристско-рекреационного сектора Крымского полуострова.

Привлекательность региона обусловлена, прежде всего, природно-климатическими условиями: ландшафтное разнообразие, горно-морской климат, наличие моря, минеральных источников, эндемичных видов флоры и фауны. В то же время Крым и Севастополь интересны своим богатым культурно-историческим наследием. При этом, несмотря на относительно небольшие размеры Крымского полуострова, на его территории имеется несколько климатических зон.

Среди крупных Крымских приморских городов Ялта считается самым привлекательным в рекреационном плане. По комплексу климатических факторов ее условия наиболее близки к Северному Средиземноморью (курорты Ривьеры и Лазурного берега). Благодаря субтропическому типу климата, обеспечиваемому наличием гряды Крымских гор, суровые погодные условия здесь наблюдаются нечасто. Зима обычно мягкая, непродолжительная, малоснежная, преимущественно с положительными температурами. На следующем по климатическим показателям месте, находится город Севастополь. Выгодное расположение к юго-западу от Крымских гор защищает его от холодных северо-восточных ветров.

Для городов, расположенных несколько севернее и не защищенных горами, а это Евпатория, Феодосия и Керчь, характерен степной приморский тип климата. Наиболее благоприятными условиями характеризуется Феодосия с более мягкой зимой, там быстрее теплеет весной, а летом практически не бывает душно. В Евпатории зимой немного холод-

¹ Институт природно-технических систем, мл. науч. с.; e-mail: amazurenko@mail.ru

² Институт природно-технических систем, зам. директора по научной работе, докт. геогр. н., профессор; e-mail: elena_voskr@mail.ru

³ Институт природно-технических систем, мл. науч. с.; e-mail: andrey-ls2015@yandex.ru

нее, но заметно теплее, чем в Керчи. Из-за влияния Азовского и Черного морей на формирование погодных условий климат в Керчи – засушливый, с жарким летом и более холодной, чем в других городах, но достаточно мягкой зимой с частой повторяемостью северо-восточных ветров.

Для получения количественной оценки рекреационной способности территорий обычно анализируют воздействие на человека комплекса гидрометеорологических параметров, который рассчитывается в виде биоклиматических индексов, разработанных разными авторами. Такие многочисленные оценки характеризуют качество условий для климатотерапии или проведения рекреационных мероприятий. Коротко охарактеризуем их.

Оценка туристско-рекреационного потенциала территорий осуществлялась в Советском Союзе еще с середины XX столетия. В отечественной литературе выделяют несколько типов такой оценки: функционально-технологический, медико-биологический, психолого-эстетический, экономический [Саранча, 2011]. Большое внимание уделяется медико-биологическому типу, так как он позволяет глубоко исследовать ресурсный потенциал территорий и определить периоды для туристской деятельности отдыхающих. При его применении осуществляется оценка климато-погодных факторов и условий для туристско-рекреационной деятельности. В 1980 г. Н.А. Даниловой [1980] была предложена методика биоклиматической оценки территорий, в основу которой входила разработка оценочной шкалы для определения типа погоды с точки зрения комфортности. В результате по температуре воздуха, общей облачности и скорости ветра на климато-физиологической основе были выделены рекреационные типы погод.

Сегодня в России продолжают работы по изучению методов оценки биоклиматических условий крупных мегаполисов, а также местностей, предназначенных для организации лечебно-оздоровительного отдыха и туризма. Ю.П. Переведенцев и др. исследуют влияние глобальных климатических изменений на здоровье населения Приволжского федерального округа [Perevedentsev et al., 2016]. При этом для оценки биоклиматического уровня комфортности в работе используются наиболее универсальные и доступные для разных регионов страны биометеорологические индексы: эквивалентно-эффективная температура, индекс патогенности метеорологических условий и весовое содержание кислорода в воздухе. На примере города Ростова-на-Дону был применен биоклиматический подход к оценке смертности населения во время аномальной жары [Шартова и др., 2018]. В работе использовались различные тепловые индексы, включая индекс температуры и влажности в жаркую погоду, а также эффективной температуры. Было показано, что использование биоклиматических индексов способствует выявлению взаимосвязей между тепловыми индексами и рисками для здоровья населения. Индекс патогенности был использован

В.А. Беляевой в своем исследовании для анализа влияния внешних факторов на частоту вызовов скорой помощи к пациентам с артериальной гипертонией во Владикавказе [Belyaeva, 2017]. Подобные работы проводились и в Монгольском национальном университете медицинских наук [Javzmaa et al., 2016]. А в Ялтинском НИИ ФМЛ и МК им. И.М. Сеченова с использованием индекса патогенности ведутся работы по совершенствованию круглогодичного климатолечения – традиционно привлекательного фактора крымских курортов [Мизин и др., 2018]. Также в работах других авторов для оценки климатической комфортности встречаются такие индексы, как биологически активная температура (БАТ) и радиационная эквивалентно-эффективная температура (РЭЭТ) [Andreyev, Popova, 2013; Trifonova et al., 2012; Kulagina, Trifonova, 2014].

В зарубежной практике большую популярность получил Туристический климатический индекс, разработанный канадским биометеорологом З. Мечковским. Первоначально индекс был разработан как комплексный показатель, оценивающий изменения климатических параметров, наиболее приемлемых для туристов со средним уровнем физической подготовки (осмотр достопримечательностей, прогулки, поездки) [Mieczkowski, 1985]. Позже, в несколько измененном виде индекс ТКИ был применен R. Morgan [Morgan et al., 2000] для анализа пляжной зоны в Уэльсе, на Мальте и в Турции. С применением этого индекса исследовательская группа [Amelung, Viner, 2006; Agnew, Viner, 2001] изучала влияние изменений климата на туристический поток на отдельных территориях Средиземноморского региона и прогнозирование будущих климатических условий. D. Scott использовал ТКИ для изучения последствий влияния климатических изменений на туристический ресурс при выборе туристических направлений в Северной Америке [Scott, McBoyle, 2001; Scott et al., 2003]. Другие авторы [Bakhtiari, Bakhtiari, 2013; Хоссейни, 2015; Мансуре, 2014] применили индекс для определения наиболее подходящих месяцев и районов для организации туристической деятельности на юго-востоке Ирана и в провинции Исфahan. В России [Рыбак, Рыбак, 2016] исследовали климатическую привлекательность территорий в Южном и Северо-Кавказском федеральных округах РФ с применением модифицированного индекса ТКИ. Российско-грузинская группа [Amiranashvili et al., 2017] проводила анализ месячных значений ТКИ в некоторых населенных пунктах Грузии и Северо-Кавказского Федерального округа.

В климатических исследованиях Крымского региона расчет и анализ ТКИ до сих пор не применялся. В этой связи сформулирована цель настоящей работы: получить комплексную оценку туристической привлекательности разных регионов Крыма для каждого месяца года с использованием методики расчета ТКИ и на ее основе определить оптимальные туристические потоки в разные сезоны года с учетом соответствующих рекреационных особенностей региона.

Материалы и методы исследований. Поскольку доступные ежесуточные стационарные данные, содержащие непрерывную информацию о метеопараметрах, необходимых для расчета ТКИ (температура, влажность, давление и скорость ветра), имеют многочисленные пропуски, а качественные ряды данных для большинства этих параметров доступны лишь с 2007 г., в работе были использованы результаты реанализов. Для расчета ТКИ использовались ежесуточные приземные данные реанализа NCEP/NCAR R1 с пространственным разрешением $2,5^\circ \times 2,5^\circ$ за период 1950–2017 гг. и реконструкционные данные наблюдений E-OBS (v17.0), приуроченные к узлам пространственной сетки $0,25^\circ \times 0,25^\circ$ за тот же период. Принимая во внимание возможное сомнение о достаточно грубом разрешении реанализа NCEP/NCAR, отметим, что в работах [Михайлова и др., 2008; Юровский, Маслова, 2008; Воскресенская, Белоусов, 2009] было проведено методическое исследование по сопоставлению массивов этого реанализа по температуре воздуха и морской воды, влажности и приземному давлению с другими реанализами и данными наблюдений на метеостанциях, в том числе и Крыма, и показана возможность использования данных NCEP/NCAR с применением соответствующих получаемых поправок.

Массив данных E-OBS в сравнении с NCEP/NCAR является более надежным источником информации о температуре за счет полноты базы данных, алгоритмов их ассимилирования, однородности исходного ряда (в E-OBS входят лишь стационарные наблюдения) и меньшего пространственного разрешения [Cornes et al., 2018]. В то же время массив данных E-OBS не содержит информацию о влажности, давлении и скорости ветра, поэтому эта информация была взята из реанализа NCEP/NCAR.

Для нивелирования искажений применяемых баз данных было проведено их уточнение с помощью доступных стационарных наблюдений за 2005–2017 гг., информация о которых была взята на портале компании ООО «Расписание погоды» [Сайт ..., 2018]. Для этого данные используемых массивов интерполировались в точки станций (Севастополь, Феодосия, Ялта, Евпатория и Керчь) методом сплайновой поверхности типа «тонкая пластина». Далее, для каждого используемого метеопараметра в один и тот же синоптический срок были рассчитаны коэффициенты корреляции, среднеквадратические отклонения данных реанализа и стационарных данных и отношение дисперсий рядов. Т. е., были получены новые ряды с поправками для каждого перечисленного города.

На основе этих величин производилась корректировка данных реанализа с учетом стационарных данных по следующей формуле:

$$Y_i' = r \frac{\sigma_x}{\sigma_y} (Y_i - \bar{Y}) + \bar{X}, \quad (1)$$

где Y_i' – уточненный ряд, Y_i – исходный ряд данных реанализа, \bar{X} и \bar{Y} – средние рядов стационарных наблюдений и реанализа соответственно, r – коэф-

фициент корреляции, а σ_x и σ_y – дисперсии рядов стационарных наблюдений и реанализа соответственно. Процедура уточнения выполнялась для каждого месяца отдельно.

Для расчетов по ниже приведенным формулам привлекались следующие метеорологические параметры: среднесуточная и максимальная температура воздуха, среднесуточные относительная влажность и скорость ветра, а также количество осадков и солнечное сияние (общее количество солнечных часов). Для всех временных рядов был выполнен контроль качества и проверка на пропуски. С целью оценки тенденций изменения значений биоклиматического показателя, а также температуры воздуха во времени для каждого города рассчитывались коэффициенты линейного тренда. Тенденция изменения рассматриваемого биоклиматического показателя оценивалась на уровне статистической значимости выше 80%.

Оценка привлекательности климатических условий в регионах Крыма в работе проводилась на основе расчета интегрального биоклиматического показателя – Туристического климатического индекса (ТКИ). Оценки выполнялись для каждого месяца, благодаря чему были получены биоклиматические характеристики курортов Крыма для всех сезонов года.

Отметим, что в данной работе использовалась модифицированная версия ТКИ Мечковского, а именно, при расчете ТКИ вместо среднемесячных значений гидрометеопараметров было предложено использовать ежедневные метеорологические данные. Для расчета ТКИ использовалась следующая формула [1985]:

$$TCI = 2 \cdot (4 \cdot CId + ClA + 2 \cdot R + 2 \cdot S + W), \quad (2)$$

где CId – дневной субиндекс комфорта, ClA – субиндекс суточной комфортности, S – субиндекс продолжительности светового дня, R – субиндекс осадков, W – субиндекс скорости ветра.

Ключевыми по суммарному вкладу в величину ТКИ (табл. 1) считаются субиндексы температурного (теплого) комфорта CId и ClA . Они рассчитываются по эффективной температуре, которая является произвольной от температуры, относительной влажности воздуха и скорости ветра. В данной работе для расчета использовалась формула эквивалентно-эффективной температуры (ЭЭТ) по А. Миссенарду [Missenard, 1933]:

$$\begin{aligned} ЭЭТ = 37 - \frac{37 - t}{0,68 - 0,0014 \cdot f + \frac{1}{1,76 + 1,4 \cdot v^{0,75}}} - \\ - 0,29 \cdot t \cdot \left(1 - \frac{f}{100} \right), \end{aligned} \quad (3)$$

где t – температура воздуха, $^\circ\text{C}$; v – скорость ветра, м/с; f – относительная влажность, %.

При этом при расчетах субиндекса дневного теплового комфорта CId использовались максималь-

Таблица 1

Характеристика субиндексов и их вклад в ТКИ [Scott, McBoyle, 2001]

Субиндекс	Исходные метеоданные	Влияние на ТКИ	Вклад в ТКИ, (%)
<i>CI_d</i>	<i>t</i> – температура воздуха (°C) <i>RH</i> – относительная влажность воздуха (%)	Характеризует термическую комфортность в часы максимальной туристической активности	40
<i>CI_a</i>	<i>t</i> – температура воздуха (°C) <i>RH</i> – относительная влажность воздуха (%)	Характеризует термическую комфортность в течение всех суток	10
<i>R</i>	Сумма атмосферных осадков (мм)	Отрицательно влияет на туристическую активность	20
<i>S</i>	Продолжительность светового дня (часы)	Стимулирует туристическую активность	20
<i>W</i>	<i>v</i> – средняя скорость ветра (м/с)	Влияет на туристическую активность в зависимости от своей величины	10

ная температура за день и соответствующие ей показатели относительной влажности и скорости ветра, а при субиндексе суточной комфортности *CI_a* – среднесуточные данные тех же параметров.

Солнечный субиндекс *S* оценивает длительность периода солнечного сияния за сутки и рассчитывается как разность между временем заката и восхода солнца для каждого дня года при учете широты местности и склонения солнца:

$$T_s = 12 + \frac{12}{\pi} \arccos\left(\frac{-\sin \varphi \sin \delta}{\cos \varphi \cos \delta}\right), \quad (4)$$

$$T_r = 12 - \frac{12}{\pi} \arccos\left(\frac{-\sin \varphi \sin \delta}{\cos \varphi \cos \delta}\right), \quad (5)$$

где T_s – время заката, T_r – время восхода, φ – широта местности, δ – склонение солнца.

Субиндекс ветра *W* формируется на основе информации о скорости ветра и температуре воздуха. Если температура воздуха составляет менее 15 °С, индекс ветрового охлаждения рассчитывается по формуле Сайпла [Бартон, Эдхолм, 1957]:

$$OB = (\sqrt{100v} + 10,45v)(33 - t_B), \quad (6)$$

Таблица 2

Таблица расчетных значений субиндексов (в баллах) для ТКИ, основанная на данных З. Мечковского [1985]

Рейтинг (баллы)	Эффективная температура воздуха (°C)	Количество осадков (мм)	Солнечное сияние (час/день)	Скорость ветра (км/час)			Охлаждение ветром (Вт/м ²)
				При максимальной дневной температуре воздуха от 15 до 24°C	При максимальной дневной температуре воздуха выше 24°C	При жаре	
5,0	20–27	0,0–14,9	Более 10	Менее 2,88	12,24–19,79	–	–
4,5	19–20 и 27–28	15,0–29,9	9–10	2,88–5,75	–	–	–
4,0	18–19 и 28–29	30,0–44,9	8–9	5,76–9,03	9,04–12,23 и 19,80–24,29	–	Менее 500
3,5	17–18	45,0–59,9	7–8	9,04–12,23	–	–	–
3,0	15–17	60,0–74,9	6–7	12,24–19,79	5,76–9,03 и 24,30–28,79	–	500–625
2,5	10–15	75,0–89,9	5–6	19,80–24,29	2,88–5,75	–	–
2,0	5–10	90,0–104,9	4–5	24,30–28,79	Менее 2,88 и 28,8–38,52	Менее 2,88	625–750
1,5	0–5	105,0–119,9	3–4	24,30–28,79	–	2,88–5,75	750–875
1,0	–5...–0	120,0–134,9	2–3	28,8–38,52	–	5,76–9,03	875–1000
0,5	–	135,0–149,9	1–2	–	–	9,04–12,23	1000–1125
0,25	–	–	–	–	–	–	1125–1250
0,0	–10...–5	Более 150,0	Менее 1	Более 38,52	Более 38,52	Более 12,24	Более 1250
–1,0	–15...–10	–	–	–	–	–	–
–2,0	–20...–15	–	–	–	–	–	–
–3,0	Ниже –20	–	–	–	–	–	–

где OB – охлаждение в ккал/м²ч; v – скорость ветра, м/с; t_B – температура воздуха, °С. Для данного показателя был сделан пересчет ккал в Вт по соотношению 1 ккал (терм.) в час=1,162 Вт.

В случае субиндекса осадков R показатели за день умножались на количество дней в месяце. Такие корректировки позволили выделить в каждом месяце декады и более детально охарактеризовать временные и региональные различия в туристической привлекательности курортов в определенный период года. Данный метод позволяет объективно оценить несглаженные значения индексов.

Обратим внимание, что в уравнении Мечковского (2), предусмотрено присваивать наибольший вес температурному дневному субиндексу комфорта, поскольку обычно туристы наиболее активны в течение светового дня. Количество солнечного света и осадков придаются вторые по величине веса, за которыми следует суточный тепловой комфорт и скорость ветра.

Для обеспечения общей основы расчетов для всех субиндексов применяется балльная система оценки, варьирующаяся от 5 (оптимально) до –3 (крайне неблагоприятно) (табл. 2). Максимальное значение ТКИ равно 100 баллам, что характерно для «идеальной климатической привлекательности». Категории климатической привлекательности в зависимости от значений индекса представлены на рис. 1. Индекс ТКИ рассчитывался для «среднего человека» без учета индивидуальных особенностей (механизмов адаптации).

Результаты исследований и их обсуждение. В основе всех биоклиматических индексов главным метеорологическим параметром является температура воздуха. Поэтому при анализе тенденций изменения ТКИ отдельно в работе была проана-

лизирована и температура. На примере города Севастополя показано наличие межгодовых и скользящих десятилетних изменений температуры воздуха и ТКИ, обусловленных соответствующими масштабами колебаний в глобальной системе океан–атмосфера (рис. 2) [Коваленко и др., 2017]. На скользящем десятилетнем масштабе в изменениях среднесезонных величин температуры воздуха хорошо заметно ее повышение со второй половины 1970-х гг., что соответствует отмеченному в литературе факту глобального «климатического сдвига» 1976–1977 гг., природу которого связывают со сменой фазы Тихоокеанской декадной осцилляции [Бардин, Воскресенская, 2007].

В результате анализа линейных трендов температуры воздуха на Крымских курортах, оцененных по данным реанализа по месяцам за период 1950–2017 гг., установлено в целом статистически значимое на 99%-ном уровне увеличение среднесезонных температур (табл. 3). При этом максимальная величина линейного тренда (0,056°С) отмечена для Ялты в августе, хотя и с июля по октябрь тренды составляли более 0,03°С. Для Евпатории (0,046°С), Феодосии (0,041°С) и Керчи (0,044°С) максимальные величины линейных трендов отмечены в марте, в то время как в Севастополе максимум составляет лишь 0,028°С. Следует отметить, что в зимние месяцы во всех городах виден рост температуры не менее 0,025°С, более выраженный до 0,036°С в Евпатории. Эта особенность может сослужить позитивную роль в повышении уровня комфортности климатических условий для перспективного развития круглогодичного туризма в Крыму, что будет рассмотрено ниже.

Линейные тренды ТКИ по месяцам за исследуемый период также преимущественно растут, одна-

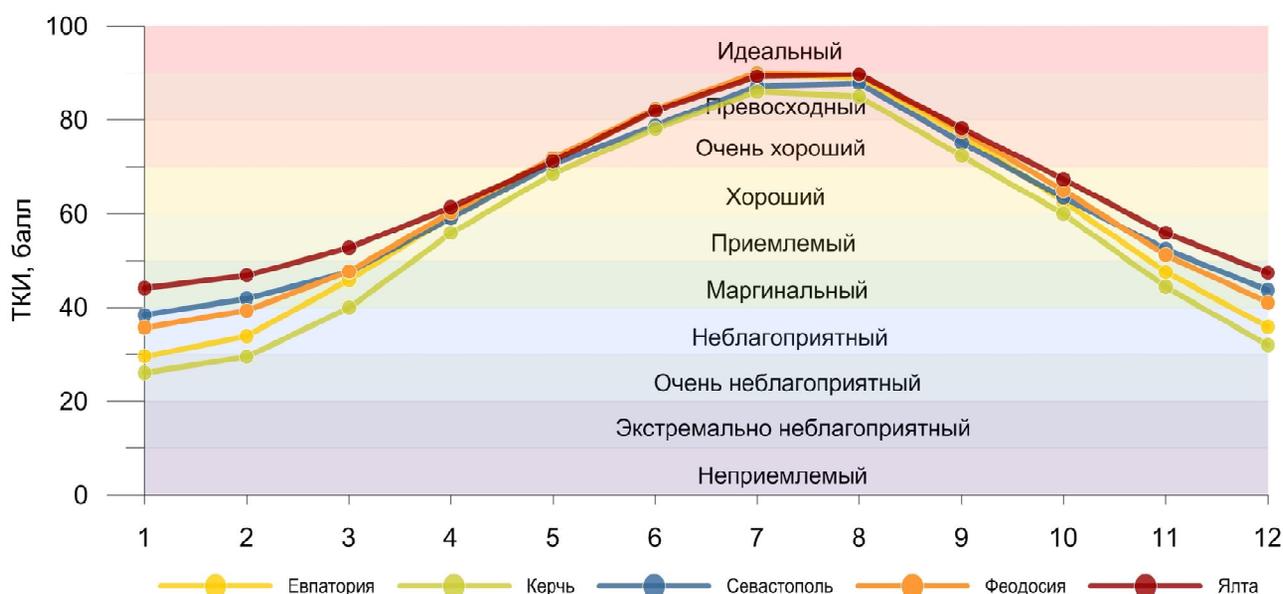


Рис. 1. Внутригодовые изменения Туристического климатического индекса (балл) для курортов Крыма за период 1950–2017 гг.

Fig. 1. Intra-annual TCI variations (points) for Crimean resorts during 1950–2017

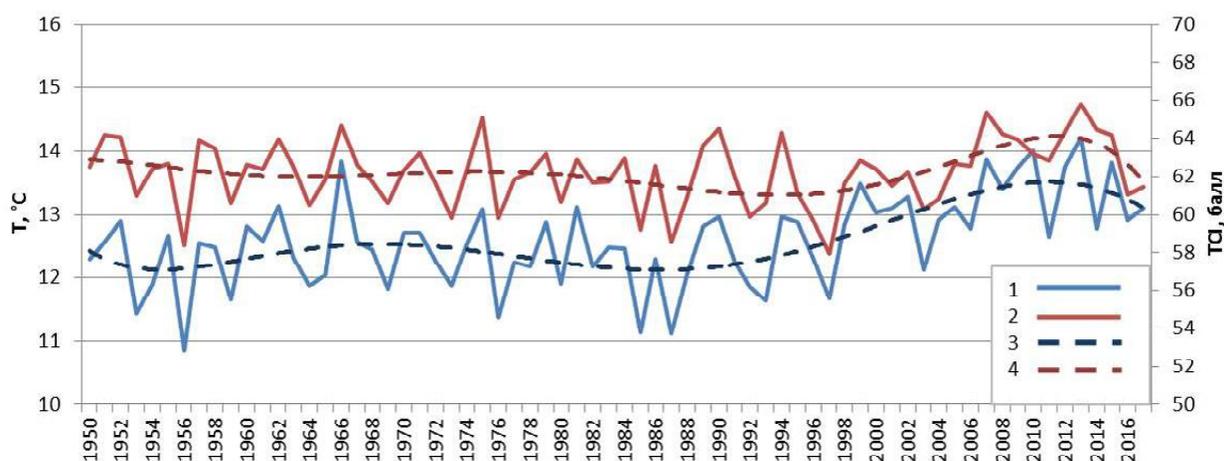


Рис. 2. Изменение среднегодовой температуры воздуха (1) и ТКИ (2) для Севастополя за период 1950–2017 гг. и аппроксимация полиномом шестой степени (3 и 4), соответствующая скользящим десятилетним колебаниям

Fig. 2. Changes of the mean annual air temperature (1) and the TCI (2) during 1950–2017 in Sevastopol and the sextic polynomial approximation (3 and 4), corresponding to moving decadal variations

ко значимость трендов существенно ниже (табл. 4). Из таблиц 3 и 4 видно, что максимальных положительных значений тренды температуры воздуха достигают в марте: в Керчи – 0,092 балла, Евпатории – 0,071 балла, а в Феодосии величина положительного тренда в марте тоже велика (0,057 балла), но максимального значения (0,077 балла) она достигает в июне. В Севастополе линейный тренд ТКИ в марте – 0,048 балла на 90%-ном уровне значимости. Статистически значимая на 95 и 90%-ном уровне тенденция к улучшению климатических условий для туризма в Феодосии установлена для июня (0,077 баллов). В Керчи значимые тренды выражены для июня, июля, августа и октября, а также, хотя и на 80%-ном уровне, – для февраля в Евпатории и Севастополе (0,065 и 0,060 баллов соответственно). Что касается Ялты, то значимого положительного линейного тренда не обнаружено, но имеется значимая на 90%-ном уровне достаточно высокая величина отрицательного тренда –0,099 баллов в октябре.

Климат мест, предназначенных для организации туризма, в зависимости от годового хода показателя ТКИ имеет один из шести типов распределения значений индекса: оптимальный круглогодичный, низкий круглогодичный, летний и зимний пик, бимодальный, плечевой пик, пик сухого сезона. Поскольку все анализируемые города Крыма расположены в средних широтах, для них характерно летнее распределение пиков (см. рис. 1). На графике внутригодового хода ТКИ для пяти анализируемых городов Крыма в 1950–2017 гг. видно, что в целом большую часть года на территории полуострова преобладают благоприятные климатические условия для туризма. Каждый из городов имеет два (Севастополь, Керчь), а некоторые и три (Евпатория, Ялта, Феодосия) месяца со значениями ТКИ выше 80 баллов, уровень комфорта которых оценивается как «превосходный». Обычно зона комфорта определяется как диапазон метеорологических условий (сочетание влажности и температуры, движение воздуха и теп-

Таблица 3

Коэффициенты линейного тренда среднемесячной температуры воздуха (°С/год) за 1950–2017 гг.

Месяц	Евпатория	Севастополь	Ялта	Феодосия	Керчь
1	0,032**	0,025**	0,027****	0,028*	0,025*
2	0,036**	0,026**	0,028****	0,030*	0,028*
3	0,046****	0,036****	0,028****	0,041****	0,044****
4	0,010	0,007	0,008	0,014*	0,019**
5	0,014**	0,010*	0,012***	0,020***	0,019***
6	0,018***	0,013***	0,025****	0,020***	0,017**
7	0,022****	0,022****	0,038****	0,021***	0,020***
8	0,033****	0,026****	0,056****	0,024****	0,023***
9	0,033****	0,029****	0,039****	0,018**	0,017*
10	0,029***	0,024***	0,031****	0,018*	0,024**
11	0,019*	0,015*	0,027****	0,012	0,008
12	0,005	0,003	0,023****	-0,005	-0,004

Уровни значимости: * – 80%, ** – 90%, *** – 95%, **** – 99%.

Таблица 4

Коэффициенты линейного тренда среднемесячных значений ТКИ (балл/год) за 1950–2017 гг.

Месяц	Евпатория	Севастополь	Ялта	Феодосия	Керчь
1	0,025	0,038	0,068	0,056	0,039
2	0,065*	0,060*	0,014	0,050	0,051
3	0,071***	0,048**	0,001	0,057***	0,092***
4	-0,015	-0,025	-0,045	0,005	0,028
5	0,001	-0,004	0,021	0,051*	0,070***
6	-0,009	-0,009	0,019	0,077****	0,058**
7	0,014	0,013	0,062	0,034***	0,069***
8	0,014	0,022	0,008	0,013	0,057**
9	0,006	-0,001	-0,038	0,042	0,022
10	0,010	0,002	-0,003	0,012	0,040*
11	0,024	0,024	-0,099**	0,019	0,029
12	-0,020	-0,024	0,004	-0,030	-0,028

Уровни значимости: * – 80%, ** – 90%, *** – 95 %, **** – 99%.

лового излучения), в пределах которого человек испытывает наименьшее напряжение терморегуляции и оптимальное теплоощущение [Малая ..., 1996; Первая ..., 1994; Энциклопедический ..., 1984].

Комфортным условиям в Крыму соответствуют значения ТКИ выше 60 баллов: от «хороших» до «идеальных». Приемлемые и переходные условия (50–40 баллов) также вполне позволяют осуществлять туристическую деятельность. Поэтому, исходя из графика на рис. 2, биоклиматические условия Ялты вполне пригодны для осуществления круглогодичной туристической деятельности. В эти же границы по значениям ТКИ укладываются условия в Севастополе, хотя величины индекса здесь немного ниже. Феодосию можно отнести к категории условного круглогодичного туризма по нижней границе пригодности, поскольку лишь январский индекс принадлежит к «неблагоприятной» категории. Однако в Евпатории и Керчи биоклиматические туристические условия не попадают в категорию круглогодичных из-за зимних месяцев с декабря по февраль, причем по значениям ТКИ Керчь относится к «очень неблагоприятной» категории в отличие от Евпатории с просто «неблагоприятным» индексом в эти месяцы. Однако, принимая во внимание наличие в Евпатории положительного линейного тренда ТКИ для февраля, можно надеяться на то, что продолжительность туристического сезона в этом городе может увеличиться на один месяц. Таким образом, при разработке стратегии развития туристической деятельности в Крыму возможно перспективное планирование круглогодичного туристического сезона для всей территории Крыма за исключением Керчи и ограниченно Евпатории в зимние месяцы.

Выводы. Исследование биоклиматического потенциала для развития туристической деятельности в Крыму с привлечением Туристического климатического индекса показало следующее:

- многолетний ход ТКИ характеризуется межгодовыми и скользящими десятилетними изменениями, связанными с глобальными процессами в системе океан–атмосфера, а также наличием преимущественно положительного линейного тренда ТКИ;

- значимые величины коэффициентов линейного тренда ТКИ имеют положительный знак в конце зимы – начале весны (0,06–0,065 балл/год в феврале и 0,048–0,092 балл/год в марте), а также несколько меньшие величины в течение остальных месяцев, что выглядит обещающе с точки зрения позитивной тенденции биоклиматических условий для туристической деятельности в Крыму;

- динамика внутригодового хода ТКИ показала наличие биоклиматического потенциала для беспрепятственного осуществления круглогодичной туристической деятельности на территориях Ялты и Севастополя. Феодосию можно отнести к категории условного круглогодичного туризма с ограничениями в январе. При этом биоклиматические туристические условия в Евпатории и в Керчи с декабря по февраль не дают возможности развивать здесь круглогодичный туризм. Однако, принимая во внимание наличие положительного линейного тренда ТКИ для февраля в Евпатории, можно надеяться на увеличение продолжительности туристического сезона на один месяц. Таким образом, при разработке стратегии развития туристической деятельности в Крыму возможно перспективное планирование круглогодичного туристического сезона для всей территории Крыма за исключением Керчи и ограниченно Евпатории в зимние месяцы.

Благодарности. Работа выполнена при частичной финансовой поддержке РФФИ (проекты № 18-35-00325 и № 18-45-920063).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Бардин М.Ю., Воскресенская Е.Н.* Тихоокеанская декадная осцилляция и европейские климатические аномалии // Морской гидрофизический журнал. 2007. № 4. С. 13–23.
- Бартон А., Эдхолм О.* Человек в условиях холода. М.: Изд-во иностранной литературы, 1957. 333 с.
- Воскресенская Е.Н., Белоусов В.В.* Геоинформационные форматы гидрометеорологических данных с использованием разных типов реанализа и методика их визуализации // Системы контроля окружающей среды: сб. науч. тр. Севастополь: Изд-во МГИ, 2009. № 12. С. 163–166.
- Данилова Н.А.* Климат и отдых в нашей стране. М.: Мысль, 1980. 155 с.
- Коваленко О.Ю., Бардин М.Ю., Воскресенская Е.Н.* Изменения характеристик экстремальности температуры воздуха в Причерноморском регионе и их изменчивости в связи с крупномасштабными климатическими процессами межгодового масштаба // Фундаментальная и прикладная климатология. 2017. № 2. С. 44–64.
- Малая медицинская энциклопедия: в 6 т. / Гл. ред. В.И. Покровский. М.: Сов. энцикл.: Большая Российская энциклопедия: Медицина, 1991–1996.
- Мансуре Д.* Применение количественного показателя ТСИ для оценки климатотуристического комфорта (на примере области ИРИ) // Вестник Таджикского национального университета. Серия социально-экономических и общественных наук. Душанбе: СИНО, 2014. № 2/5(141). С. 133–140.
- Мизин В.И., Ежов В.В., Ярош А.М., Пьянков А.Ф., Дорошкевич С.В.* Актуальные проблемы медицинской климатологии в совершенствовании санаторно-курортной помощи // Вестник физиотерапии и курортологии. 2018. № 2. 110 с.
- Михайлова Н.В., Наумова В.А., Воскресенская Е.Н.* Сравнительный анализ гидрометеорологических данных глобальных массивов NCEP/NCAR и COADS с данными наблюдений гидрометслужбы Украины в регионе Черного моря // Системы контроля окружающей среды: сб. науч. тр. Севастополь: Изд-во МГИ, 2008. № 11. С. 312–315.
- Первая медицинская помощь. М.: Большая Российская Энциклопедия, 1994. 255 с.
- Рыбак О.О., Рыбак Е.А.* Применение климатических индексов для оценки региональных различий туристической привлекательности // Научный журнал КубГАУ. 2016. № 121(07). С. 1–24.
- Саранча М.А.* Методологические проблемы интегральной оценки туристско-рекреационного потенциала территории // Вестник Удмуртского университета. Биология. Науки о Земле. 2011. № 1. С. 118–127.
- Хоссейни С.С.* Изучение роли туризма в устойчивом развитии региона с помощью геоинформационных систем (на примере провинции Исфahan, Иран): автореф. дис. ... канд. геогр. наук / Казанский (Приволжский) федеральный университет. Пермь, 2015. 22 с.
- Шартова Н.В., Шапошиников Д.А., Константинов П.И., Ревич Б.А.* Биоклиматический подход к оценке смертности населения во время аномальной жары на примере юга России // Вест. Моск. ун-та. Сер. 5. Геогр. 2018. № 6. С. 47–55.
- Энциклопедический словарь медицинских терминов: в 3 т. / Гл. ред. Б.В. Петровский. М.: Сов. энциклопедия, 1982–1984.
- Юровский А.В., Маслова В.Н.* Сравнительный анализ гидрометеорологических данных, выделенных для Черноморского региона из массивов ре-анализа JRA-25, NCEP/NCAR и ERA-40 // Системы контроля окружающей среды: сб. науч. тр. Севастополь: Изд-во МГИ, 2008. № 11. С. 316–319.
- Agnew M., Viner D.* Potential Impacts of Climate Change on International Tourism. Tourism and Hospitality Research, 2001, vol. 3, no. 1, p. 37–60.
- Amelung B., Viner D.* Mediterranean Tourism: Exploring the Future with the Tourism Climatic Index. Journal of Sustainable Tourism, 2006, vol. 14, no. 4, p. 349–366.
- Andreyev S., Popova E.* Ecologic-geographical estimation of climatic comfortness of Rostov-on-Don. European Journal of Natural History, 2013, vol. 5, p. 32–34.
- Amiranashvili A.G., Japaridze N.D., Kartvelishvili L.G., Khazaradze K.R., Matzarakis A., Povolotskaya N.P., Senik I.A.* Tourism Climate Index in Some Localities of Georgia and North Caucasus (Russia). Journal of the Georgian Geophysical Society, Issue B. Physics of Atmosphere, Ocean and Space Plasma, 2017, vol. 20B, p. 43–64.
- Bakhtiari B., Bakhtiari A.* Determination of Tourism Climate Index in Kerman Province. Desert, 2013, vol. 18, no. 2, p. 113–126.
- Belyaeva V.* Influence exerted by risk factors of space and earth weather on frequency of emergency calls from patients with acute cerebral circulation disorders. Health Risk Analysis, 2017, vol. 4, p. 76–82.
- Cornes R.C., van der Schrier G., van den Besselaar E.J.M., Jones P.D.* An Ensemble Version of the E-OBS Temperature and Precipitation Data Sets. J. Geophys. Res.-Atmos., 2018, vol. 123, no. 17, p. 9391–9409.
- Javzmaa T., Bat-Enkh O., Ajnai L., Battulga S.* Results of Simulation Program for Pathological Index relating the Climate Factors. American Journal of Networks and Communications, Special Issue: Traffic and Performance Engineering for Networks, 2016, vol. 5, no. 1–1, p. 10–13.
- Kulagina K., Trifonova T.* Assessment of Climate Comfort for Central Russia Residents. GI-Forum 2014: Geospatial Innovation for Society, 2014, vol. 1, p. 225–228.
- Mieczkowski Z.* The Tourism Climatic Index: A Method of Evaluating World Climates for Tourism. The Canadian Geographer, 1985, vol. 29, no. 3, p. 220–233.
- Missenard F.* Température effective d'une atmosphère Généralisation température résultante d'un milieu. In: Encyclopédie Industrielle et Commerciale, Etude physiologique et technique de la ventilation. Librairie de l'Enseignement Technique, Paris, 1933, p. 131–185.
- Morgan R., Gatell E., Junyent R., Micallef A., Özhan E., Williams A.* An improved user-based beach climate index. J. Coast. Conserv., 2000, vol. 6, p. 41–50.
- Perevedentsev Yu., Malkhazova S., Aukhadiev T., Shantalinsky K.* Medical and demographic consequences of climate change and the assessment of comfort level of weather-climatic conditions in the Volga Federal. Geography. Environment. Sustainability, 2016, vol. 4, no. 9, p. 63–76.
- Scott D., McBoyle G.* Using a 'tourism climate index' to examine the implications of climate change for climate as a tourism resource. First International Workshop on Climate, Tourism and Recreation, Halkadiki, Greece, 2001, p. 69–88.
- Scott D., McBoyle G., Mills B.* Climate change and the skiing industry in Southern Ontario (Canada): exploring the importance of snowmaking as a technical adaptation. Climate Research, 2003, vol. 23, p. 171–181.
- Trifonova T., Kulagina E., Mishchenko N.* Assessment of bioclimatic conditions in Russia Central Federal Region. The Geography of Health: the Challenges of Environmental and Societal Issues in the 21st Century. Pre-Conference Meeting to the 32nd International Geographical Congress, Berlin, 2012, p. 33–34.
- Электронные ресурсы*
Сайт «Расписание погоды» [Электронный ресурс]: URL: <https://rp5.ru> (дата обращения 28.04.2018).

Поступила в редакцию 10.11.2019

После доработки 12.04.2020

Принята к публикации 06.07.2020

A.A. Stefanovich¹, E.N. Voskresenskaya², A.S. Lubkov³

EVALUATION OF BIOCLIMATIC POTENTIAL OF THE BLACK SEA RESORTS OF CRIMEA FOR REGIONAL TOURISM DEVELOPMENT

A comprehensive analysis of bioclimatic conditions over the Crimea was carried out to evaluate the potential of its territory development as a year-round tourist resort. The Tourism Climatic Index (TCI) was used as an indicator of such conditions. It was calculated on the basis of Z. Mieczkowski method, improved by the authors. Daily hydrometeorological data for the period from 1950 to 2017 was analyzed, taken from the archive of standard hydrometeorological observations at five main stations of Crimea located in the different zones of the peninsula (Evpatoria, Sevastopol, Yalta, Feodosia and Kerch) and the archive of observation data from European weather stations E-OBS, as well as the NCEP/NCAR re-analysis data on the spatial grid 2,5°×2,5°, which were interpolated to the points of observation in the Crimea.

Bioclimatic potential and restrictions for carrying out year-round tourism activities are shown. The study of the TCI linear trends for each month revealed the significant positive values of the corresponding coefficients in late winter and early spring (0,06–0,065 points/year in February and 0,048–0,092 points/year in March), as well as just slightly smaller values during the other months, which seems promising for the formation of a positive trend in bioclimatic conditions and favors tourist activity in Crimea. Analysis of the TCI intra-annual dynamics showed a high bioclimatic potential for the year-round tourist activities within the territories of Yalta and Sevastopol regions. At the same time, the region of Feodosia could be classified into conditionally year-round tourism with restrictions in January. The bioclimatic values of tourist conditions in Evpatoria and Kerch regions from December to February eliminate the development of year-round touristic and recreational activities in these areas. However, taking into account the positive linear trend of TCI for February in the Evpatoria area, one can hope for possible lengthening of the tourist season by one month in the future.

Key words: tourism climatic index, Crimea, comprehensive analysis, comfort level, recreation

Acknowledgements. The work was partly financially supported by the Russian Foundation for Basic Research (projects no. 18-35-00325 and 18-45-920063).

REFERENCES

- Agnew M., Viner D. Potential Impacts of Climate Change on International Tourism. *Tourism and Hospitality Research*, 2001, vol. 3, no. 1, p. 37–60.
- Amelung B., Viner D. Mediterranean Tourism: Exploring the Future with the Tourism Climatic Index. *Journal of Sustainable Tourism*, 2006, vol. 14, no. 4, p. 349–366.
- Amiranashvili A.G., Dzhaparidze N.D., Kartvelishvili L.G., Khazaradze K.R., Matzarakis A., Povolotskaya N.P., Senik I.A. Tourism Climate Index in Some Localities of Georgia and North Caucasus (Russia). *Journal of the Georgian Geophysical Society, Issue B. Physics of Atmosphere, Ocean and Space Plasma*, 2017, vol. 20B, p. 43–64.
- Andreyev S., Popova E. Ecologic-geographical estimation of climatic comfortness of Rostov-on-Don. *European Journal of Natural History*, 2013, vol. 5, p. 32–34.
- Bakhtiari B., Bakhtiari A. Determination of Tourism Climate Index in Kerman Province. *DESERT*, 2013, vol. 18, no. 2, p. 113–126.
- Bardin M.Ju., Voskresenskaya E.N. Pacific decade oscillation and European climatic anomalies. *Physical Oceanography*, vol. 17, iss. 4, July 2007, p. 200–208. (In Russian)
- Belyaeva V. Influence exerted by risk factors of space and earth weather on frequency of emergency calls from patients with acute cerebral circulation disorders. *Health Risk Analysis*, 2017, vol. 4, p. 76–82.
- Barton A., Edkholm O. Chelovek v usloviyakh kholoda. Moscow, Foreign literature Publ., 1957, 333 p. (In Russian)
- Cornes R.C., van der Schrier G., van den Besselaar E.J.M., Jones P.D. An Ensemble Version of the E-OBS Temperature and Precipitation Data Sets. *J. Geophys. Res.-Atmos.*, 2018, vol. 123, no. 17, p. 9391–9409.
- Danilova N.A. *Klimat i otdyh v nashej strane* [Climate and recreation in our country]. Moscow, Mysl' Publ., 1980, 155 p. (In Russian)
- Entsiklopedicheskii slovar' meditsinskikh terminov: v 3 t., gl. red. B.V. Petrovskii [Encyclopedic dictionary of medical terms, in three volumes, Ed. B.V. Petrovskii]. Moscow, Sovetskaja enciklopedija Publ., 1982–1984. (In Russian)
- Hossejini S.S. *Izuchenie roli turizma v ustojchivom razviti regiona s pomoshh'ju geoinformacionnyh sistem (na primere provincii Isfahan, Iran)* [Study of the role of tourism for sustainable development of a region using geographic information systems (case study of the Isfahan Province, Iran)]. Extended Abstract of PhD Thesis in Geography, Perm', Kazanskij (Privolzhskij) federal'nyj universitet Publ., 2015, 22 p. (In Russian)
- Javzmaa T., Bat-Enkh O., Ajnai L., Battulga S. Results of Simulation Program for Pathological Index relating the Climate Factors. *American Journal of Networks and Communications, Special Issue: Traffic and Performance Engineering for Networks*, 2016, vol. 5, no. 1–1, p. 10–13.

¹ Institute of Natural and Technical Systems, Junior Scientific Researcher; e-mail: amazurenko@mail.ru

² Institute of Natural and Technical Systems, Deputy Director of Scientific Research, Professor, D.Sc. in Geography, e-mail: elena_voskr@mail.ru

³ Institute of Natural and Technical Systems, Junior Scientific Researcher; e-mail: andrey-ls2015@yandex.ru

- Kovalenko O.Ju., Bardin M.Ju., Voskresenskaya E.N. Izmenenija harakteristik ekstremal'nosti temperatury vozduha v Prichernomorskom regione i ih izmenchivosti v svjazi s krupnomasshtabnymi klimaticeskimi processami mezhgodovogo masshtaba [Changes in the characteristics of air temperature extremes over the Black Sea region and their variability associated with interannual large-scale climatic processes]. *Fundamental'naja i prikladnaja klimatologija*, 2017, no. 2, p. 44–64. (In Russian)
- Kulagina K., Trifonova T. Assessment of Climate Comfort for Central Russia Residents. *GI-Forum 2014: Geospatial Innovation for Society*, 2014, vol. 1, p. 225–228.
- Malaja medicinskaja enciklopedija: V 6 t., Gl. red. V.I. Pokrovskij [Small medical encyclopedia, in six (6) volumes, Ed. V.I. Pokrovskij]. Moscow, Sovetskaja enciklopedija Publ., Bol'shaja Rossijskaja Jenciklopedija Publ., Medicina Publ., 1991–1996. (In Russian)
- Mansure D. Primenenie kolichestvennogo pokazatelja TCI dlja ocenki klimatoturisticheskogo komforta (na primere oblasti IRI) [Utilization of TCI quantitative index to assess tourism climate comfort zones (Case study: Iran-coastal province of Mazandaran)]. *Vestnik Tadzhijskogo nacional'nogo universiteta, Serija social'no-ekonomicheskij i obshhestvennyh nauk*, Dushanbe, SINO Publ., 2014, no. 2/5(141), p. 135–140. (In Russian)
- Mieczkowski Z. The Tourism Climatic Index: A Method of Evaluating World Climates for Tourism. *The Canadian Geographer*, 1985, vol. 29, no. 3, p. 220–233.
- Mihajlova N.V., Naumova V.A., Voskresenskaya E.N. [A comparative analysis of the hydrometeorological data of the NCEP / NCAR and COADS global massifs and the observational data of the hydrometeorological service of Ukraine in the Black Sea region]. *Sistemy kontrolja okruzhajushhej sredy* [Systems of environment monitoring]: Sb. nauch. tr. Sevastopol', MGI Publ., 2008, no. 11, p. 312–315. (In Russian)
- Missenard F. Température effective d'une atmosphère Généralisation température résultante d'un milieu. In: *Encyclopédie Industrielle et Commerciale, Etude physiologique et technique de la ventilation*, Librairie de l'Enseignement Technique, Paris, 1933, p. 131–185.
- Mizin V.I., Ezhov V.V., Jarosh A.M., P'jankov A.F., Doroshkevich S.V. Aktual'nye problemy medicinskoj klimatologii v sovershenstvovanii sanatorno-kurortnoj pomoshhi [Actual problems of medical climatology in improving sanatorium and resort care]. *Vestnik fizioterapii i kurortologii*, no. 2, 2018, 110 p. (In Russian)
- Morgan R., Gatell E., Junyent R., Micallef A., Özhan E., Williams A. An improved user-based beach climate index. *J. Coast. Conserv.*, 2000, vol. 6, p. 41–50.
- Perevedentsev Yu., Malkhazova S., Aukhadeev T., Shantalinsky K. Medical and demographic consequences of climate change and the assessment of comfort level of weather-climatic conditions in the Volga Federal District. *Geography. Environment. Sustainability*, 2016, vol. 4, no. 9, p. 63–76.
- Pervaja medicinskaja pomoshh' [First aid]. Moscow, Bol'shaja Rossijskaja Enciklopedija Publ., 1994, 255 p. (In Russian)
- Rybak O.O., Rybak E.A. Primenenie klimaticeskijh indeksov dlja ocenki regional'nyh razlichij turisticheskijh attraktivnosti [Application of climate indices for evaluation of regional differences in tourist attractiveness]. *Nauchnyj zhurnal KubGAU*, 2016, no. 1021(07), p. 1–24. (In Russian)
- Sarancha M.A. Metodologicheskie problemy integral'noj ocenki turistsko-rekreacionnogo potenciala territorii [Methodological problems of the integrated assessment of tourist and recreational potential of a territory]. *Vestnik Udmurtskogo universiteta, Biologija, Nauki o Zemle*, 2011, vol. 1, p. 118–127. (In Russian)
- Scott D., McBoyle G. Using a 'tourism climate index' to examine the implications of climate change for climate as a tourism resource. First International Workshop on Climate, Tourism and Recreation, Halkadiki, Greece, 2001, p. 69–88.
- Scott D., McBoyle G., Mills B. Climate change and the skiing industry in Southern Ontario (Canada): exploring the importance of snowmaking as a technical adaptation. *Climate Research*, 2003, vol. 23, p. 171–181.
- Shartova N.V., Shaposhnikov D.A., Konstantinov P.I., Revich B.A. Bioklimaticeskij podhod k ocenke smertnosti naselenija vo vremja anomal'noj zhary na primere juga Rossii [Bioclimatic approach to the assessment of population mortality during heat waves: case study of the south of Russia]. *Vestn. Mosk. un-ta, Ser. 5, Geogr.*, 2018, no. 6, p. 47–55. (In Russian)
- Trifonova T., Kulagina E., Mishchenko N. Assessment of bioclimatic conditions in Russian Central Federal Region. *The Geography of Health: the Challenges of Environmental and Societal Issues in the 21st Century*, Pre-Conference Meeting to the 32nd International Geographical Congress, Berlin, 2012, p. 33–34.
- Voskresenskaya E.N., Belousov V.V. [Geo-informational formats of hydrometeorological data using different types of reanalysis and the technique of their visualization]. *Sistemy kontrolja okruzhajushhej sredy* [Systems of environment monitoring]: Sb. nauch. tr. Sevastopol', MGI Publ., 2009, no. 12, p. 163–166. (In Russian)
- Yurovskij A.V., Maslova V.N. Sravnitel'nyj analiz gidrometeorologicheskijh dannyh, vydelennyh dlja Chernomorskogo regiona iz massivov re-analiza JRA-25, NCEP/NCAR i ERA-40 [Comparative analysis of hydrometeorological data for the Black Sea region from the JRA-25, NCEP/NCAR and ERA-40 re-analysis arrays]. *Sistemy kontrolja okruzhajushhej sredy* [Systems of environment monitoring]: Sb. nauch. tr. Sevastopol', MGI Publ., 2008, no. 11, p. 316–319. (In Russian)
- Web sources
- Raspisanie pogody [Website «Weather schedule»] [Elektronnyj resurs]: URL: <https://rp5.ru> (access date 28.04.2018). (In Russian)

Received 10.11.2019

Revised 12.04.2020

Accepted 06.07.2020

МЕТОДЫ ГЕОГРАФИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

УДК 316:61

Н.В. Шартова¹, В.Н. Крайнов², С.М. Малхазова³, В.С. Тикунов⁴

ПРОСТРАНСТВЕННЫЙ АНАЛИЗ СМЕРТНОСТИ ГОРОДСКОГО НАСЕЛЕНИЯ

В статье представлен опыт разработки типологической классификации на основе показателей смертности в городах с численностью населения свыше 100 000 человек в целях выявления региональных особенностей уровня и структуры смертности городского населения РФ. Разработана методика и проведена типологическая классификация городов РФ, на основе которой выделены и проанализированы их территориальные объединения, состоящие из восьми групп для мужчин и шести для женщин, различающихся по уровню и причинам смертности. Среди женщин высокий уровень смертности регистрируется, в первую очередь, в старейших промышленных центрах Урала и Сибири. Среди мужчин – в городах севера европейской части РФ, а также в промышленных городах юга Сибири. Наряду с естественными причинами смерти ведущую роль играют и ее внешние причины, в том числе убийства и самоубийства. Отдельно выделяется группа городов с высоким уровнем смертности из-за внешних причин и социально значимых патологий среди мужчин – Кызыл, Новокузнецк, Улан-Удэ. Самые низкие показатели смертности среди женщин характерны для городов европейской территории РФ, расположенных южнее Московской области. Низкие показатели смертности среди мужчин, в отличие от женщин, отмечаются не только в городах Европейской территории РФ, но и на Урале (Екатеринбурге, Тюмени), а также в Западной Сибири (Новом Уренгое, Нижневартовске, Ноябрьске, Сургуте, Томске). Традиционно минимальный уровень смертности в РФ фиксируется в городах республик Северного Кавказа. Следует отметить более дифференцированное территориальное распределение смертности среди мужчин. Выявлена зависимость уровня смертности от плотности города. Наиболее четко она проявляется для женщин. Созданная база данных и алгоритм расчета по смертности населения с детальным разграничением на возрастные категории и причины смерти создают возможность для дальнейшего анализа медико-демографической ситуации в городах.

Ключевые слова: смертность населения, территориальная дифференциация, типологическая классификация, математико-картографическое моделирование

Введение. Влияние городской среды на здоровье человека является в настоящее время ключевой проблемой для национальных и муниципальных органов власти и здравоохранения многих стран мира. За последние десятилетия население городов выросло более чем на один миллиард человек. Доля мирового населения, проживающего на урбанизированных территориях, согласно прогнозам увеличится с 54% в 2015 г. до 60% в 2030 г. и до 66% к 2050 г. [WHO, 2016]. Отдельной проблемой является здоровье населения «мегагородов», находящееся под воздействием специфической окружающей среды, характерной для территорий с быстро развивающейся экономикой [Kramer et al., 2011].

Заболеваемость, инвалидность, временная нетрудоспособность и смертность негативно сказываются на социально-трудовом потенциале и приводят к существенным экономическим потерям. Принято считать [WHO, 2016], что общественное здоровье тесно связано с социально-экономическими

условиями, а его уровень служит точным и надежным индикатором качества жизни. В настоящее время Всемирная организация здравоохранения для характеристики здоровья населения по странам и отдельным регионам в числе обязательных индексов рекомендует использовать ожидаемую продолжительность жизни и показатели смертности населения [Zatonski, Bhala, 2012].

В настоящее время, наряду с расширением возможностей работы с большими массивами информации и увеличением скорости вычислений, произошли значительные изменения в области сбора и анализа показателей здоровья городского населения, экологических характеристик городской среды, а также методов их обработки. Значительное развитие получили различные статистические модели, связанные с площадными особенностями распределения показателей. Немалая часть статистических исследований за последнее десятилетие была сосредоточена на стохастических моделях простран-

¹ МГУ имени М.В.Ломоносова, географический факультет, кафедра геохимии ландшафтов и географии почв, ст. науч. с., канд. геогр. н.; *e-mail:* shartova@yandex.ru

² МГУ имени М.В.Ломоносова, географический факультет, кафедра биогеографии, инженер; *e-mail:* vkrainov@gmail.com

³ МГУ имени М.В.Ломоносова, географический факультет, кафедра биогеографии, профессор, зав. кафедрой, докт. геогр. н.; *e-mail:* sveta_geo@mail.ru

⁴ МГУ имени М.В.Ломоносова, географический факультет, лаборатория комплексного картографирования, профессор, зав. лабораторией, докт. геогр. н.; *e-mail:* vstikunov@yandex.ru

ственной зависимости с введением пространственно связанных случайных эффектов в рамках байесовской иерархической системы. Популярный класс моделей основан на Марковских случайных полях (или Марковской сети), где условное распределение показателей по территории зависит от наблюдений в соседних регионах [Banerjee, 2016]. При наличии экологических или социально-экономических данных, позволяющих включать в пространственную модель причинно-следственные связи в уровне смертности, используются регрессионные модели (spatial panel data model) с фиксированными эффектами и пространственной автокорреляцией [Barufi et al., 2012; Mackenbach et al., 2019].

Российские исследователи ограничены в использовании открытых данных. Зачастую доступны только общие показатели смертности и заболеваемости, на основании которых сложно оценить возможные риски для жизнедеятельности населения. Большое значение имеет унификация применяемых индексов, разработка требований к использованию идентичных параметров для последующего сопоставления результатов, а также методы стандартизации показателей. Таким образом, исследование влияния городской среды на здоровье населения, а также разработка подходов к пространственному анализу являются актуальной задачей, требующей своего решения.

С учетом сложившегося мирового опыта в рамках настоящего исследования разработана типологическая классификация городов РФ по показателям смертности среди мужчин и женщин и проведен анализ территориальных особенностей уровня и структуры смертности городского населения РФ. Для достижения указанной цели были поставлены следующие задачи:

1. Сбор первичной информации по смертности населения и составление базы данных.
2. Создание автоматизированного алгоритма стандартизации показателей смертности по полу и возрасту и расчет производных показателей.
3. Разработка типологической классификации городов РФ по уровню и причинам смертности и ее апробация на выбранных причинах смерти.

Материалы и методы исследований. Исследование основано на созданной авторами базе данных по смертности населения в городах РФ. Для разработки и апробации типологической классификации был выбран 5-летний период с 2011 по 2015 гг. Выбор показателей для внесения в базу данных проводился на основе международной классификации болезней десятого пересмотра, МКБ-10 [WHO, 2019]. Общий принцип формирования системы медико-демографических показателей в базе данных основан на взаимодополняющем использовании первичной статистической информации и расчетных производных показателей. Первичные статистические материалы были получены в Федеральной службе государственной статистики для 169 городов с численностью населения свыше 100 000 человек. Они представляют собой данные об абсолютном коли-

честве умерших людей и отражены в статистической форме С51 «Распределение умерших по полу, возрастным группам и причинам смерти». Информация представлена отдельно для мужчин и женщин по возрастным категориям: 0–1 год, 1–4, 5–9 и т. д. с интервалом в пять лет до возрастной категории свыше 85 лет; всего 19 возрастных групп.

Исходные данные составили 306 причин смерти, включая как классы болезней согласно МКБ-10, так и отдельные нозоформы. Из них было отобрано 140 причин, включенных в базу данных, на основе их приоритетного значения для проведения медико-географического анализа состояния здоровья городского населения, а также имеющих возможную экологическую или социально-экономическую обусловленность.

На основе данных первичной статистики подготовлены производные (расчетные) медико-демографические показатели [Денисенко, Калмыкова, 2009]. Их расчет связан с тем, что для проведения корректного сравнительно-географического анализа медико-демографических процессов следует использовать стандартизованные показатели, для которых устранено влияние половозрастной структуры населения.

В настоящем исследовании применен метод прямой стандартизации, при которой повозрастные коэффициенты смертности реального населения взвешиваются по возрастной структуре стандарта. В качестве эталона выбран европейский стандарт Всемирной организации здравоохранения 1975 г., представляющий собой обобщенную возрастную структуру ряда европейских стран, которая принята в качестве основы при стандартизации демографических показателей. Для территории России европейский стандарт целесообразно использовать в силу того, что возрастная структура населения нашей страны близка к государствам Европы [Malkhazova et al., 2017].

Для вычисления производных показателей был разработан алгоритм автоматизированного расчета стандартизованных медико-демографических показателей с использованием СУБД MS Visual FoxPro 9.0 (рис. 1). Необходимость разработки такого алгоритма связана с тем, что информация об абсолютном количестве умерших по причинам смерти в городах РФ представляет собой большой массив данных, трудно обрабатываемый в ручном режиме. Разработанная программа позволяет выбрать необходимую комбинацию (год, причина смерти, возрастная группа, пол и др.) с последующим выводом таблиц MS Excel, содержащих возрастную коэффициент смертности, стандартизованный коэффициент смертности, нижнюю и верхнюю границы доверительного интервала, а также его длину (рис. 2).

Таким образом, проведенная обработка первичного материала позволила получить производные данные, представляющие возрастной состав населения по 5-летним группам, смертность по причинам, соответствующим классам болезней согласно

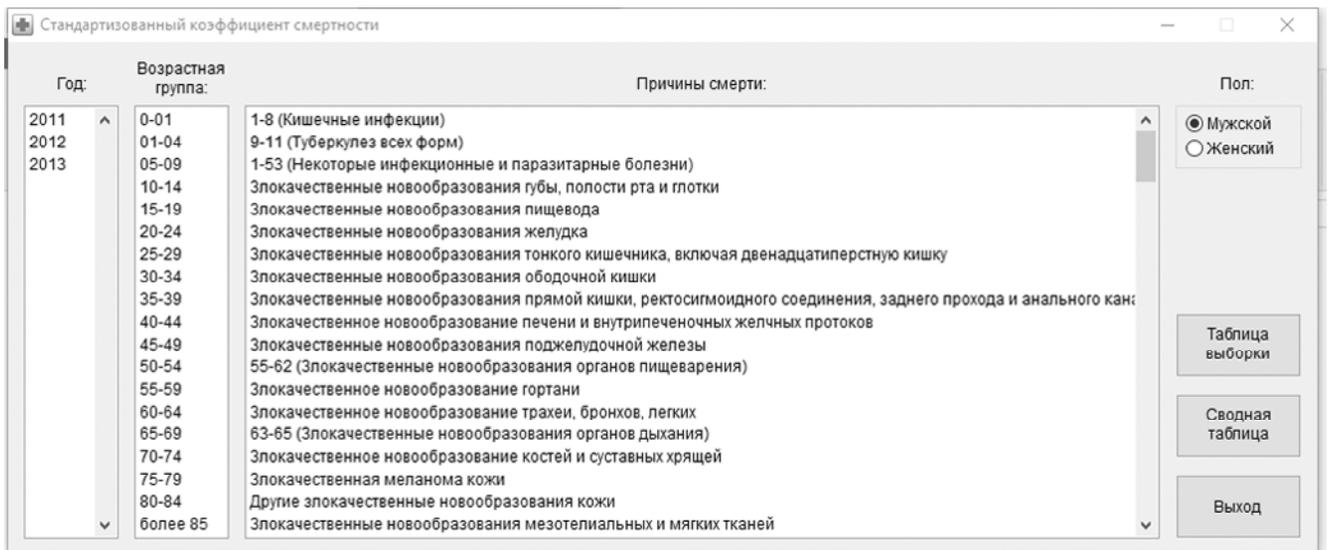


Рис. 1. Интерфейс программы расчета стандартизованного коэффициента смертности

Fig. 1. The interface of the standardized mortality rate calculation program

МКБ-10 и ряду патологий отдельно для мужчин и женщин.

Для разработки типологической классификации использована модель, в которой в основе группировки территориальных единиц (городов РФ) по комплексу показателей смертности от различных причин лежат условия их гомогенности [Тикунов, 1997]. Для апробации были использованы показатели смертности по основным причинам смерти населения России: болезней системы кровообращения, в том числе ишемических и цереброваскулярных, болезней органов дыхания, в том числе пневмонии, болезней органов пищеварения, онкологических заболеваний, внешних причин смерти, инфекционных болезней, в том числе туберкулеза и ВИЧ-инфек-

ции, а также причин смерти, связанных с употреблением алкоголя. На первом этапе проводится нормировка исходных показателей по дисперсиям. Нормированные показатели образуют матрицу, на основе которой рассчитываются различные меры близости территориальных единиц – евклидовы расстояния. Для каждого варианта группировки подсчитывается сумма внутригрупповых различий; вариант, дающий минимальную сумму, принимается в качестве окончательного. Получаемый ряд группировок анализируется с учетом абсолютного и относительного коэффициентов неоднородности, на основе чего происходит объединение городов в группы, различные по анализируемым показателям смертности. По итогам применения алгоритма классификации было

141-150 (Цереброваскулярные болезни), Женщины, 2012																			
Город	0-01	01-04	05-09	10-14	15-19	20-24	25-29	30-34	35-39	40-44	45-49	50-54	55-59	60-64	65-69	70-74	75-79	80-84	более 85
Белгород	0	0	0	0	0	0	0	0,005	0,005	0	0,027	0,017	0,024	0,067	0,087	0,144	0,207	0,283	0,615
Старый Оскол	0	0	0	0	0	0	0	0,007	0	0	0,039	0,026	0,047	0,056	0,068	0,173	0,169	0,219	0,271
Брянск	0	0	0	0	0	0	0	0,004	0,005	0,015	0,027	0,026	0,065	0,114	0,197	0,34	0,412	0,483	1,094
Владимир	0	0	0	0	0	0	0	0	0,023	0,016	0,026	0,044	0,057	0,066	0,154	0,222	0,19	0,237	
Ковров	0	0	0	0	0	0	0	0	0,014	0,027	0,043	0,064	0,189	0,231	0,443	0,614	0,684	1,22	
Муром	0	0	0	0	0	0	0	0,017	0,016	0,017	0,016	0,039	0,089	0,163	0,119	0,248	0,255	0,297	0,568
Воронеж	0	0	0	0	0	0,001	0,001	0	0,006	0,011	0,019	0,025	0,04	0,074	0,115	0,21	0,271	0,302	0,511
Иваново	0	0	0	0	0	0	0,004	0	0,004	0,019	0,033	0,017	0,059	0,119	0,136	0,218	0,356	0,31	0,676
Калуга	0	0	0	0	0	0	0	0,016	0,011	0,012	0,017	0,027	0,034	0,084	0,117	0,2	0,311	0,361	0,896
Обнинск	0	0	0	0	0	0	0	0	0,019	0	0,014	0,042	0,049	0,033	0,176	0,125	0,17	0,339	
Кострома	0	0	0	0	0	0	0	0	0,007	0	0,007	0,047	0,063	0,07	0,176	0,222	0,309	0,317	0,607
Курск	0	0	0	0	0	0,004	0	0	0,005	0,023	0,039	0,056	0,078	0,11	0,224	0,372	0,465	1,101	
Липецк	0	0	0	0	0,006	0	0	0,003	0,007	0,004	0,011	0,02	0,069	0,062	0,125	0,175	0,209	0,168	0,268
Елец	0	0	0	0	0	0	0	0	0,035	0,019	0,018	0,075	0,063	0,111	0,184	0,225	0,383	0,443	0,64
Железнодорожный	0	0	0	0	0	0	0	0,01	0,011	0,028	0,04	0,011	0,031	0,137	0,146	0,231	0,444	0,281	0,853
Жуковский	0	0	0	0	0	0	0	0	0,02	0,091	0,059	0,053	0	0,082	0,141	0,13	0,191	0,323	
Королев	0	0	0	0	0	0	0,008	0	0,018	0,01	0	0	0,071	0,037	0,05	0,175	0,325	0,269	0,534
Коломна	0	0	0	0	0	0	0	0	0,026	0	0,027	0,093	0,083	0,086	0,115	0,365	0,398	0,403	0,839
Орехово-Зуево	0	0	0	0	0	0	0	0,014	0,014	0,016	0,016	0,052	0,069	0,082	0,156	0,227	0,25	0,13	0,22
Подольск	0	0	0	0	0	0	0	0	0,008	0,009	0	0,017	0,044	0,065	0,139	0,22	0,298	0,35	0,652
Серпухов	0	0	0	0	0	0	0	0,014	0,015	0,029	0,064	0,066	0,142	0,147	0,193	0,397	0,295	0,442	

Рис. 2. Фрагмент вывода итоговых таблиц стандартизованных коэффициентов смертности

Fig. 2. The output of the summary tables of standardized mortality rates (a fragment)

получено 14 различных территориальных групп городов. На основе анализа коэффициентов однородности группировок [Тикунов, 1997] лучшим был признан вариант классификации с выделением 6 различных групп городов по уровню и причинам смертности для женщин и 8 – для мужчин. Анализ результатов проведенного моделирования позволил выявить региональные особенности в распределении уровня и причин смертности населения РФ.

Следует отметить, что использованный алгоритм типологической классификации предназначен для классификаций объектов различной природы [Тикунов, 1997], однако впервые применен для оценки территориальных особенностей смертности населения.

Заключительным этапом работы является визуализация полученных результатов. С использованием геоинформационной системы Quantum GIS на основе стандартизованных коэффициентов построены аналитические карты смертности населения по причинам смерти и по возрастным группам и синтетические карты – по результатам типологической классификации.

Результаты исследований. Самые низкие показатели смертности среди женщин характерны для городов Европейской территории РФ, расположенных южнее Московской области, таких как Брянск, Елец, Чебоксары и др., а также для городов Северного Кавказа (рис. 3). Группа городов с низкими значениями смертности практически не выходит за пределы Урала, за исключением Тюмени и Нижневартовска. При этом относительно низкие показатели смертности отмечаются по всем причинам смерти.

Группы городов с наиболее высокими показателями смертности среди женщин формируют четыре территориальных группы (рис. 4). В центральной части РФ – это города высоко урбанизированной территории Московской области – Орехово-Зуево, Пушкино, Сергиев-Посад, Серпухов, Щелково; на Урале – промышленные центры, такие как Березники, Златоуст, Копейск, Магнитогорск, Первоуральск; на юге Сибири – города добывающей промышленности и металлургии – Абакан, Ачинск, Красноярск, Междуреченск, Новокузнецк, Прокопьевск и др.; на Дальнем Востоке – Артем, Владивосток, Комсомольск-на-Амуре, Магадан, Находка, Уссурийск, Южно-Сахалинск. Кроме того, высокий уровень смертности среди женщин наблюдается в Якутске и Норильске. Во всех этих городах наряду с естественными причинами смерти, такими как болезни системы кровообращения (включая ишемическую болезнь сердца), болезни органов дыхания (включая пневмонию), злокачественные новообразования, в особенности органов пищеварения и органов дыхания, ведущую роль играют и внешние причины смерти, в том числе убийства и самоубийства.

Наиболее низкие показатели смертности среди мужчин, в отличие от женщин, отмечаются не только в городах Европейской территории РФ, но и на Урале – в Екатеринбурге, Тюмени, а также в Западной Сибири – Новом Уренгое, Нижневартовске, Ноябрьске, Сургуте, Томске и др. Традиционно минимальный уровень смертности в РФ фиксируется в городах республик Северного Кавказа.



Рис. 3. Группа городов с низким уровнем смертности среди женщин

Fig. 3. A group of cities with low mortality rate among women



Рис. 4. Группа городов с высоким уровнем смертности среди женщин

Fig. 4. A group of cities with high mortality rate among women

Самые высокие показатели смертности мужчин от ненасильственных причин наблюдаются в ряде городов в центре и на севере Европейской территории РФ. Это города, расположенные севернее Нижегородской, Тульской и Владимирской областей – Вологда, Кострома, Череповец и др. Другая группа городов выделяется на юге Западной Сибири (Абакан, Ачинск, Красноярск) и Дальнем Востоке (Владивосток, Магадан, Находка, Южно-Сахалинск). Высокий уровень смертности среди мужчин, как и среди женщин, регистрируется в Норильске. Основными причинами смерти в отдельных перечисленных городах являются болезни органов дыхания, злокачественные новообразования, в первую очередь органов дыхания, пищеварения, болезни системы кровообращения.

Отдельно выделены группы городов с высоким уровнем смертности среди мужчин из-за внешних причин. Это Кызыл, Новокузнецк, Улан-Удэ и некоторые другие. Среди внешних причин для них характерны убийства и самоубийства, кроме того, наблюдается высокий уровень смертности от социально значимых патологий – туберкулеза, ВИЧ-инфекции, заболеваний, возникших в результате пагубного употребления алкоголя.

Обсуждение результатов. Несмотря на наметившуюся положительную динамику снижения смертности населения в России, на фоне других стран ситуация остается сложной. Можно отметить значительную территориальную дифференциацию городов России по показателю смертности. Так, города европейской части отличаются ее низким

уровнем как среди мужчин, так и среди женщин. Это может быть обусловлено более благоприятными природно-климатическими и экологическими особенностями территории и более доступными организациями здравоохранения. Низкие показатели смертности в таких городах газонефтедобычи, как Новый Уренгой, Нижневартовск, Ноябрьск, Сургут, Тюмень могут быть связаны с более высоким уровнем социально-экономического развития данных городов, более развитым медицинским обслуживанием, а также, в некоторых случаях, с демографическими особенностями северных регионов (оттоком населения старших возрастов после выхода на пенсию). Традиционно отмечаемый исследователями не всегда достоверный сбор данных в республиках Северного Кавказа не позволяет определить, связан ли низкий уровень смертности с образом жизни населения и природно-климатическими особенностями в регионе, либо в значительной степени с погрешностями в статистических данных.

Группы городов с высоким уровнем смертности имеют более выраженную территориальную дифференциацию. Однако общей чертой для них является то, что все они – крупные промышленные центры с выраженной отраслевой специализацией. Возможно, вклад в высокий уровень смертности в данном случае вносит неблагоприятная экологическая ситуация. Для городов, где наблюдается меньшее количество промышленных предприятий, таких как, например, Вологда и Кострома, основную роль в высоком уровне смертности может играть неблагоприятная социально-экономическая обстановка.

Следует отметить, что высказанные возможные причины различного уровня смертности для выделенных групп городов носят характер гипотез, требующих дальнейших исследований. Отдельным вопросом является выявление высокого уровня смертности в ближайших к столице городах Московской области.

Визуально можно проследить зависимость уровня смертности от показателя плотности города. Наиболее четко эта связь проявляется для женщин. Так, в городах с населением свыше 1 млн жителей у женщин наблюдается более низкий уровень смертности по всем причинам, чем в не крупных городах. Среди мужчин эта тенденция тоже прослеживается, но имеет менее выраженный характер.

Таким образом, полученные результаты являются основой для дальнейшего выявления статистически значимых причинно-следственных связей между уровнем смертности населения, состоянием окружающей среды и социально-экономической обстановки с привлечением детализированных социально-экономических и экологических данных. Подобный анализ целесообразно проводить на локальном уровне уже внутри выделенных групп городов.

Благодарности. Обработка и анализ показателей смертности в городах России выполнены по проекту РФФИ № 18-05-60037; типологическая классификация разработана в рамках проекта РФФИ № 18-05-00236.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Денисенко М.Б., Калмыкова Н.М. Демография. Москва: ИНФРА-М, 2009. 432 с.

Тукунов В.С. Классификации в географии: ренессанс или увядание? (опыт формальных классификаций). Москва-Смоленск: Изд-во СГУ, 1997. 367 с.

Banerjee S. Spatial Data Analysis. *Annual Review of Public Health*, 2016, vol. 37, no. 37, p. 47–60.

Barufi A.M., Haddad E., Paez A. Infant mortality in Brazil, 1980–2000: A spatial panel data analysis. *Bmc Public Health*, 2012, no. 12. DOI: 10.1186/1471-2458-12-181.

Kramer A., Khan M.M.H., Jahn H.J. Public Health in Megacities and Urban Areas: A Conceptual Framework. *Health in Megacities and Urban Areas*, 2011, p. 3–20.

Mackenbach J.P., Valverde J.R., Bopp M., Bronnum-Hansen H., Costa G., Deboosere P., Kalediene R., Kovacs K.,

Выводы:

– разработанная методика и проведенная типологическая классификация городов РФ по уровню и причинам смертности для мужчин и женщин позволили дифференцировать города по этим показателям;

– среди женщин высокий уровень смертности регистрируется, в первую очередь, в старейших промышленных центрах Урала и Сибири. Среди мужчин – в городах севера европейской части РФ, а также в промышленных городах юга Сибири. Более благополучная ситуация складывается в городах юга европейской части РФ и в нефтедобывающих центрах. Следует отметить, что в смертности среди мужчин прослеживается более дифференцированное территориальное распределение;

– созданная база данных и алгоритм расчета смертности населения в городах РФ с детальным разграничением на возрастные категории и причины смерти создают возможности для более глубокого пространственно-временного анализа медико-демографической ситуации в городах. Выделенные группы городов, различные по уровню смертности населения, представляют основу для дальнейших региональных и локальных исследований.

Leinsalu M., Martikainen P., Menvielle G., Rodriguez-Sanz M., Nusselder W.J. Progress against inequalities in mortality: register-based study of 15 European countries between 1990 and 2015. *European Journal of Epidemiology*, 2019, vol. 34, no. 12, p. 1131–1142.

Malkhazova S.M., Pestina P.V., Shartova N.V. Public health in the regions of Russia at the beginning of the twenty-first century: Medical-geographical assessment. *Doklady Earth Sciences*, 2017, vol. 475, no. 1, p. 840–843.

WHO: *Global report on Urban Health equitable, healthier cities for sustainable development*. Geneva: WHO, 2016, 241 с.

WHO: *International Statistical Classification of Diseases and Related Health Problems 10th Revision*. Geneva: WHO, 2019.

Zatonski W.A., Bhala N. Changing trends of diseases in Eastern Europe: Closing the gap. *Public Health*, 2012, vol. 126, no. 3, p. 248–252.

Поступила в редакцию 18.03.2020

После доработки 15.05.2020

Принята к публикации 06.07.2020

N.V. Shartova¹, V.N. Krainov²,
S.M. Malkhazova³, V.S. Tikunov⁴

SPATIAL ANALYSIS OF URBAN MORTALITY

The article deals with an attempt to develop a typological classification based on mortality data in cities with population of more than 100 000 inhabitants. The aim of the study is to reveal regional features of the level and structure of urban population mortality in the Russian Federation. A methodology has been developed and a typological classification of Russian cities has been carried out. As a result eight groups of cities for men and six groups for women with different rates and causes of male and female mortality have been identified and analyzed. The high female mortality rate was recorded principally in the oldest industrial centers of the Urals and Siberia. The high male mortality rate was recorded in the northern cities of the European part of the Russian Federation, as well as in the industrial cities of the south of Siberia. The external causes of death including murder and suicide also played an important role along with the natural causes. A group of cities with high male mortality rate due to external causes and socially significant pathologies, including Kyzyl, Novokuznetsk and Ulan-Ude, was identified separately. The lowest female mortality rates are in the cities of the European territory located south of the Moscow region. Compared to female rates, low male mortality was observed both in the cities of the European territory, and in the Ural (Yekaterinburg, Tyumen), as well as in Western Siberia (Novy Urengoy, Nizhnevartovsk, Noyabrsk, Surgut, Tomsk). Traditionally, the lowest mortality rate in the Russian Federation was recorded in the cities of the Northern Caucasus. Male mortality rates showed more differentiated territorial distribution. The dependence between mortality rate and the population numbers of a city was identified being the most evident for women. The database and the algorithm of calculation using the mortality rates with a detailed demarcation of age categories and causes of death are perspective for further analysis of the medical and demographic situation in cities.

Key words: mortality, territorial differentiation, typological classification, mathematical-cartographic modeling

Acknowledgements. Processing and analysis of mortality data for Russian cities was financially supported by the Russian Foundation for Basic Research (project no. 18-05-60037); the development of typological classification was financially supported by the Russian Foundation for Basic Research (project no. 18-05-00236).

REFERENCES

- Banerjee S. Spatial Data Analysis. *Annual Review of Public Health*, 2016, vol. 37, no. 37, p. 47–60.
- Barufi A.M., Haddad E., Paez A. Infant mortality in Brazil, 1980–2000: A spatial panel data analysis. *Bmc Public Health*, 2012, no. 12. DOI: 10.1186/1471-2458-12-181.
- Denisenko M.B., Kalmykova N.M. *Demografija* [Demography]. Moscow: INFRA-M, 2009, 432 p. (In Russian).
- Kramer A., Khan M.M.H., Jahn H.J. Public Health in Megacities and Urban Areas: A Conceptual Framework. *Health in Megacities and Urban Areas*, 2011, p. 3–20.
- Mackenbach J.P., Valverde J.R., Bopp M., Bronnum-Hansen H., Costa G., Deboosere P., Kalediene R., Kovacs K., Leinsalu M., Martikainen P., Menvielle G., Rodriguez-Sanz M., Nusselder W.J. Progress against inequalities in mortality: register-based study of 15 European countries between 1990 and 2015. *European Journal of Epidemiology*, 2019, vol. 34, no. 12, p. 1131–1142.
- Malkhazova S.M., Pestina P.V., Shartova N.V. Public health in the regions of Russia at the beginning of the twenty-first century: Medical-geographical assessment. *Doklady Earth Sciences*, 2017, vol. 475, no. 1, p. 840–843.
- Tikunov V.S. *Klassifikacii v geografii: renessans ili uvjadanie? (opyt formal'nyh klassifikacij)* [Classifications in geography: Renaissance or fading? (The experience of formal classifications)]. Moscow-Smolensk: Publishing House of the SSU, 1997, 367 p. (In Russian).
- WHO: *Global report on Urban Health equitable, healthier cities for sustainable development*. Geneva: WHO, 2016, 241 c.
- WHO: *International Statistical Classification of Diseases and Related Health Problems 10th Revision*. Geneva, WHO, 2019.
- Zatonski W.A., Bhala N. Changing trends of diseases in Eastern Europe: Closing the gap. *Public Health*, 2012, vol. 126, no. 3, p. 248–252.

Received 18.03.2020

Revised 15.05.2020

Accepted 06.07.2020

¹ Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Department of Landscape Geochemistry and Soil Geography, Senior Scientific Researcher, Ph.D. in Geography; e-mail: shartova@yandex.ru

² Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Department of Biogeography, Engineer, e-mail: vkrainov@gmail.com

³ Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Department of Biogeography, Professor, Head of the Department, D.Sc. in Geography; e-mail: sveta_geo@mail.ru

⁴ Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Integrated Mapping Laboratory, Professor, Head of the Laboratory, D.Sc. in Geography; e-mail: vstikunov@yandex.ru

УДК 528.946

Н.В. Крутских¹, Б.З. Белашев²

БАЗА ДАННЫХ ВЫЗОВОВ СКОРОЙ МЕДИЦИНСКОЙ ПОМОЩИ КАК ИНФОРМАЦИОННАЯ ОСНОВА ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ

Рассмотрено использование данных вызовов скорой медицинской помощи в качестве детальной основы при геоэкологическом изучении урбанизированных территорий. Исследование проводится на примере крупного северного города – Петрозаводска. Работа включает два информационных блока: геохимический и медико-биологический. Геохимические данные отражают содержание химических элементов в почвенном покрове города. Выявлено несколько основных элементов-загрязнителей, концентрация которых превышает ПДК и фоновые значения – Pb, Zn, Cd, Cu, Sb, Sn, Co, V, W. Определены ассоциации элементов в почвах, обусловленные различными факторами накопления. Медико-биологический блок основывается на формировании базы геоданных по вызовам скорой помощи. Структура базы геоданных скорой помощи включает сведения о диагнозе, возрасте и поле пациента, дате и времени вызова. На основе информации OpenStreetMap проводится геокодирование вызовов и дополнение характеристиками городских зданий, связанными с ними. По типу здания создаются выборки вызовов скорой помощи только в жилые помещения, это в большей мере привлекает пациентов к месту проживания. Для пространственной визуализации применяются сегментированные модели распределения вызовов. Используется принцип расчета случаев заболеваемости по двум размерностям ячеек: 200×200 м и 500×500 м. Для нормирования на количество жителей используется показатель, рассчитанный по открытым данным, включающим площадь жилых помещений и статистические сведения о средней жилой площади на одного человека в регионе. Созданные модели применимы для изучения внутрисистемных связей путем анализа вызовов скорой медицинской помощи по различным диагнозам и группам пациентов. Проведено сопоставление геохимических и медицинских пространственных данных, изучено влияние загрязнения почвенного покрова на здоровье населения по возрастной группе «дети до 13 лет» с диагнозами заболевания органов дыхания и пищеварения. Показано, что наибольший отклик загрязнения почв тяжелыми металлами проявляется в виде увеличения числа случаев заболеваемости органов пищеварения у детей.

Ключевые слова: ГИС, база данных, пространственные данные, заболеваемость населения, вызовы скорой помощи, загрязнение почв, урбанизированные территории

Введение. Применение геоинформационных технологий при решении различных геоэкологических задач позволяет обрабатывать большие объемы информации [Кустов, 2008; Яблоков, 2018; Shalyari et al., 2019; Verhaegh et al., 2019]. Важное место в подобных исследованиях занимают знания о влиянии факторов абиотических компонент природной среды на ее биотическую составляющую [Трофимов, Куриленко, 2015]. Для городских территорий чувствительной экологической мишенью является человек [Черешнев, Гамбурцев, 2017]. По данным ВОЗ, здоровье населения на 20% зависит от факторов окружающей среды [Рахманин, Михайлова, 2014]. Так, загрязнение среды повышает риск кардиозаболеваний, заболеваний органов дыхания, онкозаболеваний и др. [Wong et al., 2006].

Доступность географических данных и развитие геоинформационных систем предоставили новые возможности для изучения связей между состоянием окружающей среды и распространением заболеваний. При геоэкологическом анализе ГИС решает проблему пространственной увязки данных

о состоянии среды и здоровья населения [Stewart et al., 2016], с их помощью исследуется частота возникновения заболеваемости в зависимости от удаленности проживания относительно техногенных объектов [Nuvolone et al., 2011]. Интерполяция и моделирование оказывают значимую помощь в оценке распределения факторов окружающей среды [Silva et al., 2017]. Пространственно-временная скоординированность информации является важным требованием при создании ГИС [Москаленко, 2011]. Пространственное разрешение при ГИС-анализе влияния факторов среды на возникновение различных заболеваний может оказать существенное влияние на результаты исследования [Maantaу, 2007]. Интеграция данных, связанных со здоровьем, в единую систему открывает множество новых исследовательских возможностей [Kistemann et al., 2002].

Примером отечественных медико-экологических исследований является научно-прикладная работа, направленная на оценку риска для здоровья населения, связанного с состоянием окружающей среды города Воронежа. По результатам исследо-

¹ Институт геологии КарНЦ РАН, ФИЦ «Карельский научный центр РАН», геоинформационный центр, ст. науч. с., канд. геогр. н.; e-mail: natkrut@gmail.com

² Институт геологии КарНЦ РАН, ФИЦ «Карельский научный центр РАН», лаборатория геофизики, вед. науч. с., докт. техн. н.; e-mail: belashev@krc.karelia.ru

ваний создана ГИС, включающая базы по источникам техногенного воздействия, блок данных состояния депонирующих и транзитных сред, блок медицинских данных [Медико-экологический..., 2010]. Авторами статистически подтверждено увеличение частоты заболеваний детского населения в техногенно загрязненных районах. Статистика заболеваемости здесь проведена по приуроченности к детским поликлиникам.

Создание медицинских ГИС является инструментом для решения задач оптимизации и управления ресурсами здравоохранения, прогноза медико-демографических характеристик, выявления причинно-следственных связей между факторами среды и показателями здоровья [Глотов, 2013; Aghajani et al., 2017].

Необходимо отметить, что использование государственной статистической отчетности дает укрупненные представления о возможности влияния качества среды на здоровье населения в связи с недостаточной привязкой случаев заболеваемости к определенному локальному местоположению в пространстве города. Аномалии загрязнений, захватывающие несколько районов, не позволяют достоверно оценивать геоэкологические риски [Гребенюк и др., 2012]. Открытыми остаются также вопросы возможности сопоставления пространственных медицинских данных и качества природной среды в пределах урбанизированных территорий. Важным параметром медико-экологических изысканий, проводимых на муниципальном уровне, является их детальность, позволяющая обозначить экологические риски и выявить негативные тенденции, связанные с трансформацией среды.

В связи с этим основное содержание статьи посвящено разработке и апробации методики ис-

пользования данных вызовов скорой медицинской помощи в качестве детальной информационной основы геоэкологических исследований урбанизированных территорий.

Объектом исследования выбран город Петрозаводск – столица Республики Карелия. Город расположен на берегу Петрозаводской губы Онежского озера, численность населения около 280 тыс. человек. Техногенную нагрузку на окружающую среду создают небольшие промышленные производства деревообрабатывающего, пищевого, строительного направлений, возросший за последние годы автотранспортный парк, активно застраиваемые территории.

Материалы и методы. Исследование состоит из нескольких тематических блоков. В первом блоке проводится изучение особенностей распределения геохимических данных. Вторая тематическая группа отражает медико-биологические показатели на основе данных вызовов скорой помощи. Общая последовательность выполнения работ представлена на схеме (рис. 1).

Геохимический отбор почвенных проб проводился в 2011 г. на равномерно распределенных пробных площадках. Почвы аккумулируют загрязнение в течение всего времени хозяйственного освоения, имеют низкий уровень самоочищения и являются универсальным индикатором состояния окружающей природной среды. Это позволяет рассматривать состояние почвенного покрова как интегральный показатель экологической обстановки [Макаров, Кузнецова, 2002; Sun et al., 2019]. Пробы взяты с верхнего 10–20 см слоя. Этот слой является основным барьером на пути миграции элементов и может стать источником вторичного загрязнения приземного слоя атмосферы. Всего отобрано 174

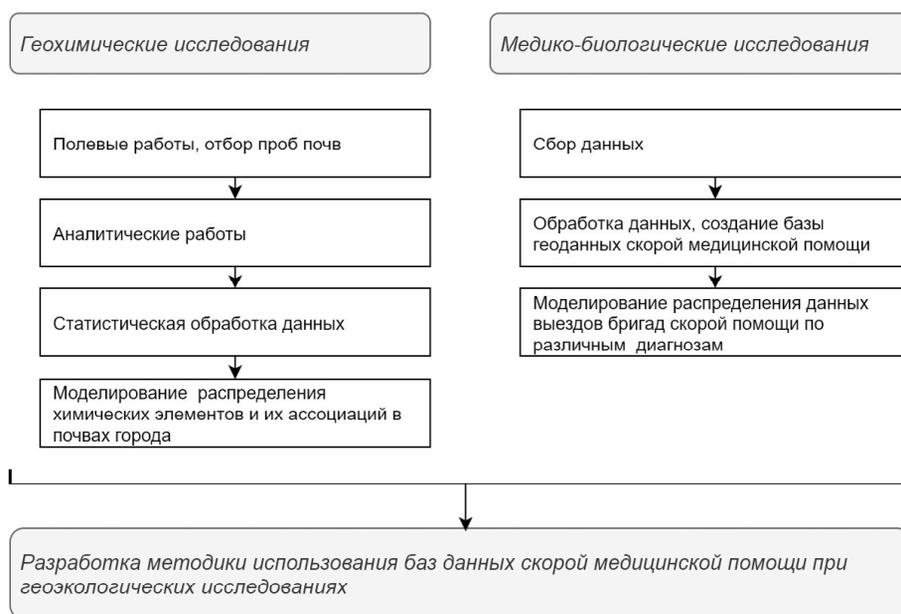


Рис. 1. Этапы выполнения работ

Fig. 1. Stages of research

пробы. Каждая точка отбора имеет координатную привязку.

Аналитические работы проведены на научном оборудовании ЦКП ФИЦ «Карельский научный центр РАН». На квадрупольном масс-спектрометре X-Series 2 (Thermo Fisher Scientific) определен спектр элементов в пробах.

Статистическая обработка геохимических данных включала расчет основных параметров описательной статистики. Распределения химических элементов проверены на нормальность, для приведения к нормальному закону распределения необходимые выборки подверглись логарифмическим преобразованиям. Содержание химических элементов сравнивались с фоновыми значениями для данной территории [Рыбаков и др., 2013] и предельно допустимыми концентрациями (ПДК) для почв принятыми в гигиенических нормативах РФ.

Многомерный факторный анализ проведен с помощью метода главных компонент. Для повышения контрастности выполнено варимаксное вращение. Данный метод является эффективным способом улучшить понимание геохимических характеристик исследуемых объектов и позволяет из всего многообразия признаков выявить наиболее важные [Wang, 2017].

Интерполяционные модели распределения химических элементов и значений факторов созданы методом Natural Neighbour. Метод является простейшим инструментом интерполяции и подходит для задачи пространственного моделирования в рамках решаемых геоэкологических задач заданного масштаба [Ledoux et al., 2005].

Обезличенный каталог статистики вызовов скорой медицинской помощи за 2015 г. по данным диспетчерской службы Петрозаводской больницы скорой медицинской помощи представляет собой таблицу, столбцы которой содержат атрибутивную информацию об адресе, возрасте и поле пациента, дате и времени вызова, диагнозе заболевания. На первом этапе работы проведена корректировка каталога статистики данных БСМП. Удалены строки, атрибуты которых содержали некорректные значения. С большой вероятностью в эту группу попадали и ложные вызовы. Для координатной привязки вызовов взяты данные [OpenStreetMap, 2019]. По результатам исследования [Senaratne et al., 2017] они являются актуальными и надежными для урбанизированных территорий. В связи с тем, что вручную привязано менее 5% данных преимущественно из новых районов города, достоверность данных OSM подтверждается. Объединение атрибутивных информационных позволяет не только задать координатную привязку, но и дополнить каталог вызовов новыми данными.

Объединенная база геоданных имеет формат точечного shp-файла, его структура представлена в табл. 1.

Пространственные распределения числа вызовов скорой помощи дают фактический материал для анализа и визуализации картины заболеваемости

городского населения, позволяют проводить количественные оценки, изучать влияние на заболеваемость территориальных факторов.

Модифицированная база данных дает возможность провести углубленный анализ распределения вызовов скорой помощи. По типу здания создаются выборки вызовов только в жилые дома, что в большей мере привязывает пациентов к месту основного проживания. Воздействие на физическое и психическое состояние работников способна оказывать их профессиональная деятельность. Поэтому анализ детской заболеваемости является более корректным [Wong et al., 2006]. Дети больше подвержены влиянию факторов среды, они привязаны к территории, профессиональное воздействие на них отсутствует.

Дети в возрасте младше 13 лет составили тестовую группу, для которой проведены расчеты корреляционных зависимостей между частотой вызовов по диагнозам болезней органов дыхания и пищеварения и геохимией почв.

Для оценки заболеваемости частота выездов бригад скорой помощи нормирована на количество жителей, проживающих в пределах данной территории. Учет численности населения проведен на основе расчетных данных, использующих площадь жилых зданий (S), их этажность (l). По данным Единой межведомственной информационно-статистической системы на одного жителя в Северо-Западном федеральном округе РФ в среднем приходится 26 м^2 общей площади жилых помещений [Единая межведомственная ..., 2019]. Количество проживающих (P) в ячейке вычисляется как

$$P = S(l/26).$$

Статистика распределения городского населения Республики Карелия по возрасту на 1 января 2016 г. свидетельствует о соотношении 5:1 взрослых и детей [Федеральная служба ..., 2019]. Эта пропорция учитывается в работе для определения численности детей (до 13 лет).

Для оценки территории по частоте вызовов используется отражение данных, распределенных по равномерным ячейкам (сегментам). Исследования проведены для ячеек размером $200 \times 200 \text{ м}$ и $500 \times 500 \text{ м}$.

Основным программным продуктом для создания, обработки, визуализации данных в работе является QuantumGIS (QGIS) – свободная кроссплатформенная геоинформационная система [QGIS, 2019].

Результаты и обсуждения. Геохимические особенности почвенного покрова. Анализ геохимического состава почвенного покрова г. Петрозаводска выявил несколько основных элементов-загрязнителей, концентрация которых превышает ПДК и фоновые значения – Pb, Zn, Cd, Cu, Sb, Sn, Co, V, W (табл. 2). Предполагается комплексное поступление данных элементов в почвы города: частично это продукт аккумуляции элементов в морене и озёрно-ледниковых отложениях, слагающих осадочную толщу, частично – результат антропогенного воздействия.

Таблица 1

Структура базы данных вызовов скорой и неотложной медицинской помощи

Имя поля	Тип данных	Примеры значений	Комментарий	
X	Real		X-координата вызова (WGS84/ UTM zone 36N)	
Y	Real		Y-координата вызова (WGS84/ UTM zone 36N)	
B_OSM_ID	Integer		Идентификатор здания по данным OSM	
B_STRT	String		Название улицы	
B_HSNBR	String		Почтовый номер дома	
B_TIP	String		Тип здания	
		<i>Жилые</i>		
		apartments	Многоквартирный жилой дом	
		detached	Частный жилой дом	
		dormitory	Общежитие	
		hotel	Гостиница	
house	Жилой дом			
residential	Общий тег для жилых зданий			
<i>Коммерческие</i>				
commercial	Коммерческие			
industrial	Промышленное здание			
office	Офис			
<i>Религия</i>				
church	Храм			
<i>Общественные</i>				
civic	Гражданское использование здания			
hospital	Больница			
kindergarten	Детский сад			
public	Общественное здание			
school	Школа			
train_station	Вокзал			
university	Вуз			
garages	Гараж			
service	Служебные постройки			
B_NAME	String		Название здания	
B_LEVELS	Integer		Этажность	
C_DPRM	String		Дата вызова в формате ггммдд	
C_TPRM	String		Время вызова в формате чч:мм	
C_VOZR	String		Возраст пациента	
C_POL	String		Пол пациента	
C_MKB	String		Код заболевания по международной классификации МКБ-10	

Наиболее распространенным элементом-загрязнителем является свинец (Pb). Техногенное загрязнение природной среды Pb происходит при сжигании топлива. Почвенный покров г. Петрозаводска имеет преимущественно низкий и средний уровень загрязнения Pb (рис. 2). Основными антропогенными источниками поступления цинка (Zn) являются металлургические предприятия. В центральной части города до 2000-х гг. действовала площадка Онежского тракторного завода, имеющая литейное производство, которое является антропогенным источником поступления элемента в экосистемы. Для

изучаемой территории значительная часть проб характеризуется высоким и очень высоким уровнем загрязнения по Zn (ПДК>3) (см. рис. 2). Местные фоновые значения содержания кадмия (Cd) (1,36 мг/кг) в г. Петрозаводске выше предельно-допустимых концентраций (1 мг/кг). Низкий уровень загрязнения почв Петрозаводска зафиксирован для Cu, Sb, Co, V, W. Лишь в нескольких пробах обнаруживаются их высокие концентрации (см. рис. 2).

При эколого-геохимических исследованиях информативными являются элементы различных классов экологической опасности, охватывающие глав-

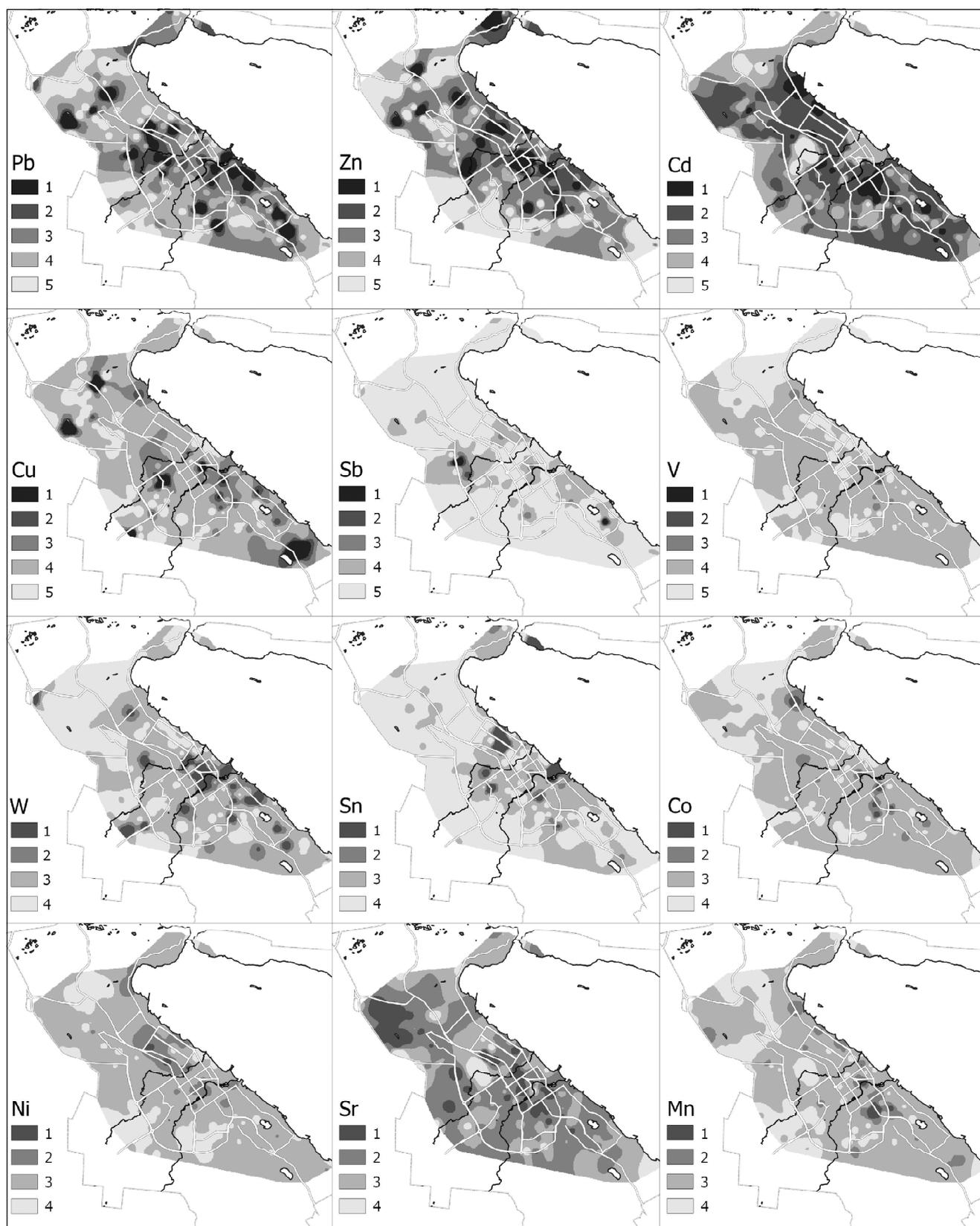


Рис. 2. Распределение микроэлементов в почвах г. Петрозаводска. Для Pb, Zn, Cd, Cu, Sb, V: 1 – более 3 ПДК, 2 – 2–3 ПДК, 3 – 1–2 ПДК, 4 – менее ПДК, 5 – до фоновых значений (ФЗ); для W, Sn, Co, Ni, Sr, Mn: 1 – более 3ФЗ, 2 – 2–3 ФЗ, 3 – 1–2 ФЗ, 4 – менее ФЗ

Fig. 2. Distribution of trace elements in soils of Petrozavodsk. For Pb, Zn, Cd, Cu, Sb and V: 1 – >3 MAC, 2 – 2–3 MAC, 3 – 1–2 MAC, 4 – <1 MAC, 5 – background values (BV); for W, Sn, Co, Ni, Sr and Mn: 1 – >3BV, 2 – 2–3 BV, 3 – 1–2 BV, 4 – <1 BV

Таблица 2

Статистические характеристики основных загрязняющих элементов почв

Параметры	V	Cr	Mn	Co	Ni	Cu	Zn	Mo	Cd	Sn	Sb	W	Pb
	мг/кг												
Среднее	73,5	38,3	520,5	8,9	25,5	47,4	114,8	1,8	1,5	3,1	1,0	1,4	36,7
Стандартная ошибка	2,3	1,1	18,4	0,3	0,8	3,4	6,1	0,1	0,0	0,4	0,1	0,1	2,7
Медиана	66,1	34,2	445,6	8,1	22,0	38,2	92,5	1,2	1,5	2,1	0,7	1,0	25,8
Стандартное отклонение	29,6	14,1	241,9	4,0	10,9	44,7	80,4	1,9	0,4	5,2	0,9	1,2	36,1
Минимум	34,7	10,6	89,0	1,4	9,7	13,4	21,6	0,4	0,4	0,5	0,2	0,3	9,0
Максимум	268,5	90,6	1708,2	27,7	68,2	395,2	499,7	14,1	2,9	49,4	5,9	8,7	218,2
Местный фон	64,1	30,6	403,9	7,1	19,3	32,1	82,8	1,5	1,36	2,6	1,3	3,1	20,9
ПДК	150	–	–	–	–	55	100	–	1	–	4,5	–	32

ные геохимические классы – халькофильный, сидерофильный, литофильный [Гинзбург, Токавищев, 2012]. Для проведения факторного анализа в исходную выборку включены V, Cr, Co, Ni, Cu, Zn, Sr, Mo, Cd, Sn, Sb, Pb, Cs, Ba, Tl, U. Факторный анализ выявил 3 фактора, оказывающие влияние на распределение элементов в почвах города. Суммарный вклад факторов составляет 67,4% от общей дисперсии исходных данных.

Первый фактор с нагрузкой 44,4% представлен группой преимущественно литофильных элементов – Sr (0,82), Cs (0,81), Ba (0,82), Cd (0,59), Cr (0,51), Tl (0,49), U (0,47), Co (0,46). Этот фактор хорошо коррелируется с геологическим строением территории и отражает состав почвообразующих пород (рис. 3А). Для фактора 2 характерны значительные

положительные нагрузки на группу халькофильных элементов: Sb (0,86), Pb (0,86), Sn (0,83), Zn (0,69), Cu (0,48). На него приходится 14,0% суммарной дисперсии. Положительные значения фактора приурочены к центральной селитебной части. Накопление этих элементов обуславливается техногенным воздействием (рис. 3Б). Отмечается, что в новых районах города этот фактор имеет низкие значения, так как время воздействия и период накопления загрязняющих веществ здесь меньше, чем для центральной части города. Нагрузка фактора 3 составляет 9,0%. Он объединяет такие элементы, как Mo (0,87), Ni (0,87), Cr (0,74). Области с максимальными значениями этого фактора приурочены к трансакумулятивным ландшафтам, минимальные значения тя-

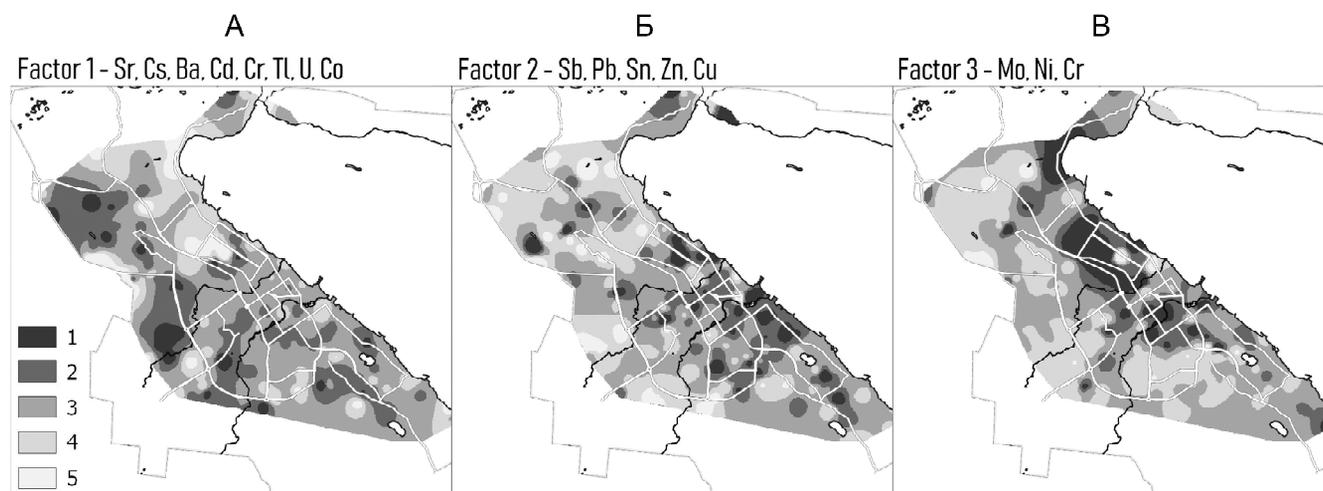


Рис. 3. Распределение значений факторных нагрузок: А – фактор 1, Б – фактор 2, В – фактор 3, значения фактора: 1 – более 1; 2 – (0,3...1); 3 – (-0,3...0,3); 4 – (-1...-0,3); 5 – менее -1

Fig. 3. Distribution of factor loadings: А – factor 1, Б – factor 2, В – factor 3, factor values: 1 – >1; 2 – (0,3...1); 3 – (-0,3...0,3); 4 – (-1...-0,3); 5 – <-1

готовят к трансэлювиальным ландшафтам (рис. 3В). Содержание этих элементов определяется как природными, так и техногенными факторами.

Характеристика заболеваемости детей. В работе проведен анализ заболеваемости по двум размерностям ячейки. Пространственное распределение частоты выездов бригады скорой помощи для сети 200×200 м представлено на рис. 4, по сети 500×500 м на рис. 5.

Загрязненные почвы оказывают как прямое, так и косвенное действие на организм и здоровье человека. Прямое воздействие связано с поступлением пыли через дыхательные пути или при непосредственном контакте с почвами и грунтами, особенно на игровых площадках [Косинова и др., 2007], косвенное – путем приема в пищу агрокультур, выращенных на этих почвах.

Для возможности сопоставления данных геохимические интерполяционные пространственные модели пересчитаны в сегментированные модели. Каждой ячейке присваивается среднее значение геохимического признака. Сравнение данных по заболеваемости за 2015 г. с геохимическими параметрами почв за 2011 г. является корректным в связи с тем, что самоочищение почв происходит достаточно медленно, а уровень их загрязнения отражает общую экологическую обстановку в пределах территории.

Корреляционный ранговый анализ Спирмена выявил слабую взаимосвязь между распределением ассоциаций химических элементов и частотой вызовов бригад скорой помощи (табл. 3). Нормированные значения вызовов практически не имеют связи с распределением химических элементов.

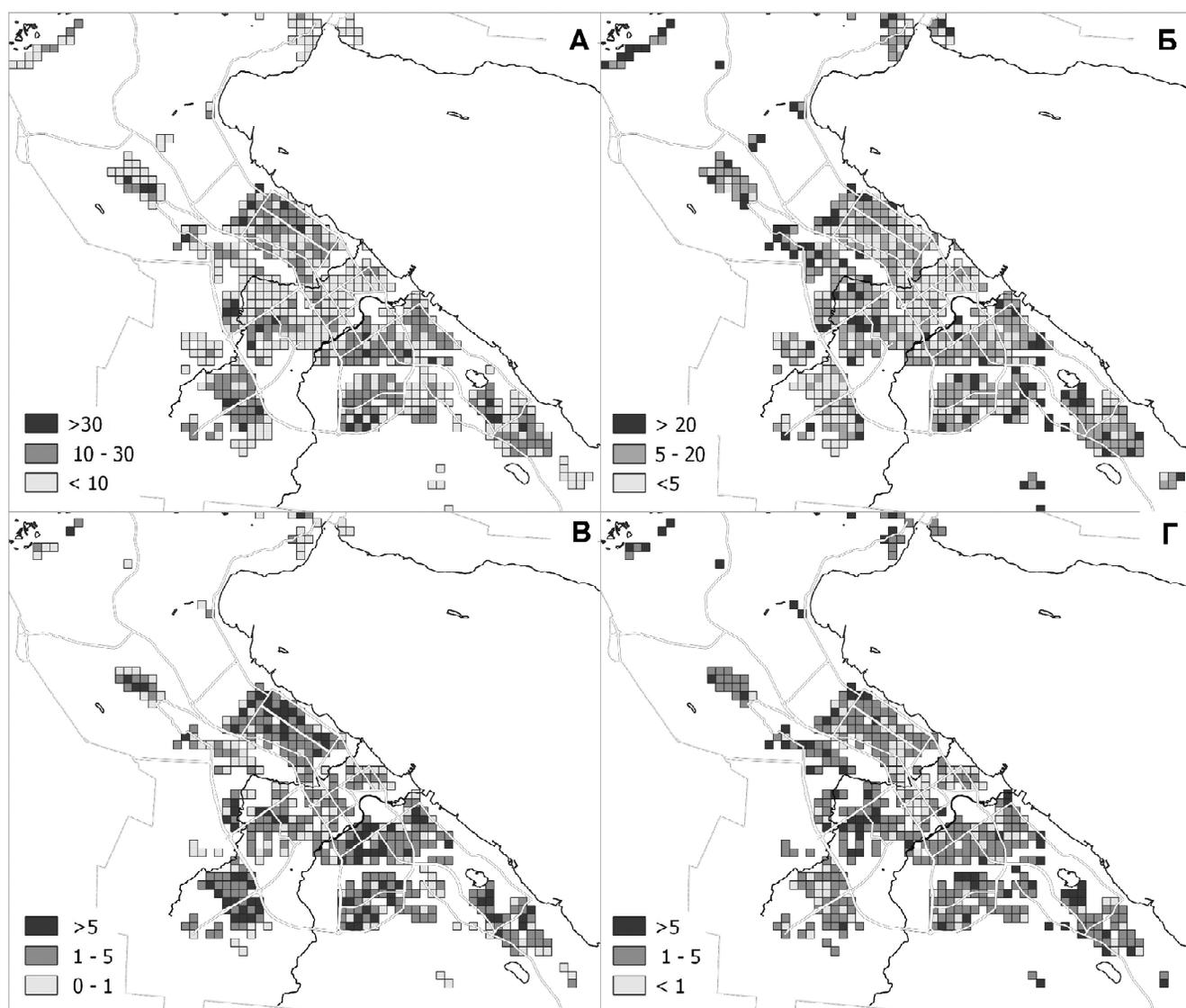


Рис. 4. Распределение вызовов скорой помощи для детей по ячейкам 200×200 м: А – болезни органов дыхания, число вызовов; Б – болезни органов дыхания, вызовы на 100 детей; В – болезни органов пищеварения, число вызовов; Г – болезни органов пищеварения, вызовы на 100 детей

Fig. 4. Distribution of ambulance calls for children over 200×200 m cells. А – diseases of respiratory organs, number of calls; Б – diseases of respiratory organs, calls per 100 children; В – diseases of digestive organs, number of calls; Г – diseases of digestive organs, calls per 100 children

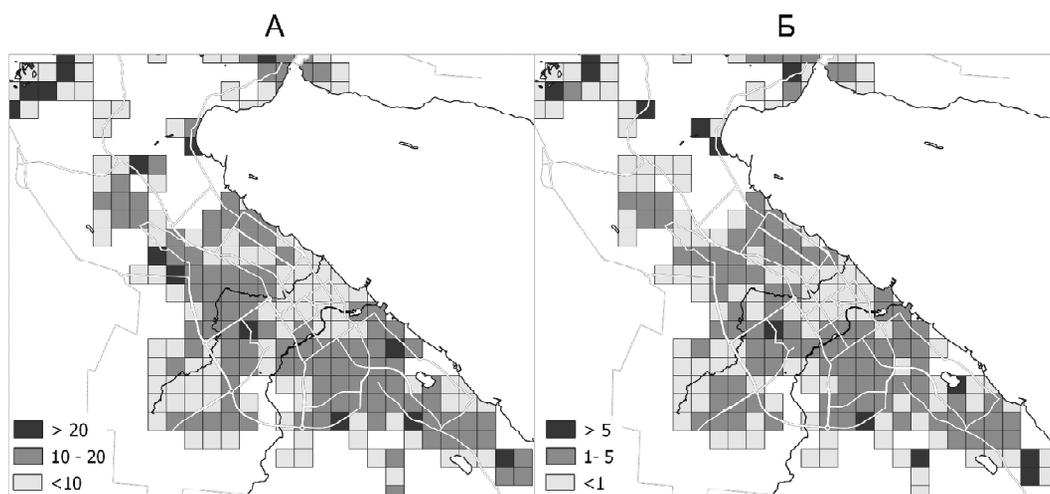


Рис. 5. Распределение частоты выездов бригад скорой помощи детям по ячейкам 500×500 м: А – болезни органов дыхания, вызовы на 100 детей; Б – болезни органов пищеварения, вызовы на 100 детей

Fig. 5. Distribution of emergency team calls for children over 500×500 m cells. А – diseases of respiratory organs, calls per 100 children; Б – diseases of digestive organs, calls per 100 children

Разница между абсолютными и нормированными значениями связана с тем, что зоны техногенного загрязнения тяготеют к центральным частям города, где фиксируется высокая плотность населения и возрастает количество вызовов скорой помощи. Для расчетов по укрупненной сети 500×500 м обнаружена корреляционная зависимость (выше критических значений) вызовов скорой помощи от содержания технофильных элементов в почвах города. Это связано с тем, что дети перемещаются в пространстве – школы, детские сады, игровые площадки расположе-

ны на удалении от места жительства. Коэффициенты корреляции выше для болезней органов пищеварения и ассоциацией элементов, объединенных фактором 2 и 3. Взаимосвязь между природным накоплением элементов в почвах и увеличением заболеваемости прослежена слабее техногенного фактора.

Если рассматривать влияние отдельных химических элементов в почве и заболеваемость детей, то отмечается, что наибольшее воздействие на болезни органов пищеварения оказывают Cd, Co, Zn, Sb, Pb, V. На частоту вызовов с диагнозами болез-

Таблица 3

Матрица коэффициентов корреляции Спирмена частоты вызовов скорой медицинской помощи детям до 13 лет и геохимических данных

Химические элементы и их ассоциации	Вызовы по заболеваниям органов		Вызовы на 100 чел. по заболеваниям органов	
	дыхания	пищеварения	дыхания	пищеварения
200×200 м, n=756, r _{kr} =0,08, p=0,05				
Фактор 1	-0,04	-0,10	0,04	-0,07
Фактор 2	0,10	0,08	0,03	0,07
Фактор 3	0,09	0,12	0,01	0,08
500×500 м, n=197, r _{kr} =0,14, p=0,05				
Фактор 1	0,03	0,00	0,07	0,00
Фактор 2	0,25	0,28	0,03	0,15
Фактор 3	0,09	0,15	0,04	0,16
Cd	0,29	0,29	0,18	0,20
Co	0,21	0,22	0,19	0,23
Cu	0,22	0,23	0,16	0,19
Pb	0,24	0,27	0,02	0,16
Sb	0,35	0,36	0,08	0,18
Sn	0,15	0,19	0,01	0,12
V	0,16	0,17	0,16	0,18
W	0,16	0,20	0,00	0,10
Zn	0,30	0,32	0,09	0,20

ней органов дыхания влияет Cd, Co, Cu, V. В значительной мере высокие концентрации этих элементов характерны для автотранспортного загрязнения. В пределах селитебных районов часто сформированы условия, где транспорт из-за частых пробок и работы на холостом ходу увеличивает уровень загрязнения окружающей среды. Низкие значения коэффициентов корреляции между геохимическими параметрами среды и заболеваемостью обусловлены множественностью факторов, оказывающих влияние на состояние человека.

Выводы:

– база данных скорой медицинской помощи является значимым источником информации при геоэкологических исследованиях урбанизированных территорий. Модифицированная за счет приращения информации от общедоступных данных, она позволяет формировать выборки по данным места вызова, различным демографическим и социально значимым параметрам, что важно для решения геоэкологических задач. Результаты исследования подтверждают перспективность проведения пространственной экологической оценки на основе статистики скорой и неотложной медицинской помощи. Они показали связь между загрязнением почв тяжелыми металлами и

частотой вызовов скорой медицинской помощи детям до 13 лет. При этом загрязнение почвенного покрова оказывает наибольшее влияние на частоту заболеваемости органов пищеварения;

– методика районирования территории города по частоте вызовов скорой медицинской помощи на основе сети равномерно распределенных ячеек позволяет сопоставить разнородные пространственные данные на детальном уровне. Определено, что для Петрозаводска оптимально проводить геоэкологические исследования на основе данных по заболеваемости населения, рассчитанных по равномерной сети ячеек размером 500×500 м;

– совместное использование медицинских и геохимических баз геоданных дает возможность оценивать благополучность городских территорий по степени экологического отклика. Здоровье населения выступает как интегральный показатель благоприятности условий проживания;

– разработанный проект может использоваться как инструмент территориального геоэкологического менеджмента урбанизированных территорий, позволяющий обеспечивать поддержку принятия решений на уровне муниципального управления и медицинских учреждений.

Благодарности. Работа выполнена в рамках госзадания ИГ КарНЦ РАН.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Глотов А.А. Медицинская ГИС – основа интегральной оценки благополучия региона // Геоматика. 2013. № 3. С. 45–49.

Косинова И.И., Крутских Н.В., Кустова Н.Р. Техногенное преобразование природной среды территории г. Воронежа и его экологические последствия. М.: РГОТУПС, 2007. 172 с.

Кустов М.В. Комплексная эколого-географическая характеристика урбанизированных территорий с использованием геоинформационных технологий (на примере г. Саранска) // Вестник Мордовского университета. 2008. № 1. С. 112–118.

Макаров О.А., Кузнецова Т.Н. Оценка экологического состояния почвенных и земельных ресурсов Московской области // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 17. Почвоведение. 2002. № 2. 33 с.

Медико-экологический атлас Воронежской области / Под общ. ред. С.А. Куролапа, Н.П. Мамчика, О.В. Клепикова. Воронеж: Истоки, 2010. 167 с.

Москаленко О.П., Портная Д.Н. Медико-экологический блок базы данных региональной ГИС // Вестник Брянского гос. ун-та. 2011. № 4. С. 220–227.

Рахманин Ю.А., Михайлова Р.И. Окружающая среда и здоровье: приоритеты профилактической медицины // Гигиена и санитария. 2014. № 5(93). С. 5–10.

Рыбаков Д.С., Крутских Н.В., Шелехова Т.С., Лаврова Н.Б., Служковский З.И., Кричевцова М.В., Лазарева О.В. Климатические и геохимические аспекты формирования экологических рисков в республике Карелия. Санкт-Петербург, 2013. 130 с.

Трофимов В.Т., Куриленко В.В. Экологические функции абиотических сфер Земли: содержание и значение для становления нового теоретического базиса геоэкологии // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 4. Геология. 2015. № 3. С. 93–102.

Черешнев В.А., Гамбурцев А.Г. Экология, мониторинг и здоровье людей // Вестник Российской академии наук. 2017. Т. 87. № 2. С. 121–129.

Яблоков В.М. Геоинформационный анализ структуры и динамики природно-экологического каркаса Москвы на основе открытых геоданных // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5. Геогр. 2018. № 1. С. 42–48.

Aghajani J., Farnia P., Velayati A. Impact of geographical information system on public health sciences. *Biomedical and Biotechnology Research Journal (BBRJ)*, 2017, vol. 1, no. 2, p. 94.

Kistemann T., Dangendorf F., Schweikart J. New perspectives on the use of Geographical Information Systems (GIS) in environmental health sciences. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, 2002, vol. 205 no. 3, p. 169–181.

Ledoux H., Gold C. An Efficient Natural Neighbour Interpolation Algorithm for Geoscientific Modelling. *Developments in Spatial Data Handling*, Springer-Verlag, Berlin/Heidelberg, 2005, p. 97–108.

Maantay J. Asthma and air pollution in the Bronx: Methodological and data considerations in using GIS for environmental justice and health research. *Health & Place*. Pergamon, 2007, vol. 13, no. 1, p. 32–56.

Nuvolone D., Maggiore, R., Maio S., Fresco R. Geographical information system and environmental epidemiology: a cross-sectional spatial analysis of the effects of traffic-related air pollution on population respiratory health. *Environmental Health, BioMed Central*, 2011, vol. 10, no. 1, p. 12. DOI: 10.1186/1476-069X-10-12.

Senaratne H., Mobasherib A., Alic A.L., Capinerie C., Haklay M. A review of volunteered geographic information quality assessment methods. *International J. Geographical Information Science*, 2017, vol. 31, no. 1, p. 139–167. DOI: 10.1080/13658816.2016.1189556.

Shahyari N., Alinejad A., Hashemi A.H.G. et al. Health Risk Assessment of Nitrate in Groundwater Resources of Iranshahr Using Monte Carlo Simulation and Geographic Information System (GIS). *MethodsX*, 2019, vol. 6, p. 1812–1821.

Silva F.B.V., Nascimento C.W.A., Araújo P.R.M., Silva F. L., Lima L.H.V. Soil contamination by metals with high ecological risk in urban and rural areas. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 2014, vol. 14, no. 3, p. 553–562.

Stewart O.T., Carlos H.A., Lee C., Berke E.M., Hurvitz P.M., Li L., Moudon A.V., Doescher M.P. Secondary GIS built environment data for health research: Guidance for data development. *Journal of Transport & Health*. Elsevier, 2016, vol. 3, no. 4, p. 529–539. DOI: 10.1016/j.jth.2015.12.003.

Sun Y., Li H., Guo G., Semple K.T., Jones K.C. Soil contamination in China: Current priorities, defining background levels and standards for heavy metals. *Journal of Environmental Management*, 2019, vol. 251, 109512. DOI: 10.1016/j.jenvman.2019.109512.

Verhaegh B., Beijns E., van den Heuvel T., Goudkade D., Zeegers M., Nawrot T. et al. Ambient air quality as risk factor for microscopic colitis – A geographic information system (GIS) study. *Environmental Research*, 2019, vol. 178, 108710. DOI: 10.1016/j.envres.2019.108710.

Wang J., Zuo R., Caers J. Discovering geochemical patterns by factor-based cluster analysis. *Journal of Geochemical Exploration*, 2017, vol. 181, p. 106–115.

Wong C.S.C., Li X., Thornton I. Urban environmental geochemistry of trace metals. *Environmental Pollution*, 2006, vol. 142, p. 1–16.

Электронные ресурсы

Гинзбург Л.Н., Токавицев И.А. Многомерный анализ геохимических данных Европы (геохимическое районирование и оценка экологического состояния). М.: ЗАО «Пангея», 2012. URL: http://www.pangea.ru/gu/img_content/public/Euroпа_Pangea-2012.pdf (дата обращения 19.12.19).

Гребенюк А.Н., Мерабишвили В.М., Мусийчук Ю.И., Попов Г., Струков Д.П. Использование подходов медицинской географии при экологической оценке крупного мегаполиса // ArcReview. ГИС в здравоохранении и медицине. 2012. № 1. URL: https://www.esri-cis.ru/news/arcreview/detail.php?ID=6522&SECTION_ID=221 (дата обращения 19.12.19).

Единая межведомственная информационно-статистическая система (ЕМИСС) URL: <https://www.fedstat.ru/indicator/40466> (дата обращения 19.12.19).

Федеральная служба государственной статистики. Численность населения Российской Федерации по полу и возрасту на 1 января 2016 года. URL: https://www.gks.ru/bgd/regl/B16_111/Main.htm (дата обращения 19.12.19).

OpenStreetMap (OSM). URL: <https://www.openstreetmap.org> (дата обращения 19.12.19).

QGIS. Свободная географическая информационная система с открытым кодом. URL: <https://qgis.org> (дата обращения 19.12.19).

Поступила в редакцию 31.03.2019

После доработки 25.07.2019

Принята к публикации 06.07.2020

N.V. Krutskikh¹, B.Z. Belashev²

DATABASE OF AMBULANCE CALLS AS AN INFORMATION BASIS FOR THE GEOECOLOGICAL STUDY OF URBANIZED AREAS

The use of emergency ambulance call data as a detailed basis for the geoecological study of urbanized areas is discussed. The study was performed for a large northern city of Petrozavodsk. The study has two information blocks, i. e. geochemical and medico-biological. Geochemical data show chemical element concentrations in the urban soil cover. Several basic pollutants with concentrations above the maximum allowable levels and background values were revealed (Pb, Zn, Cd, Cu, Sb, Sn, Co, V, W). Element associations in soils, which are due to various accumulation factors, were identified. The medico-biological block is based on the geo-database on emergency calls. The geo-database includes information about the diagnosis, age and sex of a patient and the date and time of a call. OpenStreetMap information is used to geo-code the calls and supplement them with the characteristics of buildings. According to the type of building the calls from the residential premises only are selected in order to link the patients to their place of residence. Segmented call distribution models are employed for spatial visualization. Sickness cases are calculated by two segment sizes, i. e. 200x200 m and 500x500 m. An index calculated from the open source data about the residential area and the average living area per 1 person is used for normalizing per the number of residents. The elaborated models could be used for the study of intra-system links by analyzing the emergency calls for different groups of patients and various diagnoses. The comparison of geochemical and medical spatial data contributed to the analysis of the effect of soil pollution on the population health in the «children under 13» age group with the diseases of respiratory and digestive organs. It was revealed that the most often response of soil pollution with heavy metals is an increasing number of digestive organ diseases in children.

Key words: GIS, database, spatial data, disease rate of population, ambulance calls, soil pollution, urbanized areas

Acknowledgements. The study was performed under the state assignment of the Institute of Geography, KarRC of RAS.

¹ Institute of Geology, KarRC, RAS, FIC Karelian Research Centre, RAS, Geoinformation Centre, Senior Scientific Researcher, PhD. in Geology and Mineralogy; e-mail: natkrut@gmail.com

² Institute of Geology, KarRC, RAS, FIC Karelian Research Centre, RAS, Laboratory of Geophysics, Leading Scientific Researcher, D.Sc. in Engineering; e-mail: belashev@krc.karelia.ru

REFERENCES

- Aghajani J., Farnia P., Velayati A. Impact of geographical information system on public health sciences. *Biomedical and Biotechnology Research Journal (BBRJ)*, 2017, vol. 1, no. 2, 94 p.
- Chereshnev V.A., Gamburtsev A.G. Ekologiya, monitoring i zdorov'e lyudej [Ecology, monitoring and human health] *Vestnik Rossijskoj akademii nauk*, 2017, vol. 87, no. 2, p. 121–129. (In Russian)
- Glotov A.A. Meditsinskaya GIS – osnova integralnoj otcenki blagopoluchiya regiona [Medical GIS as a basis of the integral assessment of regional well-being] *Geomatika*, 2013, no. 3, p. 45–49. (In Russian)
- Kistemann T., Dangendorf F., Schweikart J. New perspectives on the use of Geographical Information Systems (GIS) in environmental health sciences. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, 2002, vol. 205, no. 3, p. 169–181.
- Kosinova I.I., Krutskikh N.V., Kustova N.R. Tekhnogennoe preobrazovanie prirodnoj sredy territorii g. Voronezha i ego ekologicheskie posledstviya [Technogenic transformation of the natural environment within the territory of Voronezh city and its environmental effects]. M., RGOTUPS, 2007, 172 p. (In Russian)
- Kustov M.V. Kompleksnaya ekologo-geograficheskaya kharakteristika urbanizirovannykh territorij s ispolzovaniem geoinformatsionnykh tekhnologij (na primere g. Saranska) [Integrated ecological and geographical characteristics of urbanized territories using geoinformation technologies (case study of the city of Saransk)]. *Vestnik Mordovskogo universiteta*, 2008, no. 1, p. 112–118. (In Russian)
- Ledoux H., Gold C. *An Efficient Natural Neighbour Interpolation Algorithm for Geoscientific Modelling*. Developments in Spatial Data Handling. Springer-Verlag, Berlin/Heidelberg, 2005, p. 97–108.
- Maantay J. Asthma and air pollution in the Bronx: Methodological and data considerations in using GIS for environmental justice and health research. *Health & Place*. Pergamon, 2007, vol. 13, no. 1, p. 32–56.
- Makarov O.A., Kuznetsova T.N. Otsenka ekologicheskogo sostoyaniya pochvennykh i zemelnykh resursov Moskovskoi oblasti [Assessment of the ecological state of soil and land resources of the Moscow region] *Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 17: Pochvovedenie*, 2002, no. 2, 33 p. (In Russian)
- Mediko-ekologicheskij atlas Voronezhskoy oblasti [Medical and environmental atlas of the Voronezh region] / Pod red. S.A. Kurolopa, N.P. Mamchika, O.V. Klepikova. Voronezh: Istoki, 2010, 167 p. (In Russian)
- Moskalenko O.P., Portnaya D.N. Mediko-ekologicheskij blok bazy dannykh regional'noj GIS [Medical-ecological block of the regional GIS database] *Vestnik Bryanskogo gosudarstvennogo universiteta*, 2011, no. 4, p. 220–227. (In Russian)
- Nuvolone D., Maggiore, R., Maio S. et al. Geographical information system and environmental epidemiology: a cross-sectional spatial analysis of the effects of traffic-related air pollution on population respiratory health. *Environmental Health. BioMed Central*, 2011, vol. 10, no. 1, 12 p.
- Rakhmanin Yu.A., Mikhailova R.I. Okruzhayushchaya sreda i zdorov'e: priorityety profilakticheskoy meditsiny [Environment and health: priorities for preventive medicine] *Gigiena i sanitariya*, 2014, no. 5(93), p. 5–10. (In Russian)
- Rybakov D.S., Krutskikh N.V., Shelekhova T.S., Lavrova N.B., Slukovskiy Z.I., Krichevtsova M.V., Lazareva O.V. Klimaticheskie i geokhimicheskie aspekty formirovaniya ekologicheskikh riskov v respublike Kareliya [Climatic and geochemical aspects of the formation of environmental risks in the Republic of Karelia]. Sankt-Peterburg, 2013, 130 p.
- Senaratne H. et al. A review of volunteered geographic information quality assessment methods. *International J. Geographical Information Science*, 2017, vol. 31, no. 1, p. 139–167.
- Shalyari N., Alinejad A., Hashemi A.H.G. et al. Health Risk Assessment of Nitrate in Groundwater Resources of Iranshahr Using Monte Carlo Simulation and Geographic Information System (GIS) *MethodsX*, 2019, vol. 6, p. 1812–1821.
- Silva F.B.V., Nascimento C.W.A., Araújo P.R.M., Silva F.L., Lima L.H.V. Soil contamination by metals with high ecological risk in urban and rural areas. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 2014, vol. 14, no. 3, p. 553–562
- Stewart O.T. et al. Secondary GIS built environment data for health research: Guidance for data development. *Journal of Transport & Health*. Elsevier, 2016, vol. 3, no. 4, p. 529–539.
- Sun Y., Li H., Guo G., Semple K.T., Jones K.C. Soil contamination in China: Current priorities, defining background levels and standards for heavy metals. *Journal of Environmental Management*, 2019, vol. 251, 109512.
- Trofimov V.T., Kurilenko V.V. Ekologicheskie funktsii abioticheskikh sfer Zemli: sodержanie i znachenie dlya stanovleniya novogo teoreticheskogo bazisa geoekologii [Ecological functions of abiotic spheres of the Earth: substance and significance for the formation of a new theoretical basis of geoecology] *Vestn. Mosk. un-ta, Ser. 5, Geogr.*, 2015, no. 3, p. 93–102.
- Verhaegh B., Beijns E., van den Heuvel T., Goudkade D., Zeegers M., Nawrot T., et al. Ambient air quality as risk factor for microscopic colitis – A geographic information system (GIS) study. *Environmental Research*, 2019, vol. 178, 108710.
- Wang J, Zuo R, Caers J. Discovering geochemical patterns by factor-based cluster analysis. *Journal of Geochemical Exploration*, 2017, vol. 181, p. 106–115.
- Wong C.S.C., Li X, Thornton I. Urban environmental geochemistry of trace metals. *Environmental Pollution*, 2006, vol. 142, p. 1–16.
- Yablokov V.M. Geoinformatsionnyj analiz struktury i dinamiki prirodno-ekologicheskogo karkasa Moskvy na osnove otkrytykh geodannykh [GIS-based analysis of structure and dynamics of the Moscow urban environmental infrastructure using the open geodata] *Vestn. Mosk. un-ta, Ser. 5, Geogr.*, 2018, no. 1, p. 42–48.
- Web-sources
- Edinaya mezhvedomstvennaya informatsionno-statisticheskaya sistema (EMISS) [Unified Interdepartmental Information and Statistical System] URL: <https://www.fedstat.ru/indicator/40466> (access date 19.12.19). (In Russian)
- Federal'naya sluzhba gosudarstvennoy statistiki. Chislennost' naseleniya Rossijskoy Federatsii po polu i vozrastu na 1 yanvarya 2016 goda [Federal State Statistics Service. Population of the Russian Federation by gender and age as of January 1, 2016] URL: https://www.gks.ru/bgd/regl/B16_111/Main.htm (access date 19.12.19).
- Ginzburg L.N., Tokavischev I.A. Mnogomernyy analiz geokhimicheskikh dannykh Evropy (geokhimicheskoe raionirovanie i otsenka ekologicheskogo sostoyaniya) [Further analysis of geochemical data in Europe (geochemical zoning and environmental assessment)]. Moscow, ZAO «Pangeya», 2012. URL: http://www.pangea.ru/ru/img_content/public/Europa_Pangea-2012.pdf (access date 19.12.19). (In Russian)
- Grebeniuk A.N., Merabishvili V.M., Musichuk Iu.I., Popov G., Strukov D.R. Ispolzovanie podkhodov meditsinskoi geografii pri ekologicheskoi otcenke krupnogo megapolisa [Using approaches of medical geography in the environmental assessment of a large metropolis] // GIS v zdavookhraneni i meditsine, 2012, no. 1. (In Russian) URL: https://www.esri-cis.ru/news/arcreview/detail.php?ID=6522&SECTION_ID=221 (access date 19.12.19). (In Russian)
- OpenStreetMap (OSM) URL: <https://www.openstreetmap.org> (access date 19.12.19).
- QGIS. A Free and Open Source Geographic Information System. URL: <https://qgis.org> (access date 19.12.19).

Received 31.03.2019

Revised 25.07.2019

Accepted 06.07.2020

РЕГИОНАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

УДК 911.2:550.4

И.А. Авессаломова¹**БИОГЕОХИМИЧЕСКАЯ СПЕЦИАЛИЗАЦИЯ РАСТЕНИЙ ПОЛЕССКИХ ЛАНДШАФТОВ ОЗЕРНОЙ МЕЩЕРЫ**

Использован подход, раскрывающий гетерогенность внутриландшафтного пространства. Она проявляется в соседстве катен с разным набором элементарных ландшафтов. Установление их биогеохимического разнообразия требует выявления особенностей биологического поглощения элементов растениями разных систематических групп. При их обосновании необходим учет происхождения видов и их связей с эколого-геохимическими условиями эдафотопов. Для изучения биогеохимической специализации растений были выбраны южнотаежные полесские ландшафты Озерной Мещеры. Геохимическое опробование проводилось по катенам. При интерпретации аналитических данных использован комплекс специальных показателей – зольность растений и интенсивность биологического поглощения элементов. На их основании проведена группировка растений по зольности и активности накопления микроэлементов. Выделены виды с пониженной зольностью: бореальные кустарнички и мхи. Низкая зольность архегониальных видов согласуется с их обнаружением в лесах с консервативным типом биологического круговорота, существовавшем в палеофите и мезофите. Приуроченность ели к богатым местообитаниям отражается на росте зольности ее хвои по сравнению с сосной. Среди покрытосеменных выявлено увеличение разнообразия видов по способности к накоплению зольных элементов. По активности поглощения микроэлементов установлено, что большинство растений полесских ландшафтов имеет катионофильную специализацию. Показана их связь с центрами видообразования в гумидных ландшафтах юрских и третичных лесов. К их числу относятся деревья – доминанты хвойных лесов, кустарнички семейства вересковых, бореальное мелко-травье, папоротники и хвощи. В полесских ландшафтах они преобладают в верхних звеньях катен. Сглаживание различий в накоплении катионогенных и анионогенных элементов наблюдается у представителей древних (мхи) и молодых (злаки и частично осоки) флор. В нижних звеньях катен они доминируют в супераквальных луговых и болотных ландшафтах. Установлено, что в зависимости от видового состава меняется биогеохимическая специализация фитоценозов, их отдельных ярусов и барьерные функции. В сосновых кустарничково-зеленомошных лесах зафиксирована единая катионогенная специализация древесного и кустарничкового ярусов. Она обеспечивает закрепление биогенных элементов (Mn, Zn и др.) на фитобарьере и снижает их потерю при кислот выщелачивании. Специализация мохового покрова состоит в накоплении V, Cr, Ti. Изменение ассоциации накапливающих элементов в лугах и болотах способствует увеличению неоднородности и контрастности катен.

Ключевые слова: филогенетическая специализация растений, видовой состав фитоценозов, катионогенные и анионогенные элементы, ряды биологического поглощения, биогеохимическая активность видов, фитобарьеры

Введение. К числу фундаментальных понятий, связанных с функционированием геосистем, относятся представления об их когерентности и самоорганизации. Основным механизмом самоорганизации является биологический круговорот (БИК), обеспечивающий целостность природных ландшафтов и характер межкомпонентных отношений [Перельман, 1995; Перельман, Касимов, 1999]. Среди факторов, курирующих степень самоорганизации, ведущую роль играют автотрофный и гетеротрофный биогенез, их интенсивность и соотношение. Это позволило сформулировать теоретическое положение о биогеохимической организованности и неоднородности внутриландшафтного пространства [Глазовская, 1992]. В его пределах в соответствии с эколого-геохими-

ческими градиентами [Fortescue, 1980] сменяются природные комплексы с различной биогеохимической структурой, которая связана со строением, продуктивностью и флористическим богатством фитоценозов. Ее своеобразие во многом зависит от типов химизма БИКа и интенсивности биологического поглощения микроэлементов растениями, которое определяется их филогенетической специализацией и экологическими условиями местообитаний. Поскольку рост активности автотрофного биогенеза и видového разнообразия способствуют увеличению самоорганизации ландшафта, биогеохимическая структура может рассматриваться как один из факторов его устойчивости, что важно учитывать при оценке последствий антропогенного воздействия.

¹ Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет, кафедра физической географии и ландшафтоведения, доцент, канд. геогр. н.; e-mail: aiageo@yandex.ru

Постановка проблемы. Одним из проявлений внутренней гетерогенности ландшафта является соседство разнотипных элементарных ландшафтов (ЭЛ), обеспечивающих биогеохимическую неоднородность катен. Ее обоснование требует выявления направленности биологического поглощения элементов растениями разных систематических групп и их комбинаторики в составе фитоценозов, что определяет своеобразие формирующегося биогеохимического поля в разных звеньях катен. Его континуальность обеспечивается сходством растительных сообществ в сопряженных ЭЛ, но нарушается при смене фитоценозов, отличающихся по интенсивности вовлечения элементов в БИК. Концепция о различиях биогеохимической активности растений к накоплению элементов базируется на представлении о филогенетической специализации видов, сформировавшейся в зависимости от их происхождения и эволюции [Кист, 1987; Кабата-Пендиас, Пендиас, 1989; Баргальи, 2005; Bowen, 1966; Kabata-Pendias, 2011] и др. Выделены парагенезисы микроэлементов в растениях разных зон и виды с катионофильной и анионофильной специализацией, центры видообразования которых связаны соответственно с гумидными или аридными ландшафтами [Айвазян, Касимов, 1979; Касимов и др., 2019]. В зависимости от их сочетания и доминирования в структуре растительных сообществ, очевидно, можно говорить не только о биогеохимической специализации отдельных видов, но и о специализации фитоценозов или их отдельных ярусов.

Другая группа вопросов связана с выявлением биогеохимического разнообразия сопряженных ЭЛ, его связей с эколого-геохимической контрастностью катен и с формированием барьерных зон [Avessalomo et al., 2016]. Основываясь на подходах к классификации барьеров [Глазковская, 2012], при систематике биогеохимических барьерных зон предполагается учет их происхождения (фитобарьер и др.), режима функционирования, пространственной локализации, ёмкости и специализации, которая фиксируется по парагенным ассоциациям накапливающихся в биоте элементов.

Анализ литературных источников выявил особенности биологического поглощения элементов растениями бореальных ландшафтов Восточно-Европейской равнины. На основании данных для средней тайги Карелии установлено, что, несмотря на значительную вариацию концентраций микроэлементов в золе доминантов древесного (ель европейская) и кустарничкового (черника) ярусов, биогеохимическая специализация отдельных видов и их морфологических органов проявляется весьма отчетливо. Показано, что мхи лучше накапливают микроэлементы (Ti, Zr), слабо поглощаемые деревьями и кустарничками [Добровольский, 2003]. Для южнотаежных полесских ландшафтов озерно-аллювиальных равнин (бассейн р. Гусь) зафиксирована возможность иммобилизации тяжелых металлов (ТМ) в хвое основных доминантов древесного яруса, а также у представителей кустарничкового, тра-

вяного и мохового ярусов сосновых и сосново-еловых лесов. Показана тенденция к базипетальному распределению ТМ и их сезонная динамика в фотосинтезирующих органах деревьев, а также способность мелколиственных пород к одновременному концентрированию Zn и Pb, несмотря на антагонизм между этими элементами. Важен вывод о том, что в фоновых условиях барьерные механизмы не предотвращают миграцию Pb в фотосинтезирующие органы [Кривцов и др., 2011]. Выявлена возможность увеличения активности биологического поглощения микроэлементов в условиях бедных песчаных почв, что было ранее отмечено для полесских ландшафтов Белоруссии и Мещеры как адаптивная реакция растений, противостоящих кислотному выщелачиванию [Авессаломова, Микляева, 1997].

Попытка выявления роли растений при оценке биогеохимической неоднородности катен предпринята для полесских ландшафтов Озерной Мещеры. Это предполагало установление вещественного состава растений, занимающих разное систематическое положение. Сопоставление их способности к поглощению минеральных веществ является одним из критериев, позволяющих обосновать различия или общность геохимической структуры и специализацию фитоценозов сопряженных комплексов.

Материалы и методы исследований. Основной объект исследований – южнотаежные полесские ландшафты в бассейне р. Пра. Они приурочены к озерно-зандровым низменным равнинам московского и валдайского возраста, сложенным мономинеральными олигомиктовыми обедненными основаниями кварцевыми песками [Кривцов и др., 2011]. Преобладают лесо-болотные и лесо-лугово-болотные катены, включающие автономные пермацидные ЭЛ Н-класса с зеленомошными, кустарничково-зеленомошными и орляковыми сосновыми лесами, сопрягающиеся с супераквальными ЭЛ Н-Fe-класса с травяно-долгомощными елово-сосновыми лесами и травяными осоковыми низинными болотами, окаймляемыми полосой разнотравно-осоково-злаковых лугов. При наличии прямых водных связей биогеохимическая неоднородность и контрастность катен обусловлена увеличением в нижних звеньях гидроморфности и трофности эдафотопов, что сопровождается изменением обстановки водной миграции, ослаблением гуматогенеза и усилением детритогенеза. Краевая зона болот, к которой приурочены сырые и болотистые луга, в связи с колебаниями уровня грунтовых вод занимает экотонное положение в катенах. Она отличается нестабильными значениями гидротермических и геохимических параметров, увеличением флористического разнообразия и формированием кольцеобразных барьерных зон, включающих физико-химические и биогеохимические барьеры [Авессаломова, 2012].

Биогеохимическое опробование проходило по катенам с заложением точек в автономных и подчиненных ЭЛ и включало отбор укосов с площадок 50×50 см и проб отдельных растений, относящихся к различным ценогенетическим комплексам, с уче-

том их требований к влажности и богатству почв. Всего опробовано 36 видов растений разных систематических групп (330 проб) и проведен разбор укосов по фракциям травянистой фитомассы лугов разного уровня (90 проб). Зольность образцов (сырая зола) определена в аналитической лаборатории кафедры физической географии и ландшафтоведения географического факультета МГУ, микроэлементный состав зол растений – в Бронницкой геолого-геохимической экспедиции ФГУП «ИМГРЭ» методом приближенного количественного спектрального анализа (ПКСА). Расчет кларков концентрации микроэлементов (КК) и общей биогеохимической активности видов ($BXA = \sum KК$ для 18 микроэлементов) проведен по отношению к кларкам литосферы [Виноградов, 1962]. Для каждого из растений рассчитана суммарная степень накопления катионогенных ($\Sigma_k = \sum KК$ Mn, Ba, Zn, Cu) и анионогенных ($\Sigma_a = \sum KК$ Mo, V, Cr, Ti) элементов, соотношение между ними (Σ_k / Σ_a) и отдельно между $KК_{Mn} / KК_{Mo}$, что использовано при выявлении биогеохимической специализации видов.

Результаты исследований и их обсуждение.

Накопление минеральных веществ в растениях. Участие различных видов растений в автотрофном биогенезе определяется не только их фитомассой, но и способностью к накоплению минеральных веществ. К числу информативных экстенсивных параметров биологического поглощения относится зольность, которая различается в фотосинтезирующих зеленых частях растений от 1,4 до 12,5% (рис. 1).

Группа видов с пониженной зольностью включает хвойные деревья-доминанты полесских ландшафтов, бореальные кустарнички – черника (*Vaccinium myrtillus*) и брусника (*Vaccinium vitis-idaea*), а также мхи. Низкое содержание минеральных веществ у архегониальных видов хорошо согласуется с консервативным типом БИКа лесных ландшафтов палеофита и мезофита, с которыми связано их происхождение. Зольность хвой сосны (*Pinus sylvestris* – 1,8%) ниже, чем у ели (*Picea abies* – 3,1%), занимающей более богатые местообитания в катенах. В связи с этим в елово-сосновых лесах супераквальных ЭЛ на единицу продуцируемой фитомассы расходуется больше элементов, что способствует увеличению емкости фитобарьера в древесном ярусе по сравнению с сосняками автономных ЭЛ. Невысокой зольностью характеризуются олиготрофные бореальные кустарнички семейства вересковых (черника, брусника – 2,6–3,0%) в отличие от линнеи северной (*Linnaea borealis* – 5,7%) из семейства жимолостных, а также от плауновых, например, плауна булавовидного (*Lycopodium clavatum* – 4%). Среди мхов зольность выше у видов, связанных с минеральным субстратом, в частности, у плеурозия Шребера (*Pleurozium Schreberi*) и дикрана многожогового (*Dicranum polysetum*) составляет 2,9–3,0%, а снижается у сфагновых мхов и кукушкина льна (*Polytrichum commune*) – 1,4–2,1%.

Другую группу составляют мезофитные злаки белоус торчащий (*Nardus stricta*), душистый коло-

сок (*Anthoxanthum odoratum*), тимopheевка луговая (*Phleum pratense*), гигромезофитный злак щучка дернистая (*Deschampsia caespitosa*), а также низинно-болотные осоки и ситники (4,4–6,8%). Среди злаков выделяется тростник обыкновенный (*Phragmites australis* 7,8%) – низинно-болотный гигрофит, приуроченный к эвтрофным местообитаниям.

Еще одну группу видов образуют представители разнотравья и бобовых, отражающие тенденцию к увеличению разнообразия покрытосеменных по способности к накоплению зольных элементов (5,5–10,9%). Сюда вошли голарктические виды разных семейств и ценогенетических комплексов. Из бореального мелкотравья (зольность 7,6–10%) это майник двулистный (*Majanthemum bifolium*, семейство Liliaceae), кислица обыкновенная (*Oxalis acetosella*, семейство Oxalidaceae), седмичник европейский (*Trientalis europaea*, семейство Primulaceae). Из боровых и лугово-лесных видов – ястребинка волосистая (*Hieracium pilosella*, семейство Asteraceae), лапчатка прямостоящая (*Potentilla erecta*, семейство Rosaceae), марьянник лесной (*Melampyrum pratense*, семейство Scrophulariaceae) – зольность 6,1–9,1% и боровой предбореальный вид – ландыш майский (*Convallaria majalis*, семейство Liliaceae – 8,3%). Из видов, характерных для супераквальных ЭЛ, в нее включены низинно-болотные гигрофиты (зольность 5,6–10,9%) частуха подорожниковая (*Alisma plantago-aquatica*, семейство Alismataceae), фиалка болотная (*Viola palustris*, семейство Violaceae), сабельник болотный (*Comarum palustre*, семейство Rosaceae). Особое место занимают архегониальные голарктические виды, отличающиеся максимальной зольностью, в том числе хвощ лесной (*Equisetum sylvaticum* – 12,5%), и циркумбореальные папоротниковидные. Несмотря на близкие значения зольности, прослеживается снижение накопления минеральных веществ у такого олиготрофа, как орляк обыкновенный (*Pteridium aquilinum* – 7,1%) в автономных ЭЛ с папоротниковыми сосняками, по сравнению со страусником обыкновенным (*Matteuccia struthiopteris* – 7,5%) в тенистых эдафотопках по днищам ложбинообразных понижений. Страусник предпочитает хороший дренаж и проточные почвенно-грунтовые воды, богатые минеральными солями [Биологическая флора ..., 1993]. Это согласуется с увеличением его активности к поглощению зольных элементов, способствует перехвату биогенов, мигрирующих с потоком грунтовых вод, и увеличению емкости латерального фитобарьера в травяном ярусе супераквальных ЭЛ.

Биогеохимическая специализация растений разных систематических групп. Наряду с общей тенденцией увеличения зольности от архегониальных (кроме хвощей) видов к покрытосеменным в процессе эволюции формировались различия существенного состава растений разных систематических групп. В отношении макроэлементов это проявилось, например, в активном поглощении Si мхами, папоротниками, хвощами, некоторыми хвойными

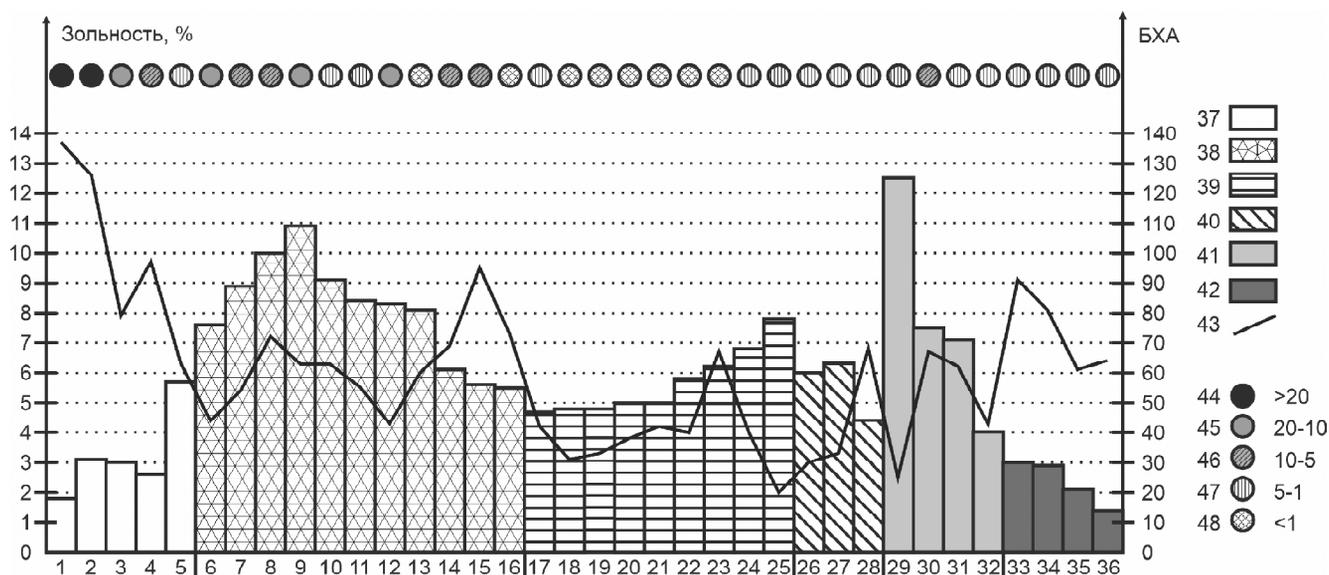


Рис. 1. Зольность и биогеохимическая активность растений полесских ландшафтов Озерной Мещеры.

Деревья и кустарнички: 1 – сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris*, хвоя), 2 – ель европейская (*Picea abies*, хвоя), 3 – черника (*Vaccinium myrtillus*), 4 – брусника (*Vaccinium vitis-idaea*), 5 – линнея северная (*Linnaea borealis*). Разнотравье: 6 – седмичник европейский (*Trientalis europaea*), 7 – майник двулистный (*Majanthemum bifolium*), 8 – кислица обыкновенная (*Oxalis acetosella*), 9 – частуха подорожниковая (*Alisma plantago-aquatica*), 10 – марьянник луговой (*Melampyrum pratense*), 11 – фиалка болотная (*Viola palustris*), 12 – ландыш майский (*Convallaria majalis*), 13 – ястребинка волосистая (*Hieracium pilosella*), 14 – лапчатка прямостоящая (*Potentilla erecta*), 15 – сабельник болотный (*Comarum palustre*). Бобовые: 16 – горошек мышиный (*Vicia cracca*). Злаки: 17 – душистый колосок (*Anthoxanthum odoratum*), 18 – тимофеевка луговая (*Phleum pratense*), 19 – пырей ползучий (*Agropyron repens*), 20 – овсяница луговая (*Festuca pratensis*), 21 – молиния голубая (*Molinia caerulea*), 22 – щучка дернистая (*Deschampsia caespitosa*), 23 – полевица побегообразующая (*Agrostis stolonifera*), 24 – белоус торчащий (*Nardus stricta*), 25 – тростник обыкновенный (*Phragmites australis*). Осоки и ситники: 26 – осока вздутая (*Carex rostrata*), 27 – осока пузырчатая (*Carex vesicaria*), 28 – ситник нитевидный (*Juncus filiformis*). Папоротники, хвощи, плауны: 29 – хвощ лесной (*Equisetum sylvaticum*), 30 – страусник обыкновенный (*Matteuccia struthiopteris*), 31 – орляк обыкновенный (*Pteridium aquilinum*), 32 – плаун булавовидный (*Lycopodium clavatum*). Мхи: 33 – плеурозий Шребера (*Pleurozium Schreberi*), 34 – дикран многожизненный (*Dicranum polysetum*), 35 – кукушкин лен (*Polytrichum commune*), 36 – сфагн (*Sphagnum sp.*). Биогеохимические параметры (по средним значениям из 8–15 проб для вида). Зольность (%): 37 – деревья и кустарнички, 38 – разнотравье, 39 – злаки, 40 – осоки и ситники, 41 – папоротники, хвощи, плауны, 42 – мхи. Биогеохимическая активность к накоплению микроэлементов (БХА) – 43. Соотношение степени накопления Mn и Mo (KK_{Mn}/KK_{Mo}): 44 – более 20, 45 – 20–10, 46 – 10–5, 47 – 5–1, 48 – менее 1

Fig. 1. Ash content and the biogeochemical activity of plants in Polesye landscapes of the Meschera lakeland.

Trees and shrubs: 1 – Scots pine (*Pinus sylvestris*, needles), 2 – European spruce (*Picea abies*, needles), 3 – Bilberry (*Vaccinium myrtillus*), 4 – Lingonberry (*Vaccinium vitis-idaea*), 5 – Northern linnea (*Linnaea borealis*). Forbs: 6 – arctic starflower (*Trientalis europaea*), 7 – false lily of the valley (*Maianthemum bifolium*), 8 – common oxalis (*Oxalis acetosella*), 9 – European water-plantain (*Alisma plantago-aquatica*), 10 – common cow-wheat (*Melampyrum pratense*), 11 – marsh violet (*Viola palustris*), 12 – may lily of the valley (*Convallaria majalis*), 13 – mouse-ear hawkweed (*Hieracium pilosella*), 14 – tormentil (*Potentilla erecta*), 15 – marsh cinquefoil (*Comarum palustre*). Legumes: 16 – mouse peas (*Vicia cracca*). Grasses: 17 – sweet vernal grass (*Anthoxanthum odoratum*), 18 – Timothy grass (*Phleum pratense*), 19 – couch grass (*Agropyron repens*), 20 – meadow fescue (*Festuca pratensis*), 21 – purple moor-grass (*Molinia caerulea*), 22 – tussock grass (*Deschampsia caespitosa*), 23 – creeping bentgrass (*Agrostis stolonifera*), 24 – matgrass (*Nardus stricta*), 25 – common reed (*Phragmites australis*). Sedges and rushes: 26 – bloated sedge (*Carex rostrata*), 27 – bladder sedge (*Carex vesicaria*), 28 – filamentous rush (*Juncus filiformis*). Ferns, horsetails, ground-pines: 29 – wood horsetail (*Equisetum sylvaticum*), 30 – ostrich fern (*Matteuccia struthiopteris*), 31 – eagle fern (*Pteridium aquilinum*), 32 – common club moss (*Lycopodium clavatum*). Mosses: 33 – Schreber's big red stem moss (*Pleurozium Schreberi*), 34 – wind-blown mosses (*Dicranum polysetum*), 35 – common haircap (*Polytrichum commune*), 36 – Sphagnum (*Sphagnum sp.*) Biogeochemical parameters (based on average values from 8 to 15 samples per each species). Ash content (%): 37 – trees and shrubs; 38 – forbs; 39 – grasses; 40 – sedges and rushes; 41 – ferns, horsetails, ground-pines; 42 – mosses. Biogeochemical activity of the accumulation of trace elements (BCA) – 43. Ratio of the degree of Mn and Mo accumulation (KK_{Mn}/KK_{Mo}): 44 – more than 20, 45 – 20–10, 46 – 10–5, 47 – 5–1, 48 – less than 1

деревьями (хвоя ели) и злаками с кремниевым скелетом; Fe – вересковыми, P – бобовыми и лилейными; в преобладании K над Ca в составе большинства трав [Авессаломова, 2007; Добровольский, 2003; Перельман, Касимов, 1999; Kabata-Pendias, 2011]. Важным систематическим признаком отдельных видов растений является микроэлементный состав, отражающий своеобразие их филогенетической специализации.

Биогеохимическая активность видов к накоплению микроэлементов отличается высокой вариабельностью (БХА от 20 до 137) и не всегда согласуется с их общей способностью к поглощению минеральных веществ (см. рис. 1). Особенно контрастно это проявляется у доминантов древесного яруса, когда низкзольная хвоя отличается наиболее высоким уровнем накопления микроэлементов (БХА 126–137). Бореальные кустарнички автоном-

ных ландшафтов Н-класса малотребовательны к богатству почв (особенно брусника) и являются олиготрофами, однако корневое питание осуществляется с помощью микоризы [Биологическая флора ..., 1980], что, очевидно, оказывает влияние на их достаточно высокую биогеохимическую активность (БХА 79–97). Ее снижение зафиксировано у линии северной (БХА = 63).

Среди разнотравья встречаются виды с разной активностью биопоглощения микроэлементов, но в целом она ниже, чем у деревьев и кустарничков (БХА 43–63 и более). На этом общем фоне выделяются виды с повышенной БХА, относящиеся к разным семействам. Из бореального мелкотравья к их числу относится кислица обыкновенная (БХА=72), способность которой активно поглощать элементы минерального питания в условиях небогатых местообитаний препятствует их выносу при кислотном выщелачивании. Повышенная активность лапчатки прямостоящей (БХА = 70) может быть связана с ее филогенетической специализацией, сформировавшейся при эволюции рода *Potentilla* от древесных форм к травянистым. Наиболее высокой БХА отличается сабельник болотный (БХА=95), характерный для сырых лугов супераквальных ЭЛН-Fe-класса. Повышенное накопление микроэлементов выявлено у бобовых (БХА=73).

Наиболее низкой биогеохимической активностью отличаются злаки и осоки (БХА 20–40), что в первую очередь связано со значительным уменьшением потребления В по сравнению с двудольными растениями. Снижение потребности в этом элементе у злаков объясняется их физиологическими особенностями и способностью не накапливать фенолы при формировании вегетативных органов [Школьник, 1974]. В рядах биологического поглощения злаков и осок В не относится к элементам энергического накопления, что отражает специфику их филогенетической специализации.

Археогониальные виды располагаются в ряд по увеличению БХА: хвощи (25), плауны и папоротники (43–67), мхи (61–90). У мхов биогеохимическая активность, как и зольность, выше у видов, связанных с минеральным субстратом. Она увеличивается за счет захвата микроэлементов, мало вовлекаемых в БИК покрытосеменными растениями. Сходные тенденции в соотношении зольности и БХА зафиксированы для папоротников, что видно по увеличению значений этих показателей у страусника по сравнению с орляком.

Особенности филогенетической специализации растений выявляются при сопоставлении рядов биологического поглощения и ассоциаций катионогенных (Mn, Ba, Zn, Cu) и анионогенных (Mo, V, Cr, Ti) элементов, суммарная степень накопления которых (Σk и Σa) рассчитана с учетом их КК. Профилирующую роль в парагенных ассоциациях играют Mn и Mo. С использованием критериев, отражающих изменение соотношений между выбранными информативными показателями ($\Sigma k/\Sigma a$, KK_{Mn}/KK_{Mo}), растения полесских ландшаф-

тов разделены на три группы (рис. 2). В первую вошли сосна и ель, в хвое которых накопление катионогенных элементов в 17–27 раз выше, чем анионогенных. По сравнению с другими видами для них отмечена максимальная активность накопления катионогенных элементов ($\Sigma k=50$ при Σa менее 3) и Mn (КК=30), у которого она в 20–30 раз выше, чем у Mo (см. рис. 1). Предки этих голосеменных из семейства сосновых были характерны для лесных ландшафтов юры, формирующихся в условиях влажного умеренного климата и кислого выщелачивания.

Вторая группа выделяется по снижению накопления катионогенных элементов при сохранении низкой активности к поглощению анионогенных (Σa до 2,5). Она отличается высоким разнообразием и объединяет виды, у которых в рядах биологического поглощения Mn относится к элементам сильного накопления (КК от 6 до 10), что в 5–20 раз выше, чем Mo. В нее вошли бореальные кустарнички се-

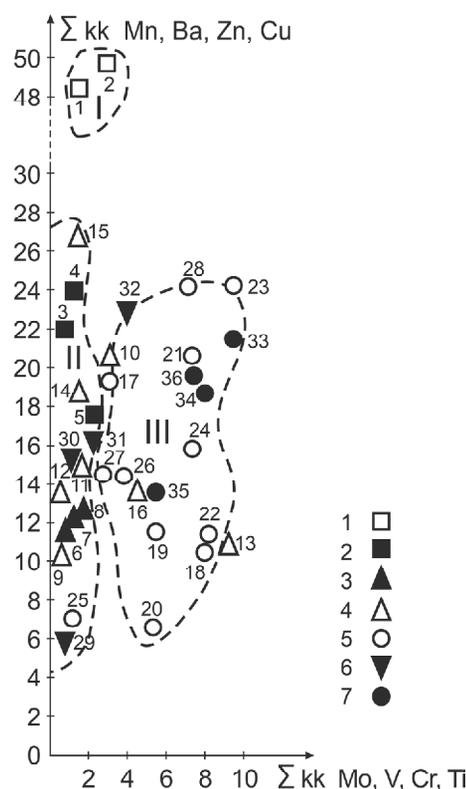


Рис. 2. Соотношение степени накопления катионогенных и анионогенных элементов в растениях полесских ландшафтов Озерной Мещеры. Названия растений: 1 – деревья, 2 – бореальные кустарнички, 3 – бореальное мелкотравье, 4 – разнотравье и бобовые, 5 – злаки, осоки, ситники, 6 – папоротники, хвощи, плауны, 7 – мхи.

Примечание: номера у значков соответствуют названиям видов растений на рис. 1.

Fig. 2. Correlation of the degree of accumulation of cationic and anionic elements by the plants of Polesye landscapes of the Meschera lakeland Symbols. Names of plants: 1 – trees, 2 – boreal shrubs, 3 – boreal small grasses, 4 – forbs and legumes, 5 – grasses, sedges, rushes, 6 – ferns, horsetails, ground-pines, 7 – mosses. Note: numbers at the signs correspond to the names of plant species in Fig. 1

мейства вересковых (Σk 22–24), распространявшиеся на европейскую часть России из северной Сибири. Предположительно центры их видообразования связаны с гумидными ландшафтами третичных тургайских листопадных лесов, где в условиях кислой среды увеличивалась доступность катионогенных элементов. Их накопление у черники и брусники значительно превышает биологическое поглощение анионогенных ($\Sigma k/\Sigma a$ от 15 до 20). У брусники и других вересковых, произошедших от вечнозеленого подлеска третичных лесов, эта способность при уменьшении их размеров сохранилась и в более суровых гумидных условиях ландшафтов Н-класса.

Кроме кустраничков в эту группу попадает бореальное мелко травье, папоротники и хвощи ($\Sigma k/\Sigma a$ от 9 до 14). Эти виды могут быть отнесены к гумидокатным растениям, катионофильная специализация которых формировалась в гумидных условиях. Так, установлена связь орляка обыкновенного с лесами третичного времени, его выживание в периоды четвертичных оледенений и последующее широкое расселение в лесных ландшафтах Северного полушария. Центры видообразования майника двулистного также связаны со смешанными третичными лесами, а в настоящее время он хорошо приспособился к кислым почвам бореальных таежных лесов. К числу древних видов, существовавших в доледниковый период, относится и седмичник европейский, встречающийся в ассоциациях совместно с кислицей и майником [Биологическая флора ..., 1990]. Активность к поглощению катионогенных элементов проявляют также гигрофиты и мезофиты болотного и лугового разнотравья супераквальных ЭЛ Н-Fe-класса: $\Sigma k/\Sigma a$ от 22 до 25 у сабельника болотного, частухи подорожниковой и от 9 до 12 у фиалки болотной, лапчатки прямостоящей и др.

Виды третьей группы отличаются снижением различий в поглощении катионогенных и анионогенных элементов ($\Sigma k/\Sigma a$ от 1 до 3), что происходит за счет увеличения активности накопления анионогенных (Σa более 2,5) и отличает их от растений первой и второй групп. Это наблюдается как у представителей древних (мхи), так и более молодых флор (злаки и осоки). Хотя древнейшие злаки были обнаружены в травяном ярусе верхнемеловых и третичных лесов, их дальнейшая эволюция в четвертичном периоде происходила в условиях прогрессирующего похолодания и аридизации климата. К их числу относится, например, такой третичный реликт, как белоус торчащий, центр видообразования которого связан с горными районами Центральной Европы, откуда распространился этот вид, а также щучка дернистая – голаркто-альпийский вид, возникший в доледниковую эпоху [Биологическая флора ..., 1980 и др.].

У многих мезофитных голарктических злаков, таких как тимофеевка луговая, пырей ползучий (*Agropyron repens*), овсяница луговая (*Festuca pratensis*) и др., отмечено снижение интенсивности поглощения Mn (КК от 0,5 до 1,7) и Ba (КК 0,2–0,3) при сохранении активности накопления Zn и Cu и

увеличении Mo (KK_{Mn}/KK_{Mo} от 0,1 до 0,9), который в рядах биологического поглощения опережает Mn (см. рис. 1). Для злаков, имеющих кремниевый скелет, это может быть связано с антагонистическим влиянием Si на поглощение Mn и стимулирование поглощения Mo [Kabata-Pendias, 2011]. В то же время для таких видов со слабо выраженной базифилией, как тимофеевка луговая и овсяница луговая ($KK_{Mn}/KK_{Mo}=0,2$), на формирование их филогенетической специализации могла оказать влияние связь с эфтрофными местообитаниями, где увеличивается доступность Mo в условиях слабощелочной среды. У мхов рост активности захвата анионогенных элементов ($\Sigma k/\Sigma a=2$) происходит в связи с тем, что они (в отличие от покрытосеменных) являются концентраторами Ti, Cr, V. В рядах биологического поглощения они относятся к элементам среднего накопления и сильного захвата (КК от 0,4 до 2,5).

Биогеохимическая неоднородность катен.

Контрастность эколого-геохимических условий и соседство ЭЛ с разной структурой и видовым составом фитоценозов оказывают влияние на изменение активности вовлечения микроэлементов в БИК при автотрофном биогенезе и создают предпосылки для усиления внутренней гетерогенности катен. Она проявляется в связи с различиями биогеохимической специализации различных фитоценозов (радиальная неоднородность) и при смене специализации фитоценозов в ряду сопряженных ЭЛ (латеральная неоднородность). Для полесских ландшафтов это прослеживается на примере лесо-лугово-болотных катен (табл.).

В автономных ЭЛ Н-класса с сосновыми кустарничково-мелкотравно-зеленомошными лесами основные функции по вовлечению микроэлементов в БИК выполняют древесный и кустарничковый (черника, брусника) ярусы. Их доминанты относятся к гумидокатным видам, что обеспечивает активное поглощение Mn, Ba, Zn. Несмотря на снижение БХА, у бореального мелко травья сохраняется единая катионофильная специализация с верхними ярусами, что свидетельствует об общем преобладании растений, центры видообразования которых находились в гумидных регионах. Своеобразие специализации мохового яруса (зеленые мхи) связано с вовлечением в БИК не только катионогенных элементов, но и V, Cr, Ti, мало доступных растениям других ярусов. В целом, сосновые леса с участием вечнозеленых видов обеспечивают закрепление типично катионогенных элементов на фитобарьере, постоянное функционирование которого сокращает в автономных ЭЛ Н-класса их потерю при кислотом выщелачивании. В орляковых сосняках на вершинах песчаных гряд сохраняется катионофильная специализация при снижении емкости радиального фитобарьера в связи с упрощением структуры растительного сообщества.

В нижних звеньях катен появляются супераквальные луговые и болотные ЭЛ Н-Fe-класса. Для фракционной структуры фитомассы влажных и сырых лугов среднего уровня характерно преобладание злаков (сухая фитомасса 10 ц/га, запас зольных

Т а б л и ц а

Биогеохимическая специализация фитоценозов в разных звеньях лесо-лугово-болотных катен

Элементарный ландшафт	Ярусы и видовой состав фитоценозов	Число проб	БХА	Кларки концентрации микроэлементов		
				10 и более	9–5	5–1
Автономный лесной Н-класса	Древесный (сосна, хвоя)	20	137	В, Mn, Zn	Cu	Ba, Mo
	Кустарничковый (черника, брусника)	36	79–97	В, Mn	Ba, Zn	Cu, Sr
	Травяной (бореальное мелкотравье)	36	42–72	В	Mn	Ba, Zn
	Моховой (зеленые мхи)	21	81–91	Mn	Zn, Cu, B	Mo, V, Cr, Ti
Супераквальный луговой Н-Fe-класса (влажные и сырые луга среднего уровня)	Травяной – злаки (щучка дернистая и др.)	34	40–67	–	Mo, Mn, Zn	Cu, Ba, B
	Травяной – разнотравье (сабельник болотный и др.)	30	55–95	В, Mn	Ba, Zn	Cu, Mo
Супераквальный болотный Н-Fe-класса	Травяной (осоки пузырчатая и вздутая)	22	30–33	(Zn)	Mn, Zn, Cu	Ba, Mo, B
	Моховой (сфагн)	16	61–64	Mn	Zn	Mo, Cu, V, B

элементов 0,5–0,6 ц/га) по сравнению с разнотравьем (соответственно, 5–7 ц/га и 0,4 ц/га) [Авессаломова, Микляева, 1997]. В условиях кислого оглеения, увеличения гидроморфности и трофности местообитаний, представители разнотравья (сабельник болотный, фиалка болотная, лапчатка прямостоячая) активно поглощают Mn, Ba, Zn, что способствует их перехвату из водных потоков со стороны автономных ЭЛ. Биогеохимическая специализация доминирующих злаков, среди которых полевица побегообразующая (*Agrostis stolonifera*), белоус торчащий, щучка дернистая, молиния голубая (*Molinia caerulea*), наоборот, отличается снижением активности поглощения этих элементов, а также В, при увеличении накопления Мо. Это приводит к усложнению парагенных ассоциаций элементов, аккумулярирующихся на латеральном кольцеобразном фитобарьере в краевой зоне болот. Его функционирование имеет сезонный характер, но оказывает влияние на своеобразие биогеохимического поля, формирующегося при гетеротрофном биогенезе в органогенных горизонтах дерново-глеевых почв.

Конечным звеном неполных геохимических сопряжений являются травяные болота с доминированием осок пузырчатой (*Carex vesicaria*) и вздутой (*Carex rostrata*), которые определяют достаточно высокую активность биопродукционного процесса (сухая фитомасса 28–30 ц/га, запас зольных элементов 1 ц/га). Они отличаются невысокой биогеохимической активностью (БХА 30–33) при большей способности к поглощению катионогенных элементов, чем анионогенных. Сходная тенденция отмечена для низинных сфагнов, хотя они проявляют некоторую активность к захвату Мо и V. Выявленные различия флористического состава и биогеохимической специализации лугов и болот усиливают дифференциацию гетерономных звеньев катен.

Выводы:

– внутренняя неоднородность монолитных катен озерно-зандровых равнин Озерной Мещеры обусловлена особенностями их миграционной структуры и нисходящими латеральными водными потоками. Они создают предпосылки для увеличения гидроморфности, трофности местообитаний в нижних звеньях и появления элементарных ландшафтов с разной биогеохимической специализацией фитоценозов, которая меняется в зависимости от сочетания видов, отличающихся по активности биологического поглощения элементов. Это отражается на трансформации состава парагенных ассоциаций в фитомассе и нарушает континуальность биогеохимического поля, формирующегося в растительном покрове верхних звеньев катен;

– большинство растений характеризуется повышенной способностью к поглощению катионогенных элементов по сравнению с анионогенными, хотя соотношение степеней их накопления различается у видов разных систематических групп. К числу гумидокатных относятся доминанты древесного и кустарничкового ярусов. При низкой зольности кустарнички семейства вересковых и хвоя деревьев выделяются высокой общей активностью к поглощению микроэлементов, в 15–25 раз интенсивнее накапливая катионогенные элементы. Сходная ситуация зафиксирована у бореального мелкотравья, папоротников и хвощей, которые отличаются повышенной зольностью и поглощением катионогенных элементов. Центры видообразования многих из названных видов связаны с гумидными ландшафтами юрских и третичных лесов, что определило их катионофильную филогенетическую специализацию. В полесских ландшафтах они доминируют в фитоценозах автономных (Н-класс) и супераквальных (Н-Fe-класс) элементарных ландшафтах с сосновыми и елово-сосновыми лесами;

– появление лугов в супераквальных ландшафтах Н-Fe-класса сопровождается трансформацией биогеохимической структуры фитоценозов в связи с сочетанием катионофильных видов из разнотравья и переходной группы видов из злаковых, отличающихся увеличением захвата анионогенных элементов. Тенденция изменения биогеохимической специализации фитоценозов в гетерономных звеньях катен не является однонаправленной, так как при росте гидроморфности и появлении осоковых болот профилирующая роль в парагенной ассоциации фитомассы опять переходит к катионогенным элементам;

– различия структурно-функциональной организации фитоценозов и филогенетическая специализация растений оказывают влияние на своеобразие фитобарьеров в полесских ландшафтах. В верхних звеньях катен четко выражена катионофильная спе-

циализация фитобарьера, вклад в формирование которого вносят все ярусы сосновых лесов автономных комплексов Н-класса. Относительная однородность их биогеохимического поля нарушается в переходной зоне от лесных элементарных ландшафтов к болотным Н-Fe-класса, где появляется латеральный барьер, связанный с полосой влажных и сырых лугов. Его роль заключается в перехвате и включении в БИК не только типично катионогенных (Mn, Ba, Zn), но и анионогенных (Mo) элементов. Емкость фитобарьера травяных низинных болот повышается в связи с увеличением биопродукции и запаса зольных элементов, что ограничивает потерю вещества в неполных сопряжениях. Пространственное соседство фитоценозов с различной биогеохимической специализацией, появление латеральных барьерных зон отражают роль биогенной миграции в усилении контрастности и гетерогенности катен.

Благодарности. Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ (проект № 1505-06468).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Авессаломова И.А.* Катенарная геохимическая организация таежных ландшафтов Восточно-Европейской равнины // Геохимия ландшафтов и география почв. М.: АПР, 2012. С. 97–117.
- Авессаломова И.А.* Биогеохимия ландшафтов. М.: Географический факультет МГУ, 2007. 162 с.
- Авессаломова И.А., Микляева И.М.* Структурно-функциональные особенности лугов и болот в ландшафтах Центральной Мещеры // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5. Геогр. 1997. № 1. С. 43–48.
- Айвазян А.Д., Касимов Н.С.* О геохимической специализации растений // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5. Геогр. 1979. № 3. С. 42–474.
- Баргальи Р.* Биогеохимия наземных растений. М.: ГЕОС, 2005. 457 с.
- Биологическая флора Московской области. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1980. Вып. 5. 192 с.
- Биологическая флора Московской области. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1990. Вып. 8. 272 с.
- Биологическая флора Московской области. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1993. Вып. 9. Часть 1. 112 с.
- Виноградов А.П.* Среднее содержание химических элементов в главных типах изверженных горных пород земной коры // Геохимия. 1962. № 7. С. 555–571.
- Глазовская М.А.* Биогеохимическая организованность экологического пространства в природных и антропогенных ландшафтах как критерий их устойчивости // Известия РАН. Сер. географическая. 1992. № 5. С. 5–12.
- Глазовская М.А.* Геохимические барьеры в почвах: типология, функциональные особенности и экологическое значение // Геохимия ландшафтов и география почв. М.: АПР, 2012. С. 26–44.
- Добровольский В.В.* Основы биогеохимии. М.: Изд. Центр «Академия», 2003. 342 с.
- Кабата-Пендиас А., Пендиас Х.* Микроэлементы в почвах и растениях. М.: Мир, 1989. 439 с.
- Касимов Н.С., Лычагин М.Ю., Чалов С.Р., Шинкарева Г.Л.* Парагенетические ассоциации элементов в ландшафтах // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5. Геогр. 2019. № 6. С. 20–28.
- Кист А.А.* Феноменология биогеохимии и бионеорганической химии. Ташкент: ФАН, 1987. 236 с.
- Кривцов В.А., Тобратов С.А., Водорезов А.В.* и др. Природный потенциал ландшафтов Рязанской области. Рязань: Изд-во Ряз. гос. ун-та имени С.А. Есенина, 2011. 768 с.
- Перельман А.И.* Геохимический ландшафт как самоорганизующаяся система // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5. Геогр. 1995. № 4. С. 10–16.
- Перельман А.И., Касимов Н.С.* Геохимия ландшафта. М.: Астрей – 2000, 1999. 768 с.
- Школьник М.Я.* Микроэлементы в жизни растений. Л.: Наука, 1974. 324 с.
- Avessalomova I.A., Khoroshev A.V., Savenko A.V.* Barrier function of floodplain and riparian landscapes in river runoff formation. Pokrovsky O.S. (ed.). *Riparian zones. Characteristics, management practices, and ecological impacts.* New York, Nova Science Publishers, 2016, p. 181–210.
- Bowen H.J.M.* Trace elements in biochemistry. London; New York, Academic Press, 1966, 256 p.
- Fortescue J.A.C.* Environmental Geochemistry. A Holistic Approach. New York–Heidelberg–Berlin: Springer Verlag, 1980, 347 p.
- Kabata-Pendias A.* Trace elements in soils and plants. L., N.-Y.: CRC Press, 2011, 505 p.

Поступила в редакцию 05.03.2020

После доработки 16.05.2020

Принята к публикации 06.07.2020

I.A. Avessalomova¹

BIOGEOCHEMICAL SPECIALIZATION OF PLANTS IN POLESYE LANDSCAPES OF THE MESCHERA LAKELAND

We employ an approach that reveals the heterogeneity of the inner landscape space which manifests itself by different sets of elementary landscapes in neighboring catenas. The assessment of biogeochemical diversity requires analyzing the absorption of chemical elements by plants of various systematic groups, considering the origin of the species and their relations with the ecological and geochemical conditions of edaphotopes. The biogeochemical specialization of plants was studied in the southern taiga Polesye landscapes of the Meshchera lakeland. Geochemical sampling was carried out by catenas. The analytical data were interpreted using a complex of special indicators, i. e. the ash content in the plants and the intensity of biological absorption of elements, with resulting classification of the plants under study. Lower ash content is typical of boreal dwarf shrubs and mosses. The low ash content in the archegonial species agree well with their occurrence in the forests with a conservative type of biological cycle that existed in the paleophyte and mesophyte. The spruce is found in rich habitats and shows the higher ash content in its needles compared to pine ones. An increase in the species diversity in line with the ability to accumulate ash elements was revealed for angiosperms. As judged by the activity of absorption of trace elements most of the plants of the Polesye landscapes have a cationophilic specialization. These include the dominant trees of coniferous forests, heather dwarf shrubs, boreal small grasses, ferns, and horsetails. Their relation with the Jurassic and Tertiary centers of speciation in humid forest landscapes is shown. They prevail in the upper sections of catenas in Polesye landscapes. Representatives of ancient (mosses) and young (grasses and some sedges) floras show less pronounced differences in the accumulation of cationogenic and anionogenic elements. They dominate super-aquatic meadow and bog landscapes in the lower sections of catenas. The biogeochemical specialization of phytocenoses and their particular layers, as well as their barrier functions vary with their species composition. Common cationogenic specialization of tree and dwarf shrub layers was revealed for the pine dwarf shrub-green moss forests. It ensures fixation of biogenic elements (Mn, Zn etc.) on the phytobarrier and reduces their loss under the acid leaching. The moss cover specializes in the accumulation of V, Cr and Ti. The association of accumulated elements is somewhat different in meadows and swamps, thus increasing the heterogeneity and contrast of the catenas.

Key words: phylogenic specialization of plants, species composition of phytocenoses, cationogenic and anionogenic elements, biologic uptake series, biogeochemical activity of species, phytobarriers

Acknowledgements. The study was financially supported by the Russian Foundation for Basic Research (project no. 1505-06468).

REFERENCES

- Avjazjan A.D., Kasimov N.S.* O geohimicheskoy specializacii rastenij [On geochemical specialization of plants]. *Vestn. Mosk. un-ta, Ser. 5, Geogr.*, 1979, no. 3, p. 42–47. (In Russian)
- Avessalomova I.A.* *Biogeokhimiya landshafta* [Landscape biogeochemistry]. Moscow, MSU Faculty of Geography Publ., 2007, 162 p. (In Russian)
- Avessalomova I.A.* Catenary geochemical organization of taiga landscapes in the East European Plain. *Geohimiya landshaftov i geografija pochv* [Landscape geochemistry and soil geography]. Moscow, APR, 2012, p. 97–117.
- Avessalomova I.A., Khoroshev A.V., Savenko A.V.* Barrier function of floodplain and riparian landscapes in river runoff formation // Pokrovsky O.S. (ed.). *Riparian zones. Characteristics, management practices, and ecological impacts*. Nova Science Publishers, New York, 2016, p. 181–210.
- Avessalomova I.A., Mikljaeva I.M.* Strukturno-funkcional'nye osobennosti lugov i bolot v landshaftah Central'noj Meshchery [Structural and functional features of meadows and swamps in the landscapes of Central Meschera]. *Vestn. Mosk. un-ta, Ser. 5, Geogr.*, 1997, no. 1, p. 43–48. (In Russian)
- Bargagli R.* *Biogeokhimiya nazemnyh rastenij*. [Biogeochemistry of terrestrial plants]. Moscow, GEOS, 2005, 457 p. (In Russian)
- Biologicheskaja flora Moskovskoj oblasti* [Biological flora of the Moscow region]. Moscow University Publ., 1980, iss. 5, 192 p. (In Russian)
- Biologicheskaja flora Moskovskoj oblasti* [Biological flora of the Moscow region]. Moscow University Publ., 1990, iss. 8, 272 p. (In Russian)
- Biologicheskaja flora Moskovskoj oblasti* [Biological flora of the Moscow region]. Moscow University Publ., 1993, iss. 9, chast. 1, 112 p. (In Russian)
- Bowen H.J.M.* *Trace elements in biochemistry*. London; New York, Academic Press, 1966, 256 p.
- Dobrovol'skiy V.V.* *Osnovy biogeokhimii*. [Fundamentals of biochemistry]. Moscow, Publishing center «Akademia», 2003, 342 p. (In Russian)
- Fortescue J.A.C.* *Environmental Geochemistry. A Holistic Approach*. New York-Heidelberg-Berlin: Springer Verlag, 1980, 347 p.
- Glazovskaja M.A.* [Geochemical barriers in soils: taxonomy, functioning, and significance for the environment] *Geokhimiya landshaftov i geografija pochv* [Landscape geochemistry and soil geography]. Moscow, APR, 2012, p. 26–44. (In Russian)
- Glazovskaja M.A.* Biogeokhimicheskaja organizovannost' ekologicheskogo prostranstva v prirodnyh i antropogennyh

¹ Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Department of Physical Geography and Landscape Science, Associate Professor, PhD. in Geography; e-mail: aiageo@yandex.ru

landshaftah kak kriterij ih ustojchivosti [Biogeochemical organization of ecological space in natural and anthropogenic landscapes as an indicator of their resistance]. *Izv. RAN, Ser. Geograficheskaya*, 1992, no. 5, p. 5–12. (In Russian)

Kabata-Pendias A. Trace elements in soils and plants. L, N.-Y., CRC Press, 2011, 505 p.

Kasimov N.S., Lychagin M.Yu., Chalov S.R., Shinkareva G.L. Parageneticheskie assotsiatsii elementov v landshaftakh [Paragenetic associations of chemical elements in landscapes]. Vestn. Mosk. un-ta, Ser. 5, Geogr., 2019, no. 6, p. 20–28. (In Russian)

Kist A.A. Fenomenologija biogeohimii i bioneorganicheskoj himii [Phenomenology of biogeochemistry and bioinorganic chemistry]. Tashkent, FAN, 1987, 236 p. (In Russian)

Krivicov V.A., Tobratov S.A., Vodoretzov A.V. et al. Prirodnyj potencial landshaftov Rjazanskoj oblasti [Natural potential of

landscapes of the Ryazan region]. S.A. Esenin Ryazan State Univ. Publ., 2011, 768 p. (In Russian)

Perel'man A.I. Geohimicheskij landshaft kak samoorganizujuschajasja sistema [Geochemical landscape as a self-organizing system]. Vestn. Mosk. un-ta, Ser. 5, Geogr., 1995, no. 4, p. 10–16. (In Russian)

Perel'man A.I., Kasimov N.S. Geohimija landshafta [Landscape geochemistry]. Moscow, «Astreja – 2000», 1999, 768 p. (In Russian)

Shkol'nik M.Ya. Mikrojelementy v zhizni rastenij [Trace elements in plants' life]. Leningrad, Nauka Publ., 1974, 324 p. (In Russian)

Vinogradov A.P. Srednee sodержanie himicheskikh elementov v glavnyh tipah izverzhennyh gornyh porod zemnoj kory [Mean concentrations of chemical elements in the principal types of igneous rocks of the Earth's crust]. Geohimiya, 1962, no. 7, p. 555–571. (In Russian)

Received 05.03.2020

Revised 16.05.2020

Accepted 06.07.2020

УДК 551.8.07; 561.261

Е.А. Агафонова¹, Е.И. Полякова²

ПАЛЕОГЕОГРАФИЧЕСКИЕ СОБЫТИЯ В ДВИНСКОМ ЗАЛИВЕ БЕЛОГО МОРЯ В ПОСЛЕЛЕДНИКОВОЕ ВРЕМЯ

Выполненные авторами палеорекострукции основаны на детальных исследованиях диатомовых комплексов в двух колонках донных осадков из Двинского залива-эстуария, в вершину которого поступают воды крупнейшей реки Беломорского бассейна – Северной Двины. Стратиграфическое расчленение отложений основано на данных AMS 14C датировок. Возраст осадков не превышает 12 тыс. кал. л. В отложениях колонок были идентифицированы 263 вида диатомей. В осадках пребореала и бореала зафиксированы минимальные в колонках концентрации диатомей (до 40 тыс. створок на г сухого осадка). При этом в отложениях пребореального времени из центральной части залива присутствуют интервалы, где диатомеи вовсе не были обнаружены. Единично встречаются створки относительно тепловодных видов, характерных для атлантических вод (в основном *Coscinodiscus radiatus*). Максимальные концентрации диатомей характерны для осадков второй половины атлантического времени, однако в центральной части залива пик концентраций приходится на несколько более позднее время. Основу диатомовых ассоциаций составляют морские и солоноватоводные морские, сублитеральные и неритические виды. В осадках суббореала и субатлантики концентрации диатомей в осадках изменяются незначительно, с конца суббореального времени повышается роль пресноводных видов в танатоценозах. Результаты диатомового анализа послеледниковых отложений Двинского залива свидетельствуют о смене природных обстановок от сильно распресненного морского залива до современных морских условий за последние 12 тыс. кал. л. По изменениям в диатомовых комплексах установлены: начало и максимум проникновения трансформированных атлантических вод в Двинский залив, кратковременное похолодание первой половины атлантического времени, голоценовый оптимум и климатические флуктуации субатлантического времени. Сравнение результатов микрорепалеонтологических исследований отложений центральной и внешней частей Двинского залива показали, что его орографические и гидрологические особенности влияли на проникновение атлантических вод и хронологию основных палеогеографических событий.

Ключевые слова: Беломорский регион, голоцен, диатомовый анализ, адвекция атлантических вод

Введение. Белое море – небольшой полузамкнутый арктический водоем, находящийся под влиянием арктических и атлантических водных масс, в период максимума последнего оледенения был полностью покрыт Скандинавским ледниковым щитом. В связи с этим изучение его донных осадков играет ключевую роль как в восстановлении этапов деградации ледникового щита, так и поступления атлантических вод в Северный Ледовитый океан. Современный гидрологический режим Белого моря находится под влиянием обильного речного стока и поступления трансформированных арктических и атлантических водных масс, что обуславливает формирование в нем своеобразных гидробиологических условий [Пантюлин, 2012а,б; Berger, Naumov, 2000]. Сток реки Северная Двина обеспечивает очень большой вклад поступления пресной воды (110 км³ в год) и речной взвеси (4,1 млн т/год) в Белое море, значительную часть которой составляет пресноводный фитопланктон (диатомеи, зеленые водоросли и др.) [Gordeev et al., 2006].

В контексте глобальных изменений климата, которые наиболее заметно проявляются в Арктике

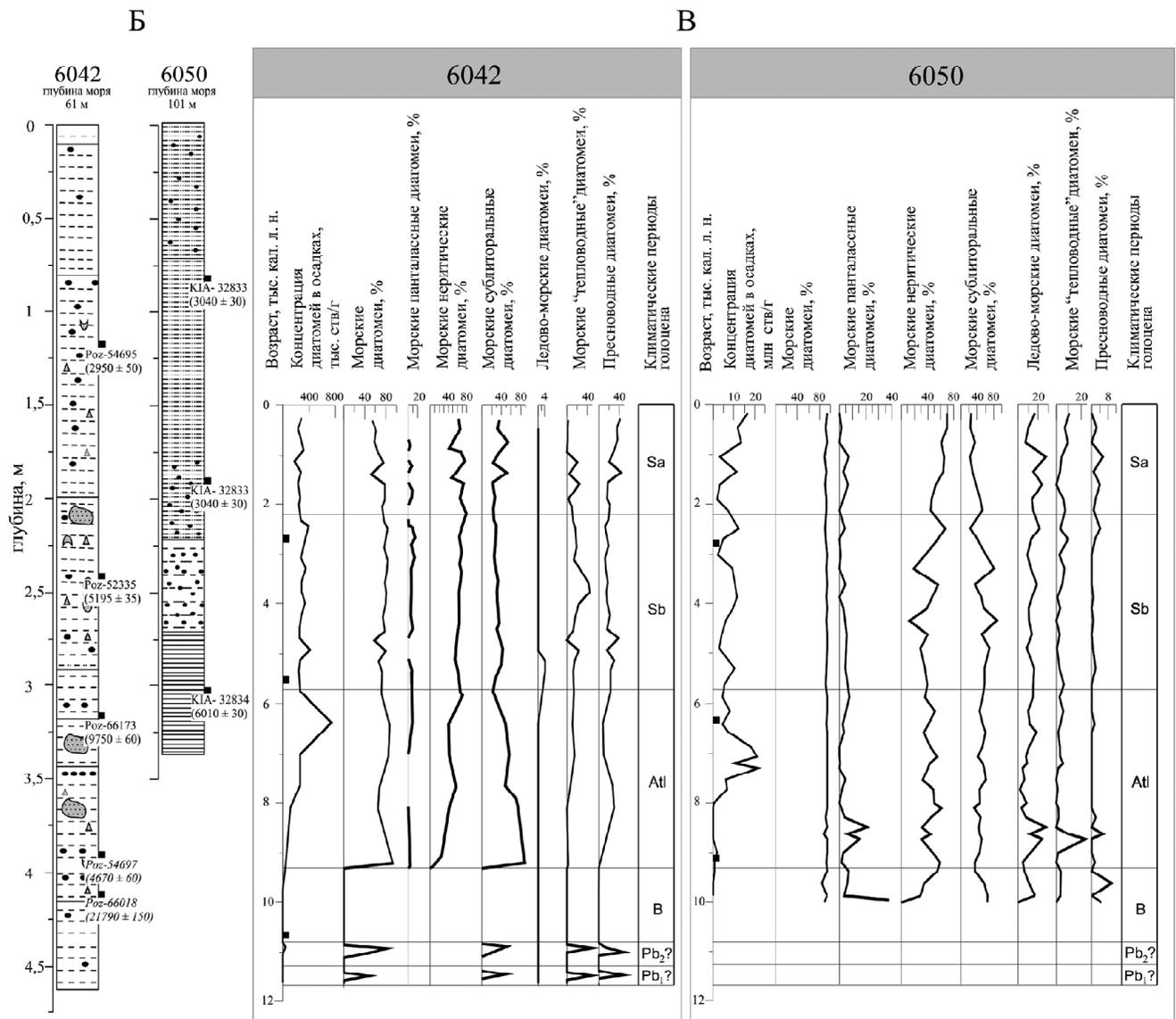
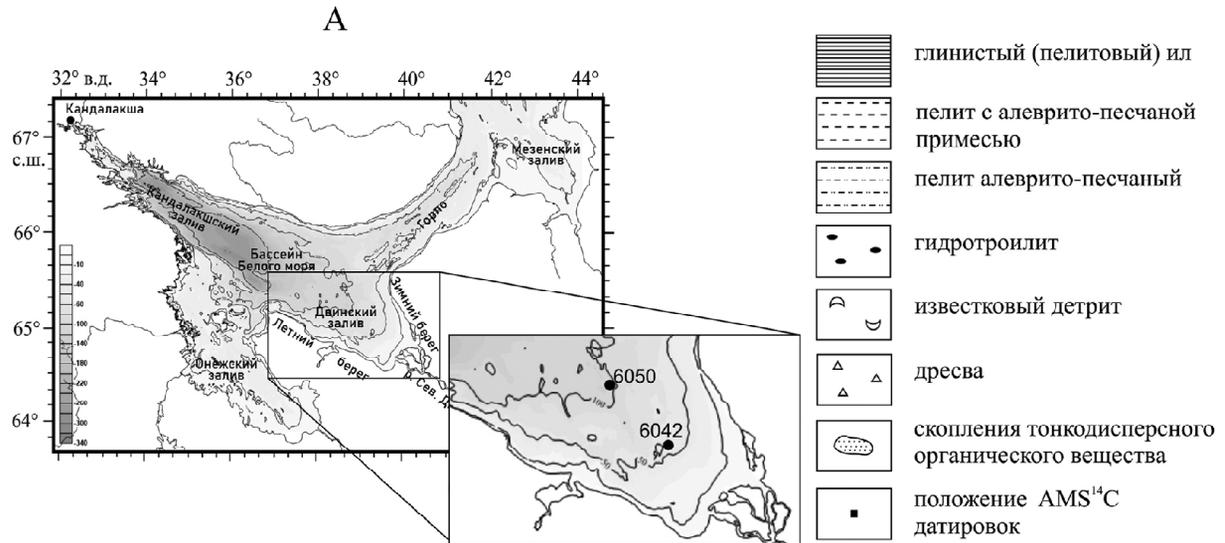
в повышении среднегодовых температур воздуха и сокращении сезонного ледового покрова в Северном Ледовитом океане летом, исследование изменений арктических морских экосистем и палеоокеанологические реконструкции как основа для прогноза развития региона имеют особое значение. Изучение микроорганизмов в донных отложениях арктических морей не теряет своей актуальности, так как они отражают эволюцию арктических экосистем и природно-климатические процессы в недавнем геологическом прошлом [Полякова, 2010; Полякова и др., 2017].

Анализ диатомовых комплексов донных отложений Белого моря является одним из ведущих микрорепалеонтологических методов палеоокеанологических реконструкций послеледниковья этого региона [Джиноридзе, 1971; Полякова, 2010; Полякова и др., 2016; Polyakova, Novichkova, 2018].

Целью исследований являлось установление особенностей динамики природной среды и основных палеогеографических событий в Двинском заливе Белого моря в голоцене по данным диатомового анализа.

¹ Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет, лаборатория новейших отложений и палеогеографии плейстоцена, аспирантка; *e-mail:* agafonovaelizaveta@mail.ru

² Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет, лаборатория новейших отложений и палеогеографии плейстоцена, вед. науч. с., докт. геогр. н.; *e-mail:* ye.polyakova@mail.ru



Материалы и методы исследований. Колонки донных осадков 6042 и 6050, были получены в рейсе НИС «Профессор Штокман» сотрудниками Лаборатории физико-геологических исследований имени А.П. Лисицына ИО РАН в Двинском заливе в 2006 г. Колонка 6042 (длина 460 см) была отобрана с глубины 61 м в центральной части Двинского залива, колонка 6050 (длина 335 см) отобрана в глубоководной внешней части залива (глубина 101 м) (рис.). По раковинам двустворчатых моллюсков и брахиоподам в Лаборатории им. К. Лейбница (Киль, Германия) и в Лаборатории радиоуглеродных исследований (Познань, Польша) получены 8 радиоуглеродных датировок с использованием ускорительной масс-спектрометрии (AMS¹⁴C) [Полякова и др., 2014; Новичкова и др., 2017]. Радиоуглеродный возраст был преобразован в календарный с использованием программы CALIB 7.1.

В колонке 6042 установлены наиболее древние отложения последних этапов дегляциации и послеледниковья – около 12 тыс. кал. л., а в колонке 6050 – более молодые ~ до 10 тыс. кал. л.

Диатомовый анализ был проведен для 45 образцов из колонки 6042 с интервалами опробования 10 см, результаты были скоррелированы с ранее полученными данными по изучению комплексов диатомей в 34 образцах из колонки 6050 [Полякова и др., 2014]. Техническая обработка образцов осуществлялась по стандартной методике [Диатомовые водоросли СССР, 1974], а количественная оценка состава диатомовых ассоциаций – по методу Battarbee [1973]. Палеоэкологические реконструкции по микроводорослям выполнены на основе предшествующих методических разработок [Polyakova et al., 2003; Полякова и др., 2014; Polyakova, Novichkova, 2018; Новичкова, Полякова, 2013].

Результаты исследований и их обсуждение.

Отложения, вскрытые в нижней части колонок 6042 и 6050, представлены глинистыми и пелитовыми илами и отражают, вероятно, переходную стадию от ледниково-морских к морским условиям осадконакопления.

Распад Беломорской ледниковой лопасти происходил катастрофически быстро, 11,2–11,0 тыс. кал. л. н. край ледника, находившийся в районе Горла Белого моря, блокировал проникновение баренцевоморских вод в котловину [Demidov et al., 2006; Hughes et al., 2016]. Крайне низкие концентрации диатомовых водорослей, а порой и полное их отсутствие в пребореальных (11,7–10,8 тыс. кал. л. н.) отложениях центральной части Двинского залива (колонка 6042, см. рисунок В) могут указывать на низкую продуктивность существовавшего на последних этапах де-

гляциации слабосоленого приледникового водоема. Начало интенсивного врезания Северной Двины, связанное с превалярующим над трансгрессией моря гляциоизостатическим поднятием в конце пребореального времени [Зарецкая, 2017; Репкина и др., 2018], могло способствовать увеличению содержания взвешенных частиц в воде, из-за которого повышалась ее мутность, препятствующая проникновению света в фотический слой, что создавало неблагоприятные для развития диатомовой флоры условия. Расположенная во внешней части Двинского залива колонка 6050 (см. рис. А,В) соответствует лишь самому концу пребореального периода – началу бореального. Судя по находкам единичных створок морских диатомей, типичных для атлантических вод, помимо талых ледниковых и речных вод в Двинский залив поступали еще и трансформированные атлантические воды из Баренцева моря, что подтверждается установленными фактами об усилении влияния атлантических вод в Баренцевом море около 10,5–9,6 тыс. кал. л. н. [Ivanova et al., 2019].

В бореальное время (10,8–9,3 тыс. кал. л. н.) гидрологические условия в центральной части Двинского залива сильно не изменились, в то время как в его внешней части активное поступление баренцевоморских вод в Белое море способствовало усилению гидродинамической активности. Если во внешней части Двинского залива сформировалась устойчивая связь с Баренцевым морем и в целом гидробиологические условия стали благоприятными [Полякова и др., 2014], то в центральной части залива эти события пришлось на более позднее время. Это может быть объяснено наличием препятствия в виде гидрологического «полюса холода» и связанными с ним барическими образованиями. Также орография самого залива могла способствовать более медленному распространению трансформированных баренцевоморских вод [Невесский и др., 1977; Джиноридзе, 1971; Kaplin, Selivanov, 2004; Зарецкая, 2017; Репкина и др., 2018].

Атлантический период (9,3–5,8 тыс. кал. л. н.) в целом характеризуется смягчением климатических условий в Беломорском регионе. Кратковременное похолодание в первой половине атлантического периода (8,2 тыс. кал. л. н.), отмеченное в Баренцевом море и Норвежско-Гренландском бассейне [Birks, Коф, 2002], проявляется также и в Белом море увеличением доли ледово-морских диатомовых водорослей и уменьшением числа относительно тепловодных видов (см. рис. Б, В). Сокращение содержания тепловодных форм фиксируется в осадках всех районов моря [Джиноридзе, 1971; Говберг и др.,

Рис. Исследованные колонки донных осадков 6042 и 6050 из Двинского залива: А – положение колонок, Б – литология и AMS¹⁴C датировки: даты, которые не используются в окончательной возрастной модели, выделены курсивом, В – результаты микрорепалеонтологических исследований колонок

Fig. Examined cores 6042 and 6050 of bottom sediments from the Dvina Bay: А – location of the cores; Б – lithology and AMS¹⁴C dating (dates in italic are not used for the final age model); В – results of micropaleontological analysis of the columns

1974]. Голоценовый оптимум в Баренцевом море приходится на период 7,8–6,9 тыс. кал. л. н. и связан с кульминацией раннеголоценового проникновения атлантических вод [Ivanova et al., 2019]. В Двинском заливе Белого моря наиболее благоприятные условия голоценового оптимума сложились позднее. Влияние атлантической трансгрессии отчетливо прослеживается в донных отложениях: максимальные концентрации диатомовых водорослей (см. рис. В) характерны для этого временного интервала и связаны с увеличением продуктивности вод. В центральной части залива относительно тепловодные атлантические виды появляются в небольших количествах. В колонке 6050 на глубине 2,55–2,60 м мы можем четко различить начало трансгрессивной стадии по резкой смене холодноводных доминантов на тепловодные (см. рис. В). Растущее число неритических и панталасных видов (*Coscinodiscus radiatus*, *Thalassionema nitzschioides*, *Chaetoceros sp.* и др.) указывает на установление устойчивой связи между Белым и Баренцевым морями.

Улучшение климатической обстановки, начиная с атлантического времени (9,3–5,8 тыс. кал. л. н.) и до середины суббореала (5,8–2,2 тыс. кал. л. н.), в центральной части залива отражается в постепенном увеличении числа и разнообразия тепловодных видов диатомовых водорослей. При этом увеличение числа ледово-морских диатомей и снижение доли относительно тепловодных видов атлантического происхождения фиксирует сокращение интенсивности поступления теплых атлантических вод во внешней части Двинского залива в конце атлантического времени – начале суббореала. Как было отмечено выше, некоторое запаздывание региональных событий связано с локальными орографическими и гид-

рологических особенностями центральной части Двинского залива.

Начиная с субатлантического времени (2,2 тыс. кал. л. н. – н. в.), разнообразие ассоциаций диатомовых водорослей становится близким к современному. Увеличивающиеся концентрации пресноводных видов диатомей в верхней части колонки 6042 (см. рис. Б) свидетельствуют об увеличении роли речного стока. По изменению концентраций диатомей и соотношений экологических групп из климатических событий в колонках выделяются средневековое потепление (0,8–0,7 тыс. кал. л. н.), когда в Белом море была минимальная для этого периода продолжительность ледового покрова, и малый ледниковый период (0,6 тыс. кал. л. н.), для осадков которого свойственно сокращение относительно тепловодных видов диатомей.

Выводы:

– результаты диатомового анализа послеледниковых отложений Двинского залива отражают смену природных обстановок от сильно распресненного низкопродуктивного морского залива до современных морских условий;

– диатомовые комплексы отражают особенности палеогеографических событий послеледниковья Двинского залива Белого моря, в числе которых были отмечены: начало и максимум проникновения трансформированных атлантических вод, кратковременное похолодание первой половины атлантического времени, голоценовый оптимум и климатические флуктуации субатлантического времени;

– орографические и гидрологические особенности залива влияли на пути распространения вод, заполнявших Двинский залив, и временные рамки основных палеогеографических событий.

Благодарности. Работа выполнена в рамках государственного задания (тема АААА-А16-116032810080-2). Авторы благодарны академику [А.П. Лисицыну] за всестороннюю помощь и поддержку и коллегам из лаборатории физико-геологических исследований им. А.П. Лисицына, Института океанологии им. П.П. Ширшова РАН за помощь в работе. Авторы признательны рецензентам за критические замечания и ценные советы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Говберг Л.И., Медведев В.С., Невеский Е.Н. К вопросу о биостратиграфическом расчленении толщ Белого моря и основных этапах развития бассейна в голоцене // Бюллетень Московского Общества Испытателей Природы. Отд. Геология. 1974. Т. 49. Вып. 2. С. 23–34.

Джиноридзе Р.Н. Диатомовые водоросли из донных осадков Белого моря в связи с его историей в голоцене: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Ботанический институт им. В.Л. Комарова Академии наук СССР. Л., 1971. 23 с.

Диатомовые водоросли СССР / Под ред. А.И. Прошкиной-Лавренко. Т. 1. Л.: Наука, 1974. 403 с.

Зарецкая Н.Е. История развития дельты р. Северной Двины в голоцене // Система Белого моря / Под ред. А.П. Лисицына. Т. 4. М.: Научный мир, 2017. С. 276–300.

Невеский Е.Н., Медведев В.С., Калинин В.В. Белое море. Седиментогенез и история развития в голоцене. М.: Наука, 1977. 236 с.

Новичкова Е.А., Полякова Е.И. Ассоциации микроводорослей в донных осадках областей маргинальных фильтров заливов Белого моря // Доклады академии наук. 2013. Т. 449. № 4. С. 474–479. DOI: 10.7868/S0869565213100241.

Новичкова Е.А., Рейхард Л.Е., Лисицын А.П., Рыбалко А.Е., де Вернал А. Новые данные по истории развития Двинского залива Белого моря в голоцене // Доклады академии наук. 2017. Т. 474. № 3. С. 365–369.

Пантюлин А.Н. Ледовитость и лед Белого моря по данным наблюдений // Система Белого моря / Под ред. А.П. Лисицына. Т. 2. М.: Научный мир, 2012а. С. 120–131.

Пантюлин А.Н. Динамика, структура и водные массы // Система Белого моря / Под ред. А.П. Лисицына. Т. 2. М.: Научный мир, 2012б. С. 309–378.

Полякова Е.И. Диатомовый анализ // Методы палеогеографических реконструкций / Под ред. П.А. Каплина, Т.А. Яниной. М.: Географический факультет МГУ, 2010. С. 126–154.

Полякова Е.И., Новичкова Е.А., Ключиткина Т.С. Диатомеи и палиноморфы в поверхностных осадках арктических морей и их значение для палеоокеанологических исследований в высоких широтах // Система Белого моря / Под ред. А.П. Лисицына. Т. 4. М.: Научный мир, 2017. С. 799–859.

Полякова Е.И., Новичкова Е.А., Лисицын А.П., Баух Х.А., Рыбалко А.Е. Современные данные по биостратиграфии и геохронологии донных осадков Белого моря // Доклады академии наук. 2014. Т. 454. № 4. С. 467–472. DOI: 10.7868/S0869565214040203.

Полякова Е.И., Новичкова Е.А., Лисицын А.П., Шевченко В.П., Кравчишина М.Д. Диатомеи и водные палиноморфы в поверхностных осадках заливов Белого моря как индикаторы седиментационных процессов в маргинальных фильтрах рек // Океанология. 2016. № 2. С. 310–321. DOI: 10.7868/S0030157416020180.

Репкина Т.Ю., Зарецкая Н.Е., Шилова О.С. Двинский залив Белого моря в позднеледниковье – раннем голоцене // Геоморфология. 2018. № 2. С. 71–87. DOI: 10.7868/S0435428118020062.

Battarbee R.W. A new method for the estimation of absolute microfossil numbers, with reference especially to diatoms. *Limnology and Oceanology*, 1973, vol. 18, no. 4, p. 647–653.

Berger V.Ya., Naumov A.D. General features of the White Sea. Morphology, sediments, hydrology, oxygen conditions, nutrients and organic matter. *Berichte zur Polarforschung*, 2000, no. 359, p. 3–9.

Birks C.J.A., Koç, N. A high-resolution diatom record of late-Quaternary sea-surface temperatures and oceanographic conditions from the eastern Norwegian Sea. *Boreas*, 2002, vol. 31(4), p. 323–344.

Demidov I.N., Houmark-Nielsen M., Kjaer K.H., Larsen E. The last Scandinavian Ice Sheet in northwestern Russia: ice flow patterns and decay dynamics. *Boreas*, 2006, vol. 35, p. 425–433. DOI: 10.1080/03009480600781883.

Gordeev V.V. Fluvial sediment flux to the Arctic Ocean. *Geomorphology*, 2006, vol. 52, p. 593–608. DOI: 10.1016/j.geomorph.2005.09.008.

Hughes A.L.C., Gyllencreutz R., Lohne Ø.S., Mangerud J., Svendsen J.I. The last Eurasian ice sheets – a chronological database and time-slice reconstruction, DATED-1. *Boreas*, 2016, vol. 45, p. 1–45. DOI: 10.1111/bor.12142.

Ivanova E., Murdmaa I., de Vernal A., Risebrobakken B., Peyve A., Brice C., Seitkalieva E., Pisarev S. Postglacial paleoceanography and paleoenvironments in the northwestern Barents Sea. *Quaternary Research*, 2019, p. 1–20. DOI: 10.1017/qua.2019.18.

Kaplin P.A., Selivanov A.O. Lateglacial and Holocene sea level changes in semi-enclosed seas of North Eurasia: examples from the contrasting Black and White seas. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, Elsevier BV, 2004, p. 19–36.

Polyakova Ye.I., Dzinoridze R.N., Novichkova T.S., Golovnina Ye.A. Diatoms and palynomorphs in the White Sea sediments as indicators of ice and hydrological conditions. *Oceanology*, 2003, vol. 43, suppl. 1, p. S144–S158.

Polyakova Ye.I., Novichkova Ye. A. Diatoms and aquatic palynomorphs in the White Sea sediments as indicators of sedimentation processes and paleoceanography. *Sedimentation Processes in the White Sea: The White Sea Environment*, Lisitzin A.P., Demina L.L. (Eds.), vol. 2 of Hdb Environmental Chemistry, Springer International Publishing AG, part of Springer Nature New York, 2018, p. 10–48. DOI: 10.1007/978-3-030-05111-2.

Поступила в редакцию 30.12.2019

После доработки 12.02.2020

Принята к публикации 06.07.2020

E.A. Agafonova¹, Ye.I. Polyakova²

PALEOGEOGRAPHIC EVENTS IN THE DVINA BAY OF THE WHITE SEA DURING THE POSTGLACIAL TIME

Paleoreconstructions are based on detail studies of the diatom assemblage in two cores from the Dvina Bay, which is the estuary of the Northern Dvina River, the largest river of the White Sea. The stratigraphic division of core sediments is based on the AMS ¹⁴C dates. The age of the sediments is below 12 cal ka. 263 species of diatoms were identified in the cores. The minimum diatom concentrations in the cores (up to 40 thousand valves per 1 g of dry matter) were recorded for Preboreal and Boreal sediments. It is worth noting that some sections of Preboreal sediments from the central bay area have no diatoms at all. Valves of warm-water, typically Atlantic, species, mainly *Coscinodiscus radiatus*, are found sporadically. The maximum concentrations are characteristic of the sediments dating from the second half of the Atlantic; however, the peak of the concentrations dates to somewhat later time in the central bay area. Diatom assemblages mostly consist of marine, brackish-water, sublittoral and neritic species. Total diatom concentration in Subboreal and Subatlantic sediments varies insignificantly – since the end of the Subboreal freshwater species become more numerous in diatom assemblages.

Results of the diatom analysis of Postglacial sediments for the Dvina Bay indicate a change in environment conditions over the last 12 cal ka, from considerably freshened sea bay to the present-day marine environment. Changing species composition of diatom assemblages made it possible to determine the beginning and the maximum of transformed Atlantic waters' advection into the Dvina Bay, the short-term cooling of the first half of the Atlantic, the Holocene optimum and the climatic fluctuations of the

¹ Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Research Laboratory of Recent Sediments and Pleistocene Paleogeography, PhD student; e-mail: agafonovaelizaveta@mail.ru

² Lomonosov Moscow State University, Geographical Faculty, Research Laboratory of Recent Sediments and Pleistocene Paleogeography, Leading Scientific Researcher, D.Sc. in Geography; e-mail: ye.polyakova@mail.ru

Subatlantic. Comparison of the results of micropaleontological studies of sediments from the central and outer parts of the Dvina Bay showed that its relief and hydrological features influenced the inflow of Atlantic waters and the timeline of the main paleogeographic events.

Key words: the White Sea region, Holocene, diatom analysis, Atlantic Waters' advection

Acknowledgments. The work was done in the framework of the State assignment (AAAA-A16-116032810080-2). The authors are grateful to Academician A.P. Lisitzin, deceased, for his multifaceted assistance and support; and to our colleagues from the Laboratory of Physical Geology Research of the Shirshov Institute of Oceanology RAS for their cooperation. We are thankful to reviewers for their critical comments and useful suggestions.

REFERENCES

- Battarbee R.W. A new method for the estimation of absolute microfossil numbers, with reference especially to diatoms. *Limnology and Oceanology*, 1973, vol. 18, no. 4, p. 647–653.
- Berger V.Ya., Naumov A.D. General features of the White Sea. Morphology, sediments, hydrology, oxygen conditions, nutrients and organic matter. *Berichte zur Polarforschung*, 2000, no. 359, p. 3–9.
- Birks C.J.A., Koç N. A high-resolution diatom record of late-Quaternary sea-surface temperatures and oceanographic conditions from the eastern Norwegian Sea. *Boreas*, 2002, vol. 31(4), p. 323–344.
- Demidov I.N., Houmark-Nielsen M., Kjaer K.H., Larsen E. The last Scandinavian Ice Sheet in northwestern Russia: ice flow patterns and decay dynamics. *Boreas*, 2006, vol. 35, p. 425–433. DOI: 10.1080/03009480600781883.
- Diatomovye vodorosli SSSR (iskopaemye i sovremennye) [Diatoms of the USSR (Fossil and Modern)] (pod red. A.I. Proshkinoj-Lavrenko). T. I. Leningrad, Nauka Publ., 1974, 403 p. (In Russian).
- Dzhinoridze R.N. Diatomovye vodorosli iz donnyh osadkov Belogo morja v svjazi s ego istoriej v golocene [Diatoms from bottom sediments of the White Sea in connection with its history in the Holocene]. Avtoref. dis. j. kand. biol. nauk. Botanicheskij institut im. V.L. Komarova Akademii nauk SSSR. Leningrad, 1971, 23 p. (In Russian)
- Gordeev V.V. Fluvial sediment flux to the Arctic Ocean. *Geomorphology*, 2006, vol. 52, p. 593–608. DOI: 10.1016/j.geomorph.2005.09.008.
- Govberg L.I., Medvedev V.S., Nevesskij E.N. K voprosu o biostratigraficheskom raschlenenii tolshh Belogo morja i osnovnyh jetapah razvitiya bassejna v golocene [On the issue of biostratigraphic partition of the White Sea and the main stages of the development of the basin in the Holocene]. *Bulleten' Moskovskogo Obshhestva Ispytatelej Prirody. Otd. Geologija*, 1974, vol. 49, iss. 2, p. 23–34. (In Russian)
- Hughes A.L.C., Gyllencreutz R., Lohne Ø.S., Mangerud J., Svendsen J.I. The last Eurasian ice sheets – a chronological database and time-slice reconstruction, DATED-1. *Boreas*, 2016, vol. 45, p. 1–45. DOI: 10.1111/bor.12142.
- Ivanova E., Murdmaa I., de Vernal A., Risebrobakken B., Peyve A., Brice C., Seitkalieva E., Pisarev S. Postglacial paleoceanography and paleoenvironments in the northwestern Barents Sea. *Quaternary Research*, 2019, p. 1–20. DOI: 10.1017/qua.2019.18.
- Kaplin P.A., Selivanov A.O. Lateglacial and Holocene sea level changes in semi-enclosed seas of North Eurasia: examples from the contrasting Black and White seas. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*. Elsevier BV, 2004, p. 19–36.
- Nevesskij E.N., Medvedev V.S., Kalinenko V.V. *Beloe More. Sedimentogenez i Istorija Razvitiya v Golocene* [The White Sea. Sedimentogenesis and History of Development in the Holocene]. Moscow, Nauka, 1977, 236 p. (In Russian)
- Novichkova Ye.A., Polyakova Ye.I. Associations of microalgae in bottom sediments of marginal filters areas (White Sea Bays) *Doklady Earth Sciences*. Moscow, 2013, no. 449(2), p. 413–417. DOI: 10.1134/S1028334X13040077.
- Novichkova Ye.A., Reikhard L.Ye., Lisitzin A.P., Rybalko A.Ye., de Vernal A. New data on the Holocene evolution of the Dvina Bay (White Sea) *Doklady Earth Sciences*. Moscow, 2017, vol. 474, part 1, p. 607–611. DOI: 10.1134/S1028334X17050233.
- Pantjulin A.N. [Ice cover and ice of the White Sea according to the observation data] *Sistema Belogo morja* [The White Sea system] (pod red. akademika RAN A.P. Lisitzina). T. 2. Moscow, Nauchnyj Mir Publ., 2012 a, p. 120–131. (In Russian)
- Pantjulin A.N. [Dynamics, structure and water masses] *Sistema Belogo morja* [The White Sea system] (pod red. akademika RAN A.P. Lisitzina). T. 2. Moscow, Nauchnyj Mir Publ., 2012 b, p. 309–378. (In Russian)
- Polyakova Ye.I. [Diatom analysis] *Metody paleogeograficheskij rekonstrukcij* [Methods of paleogeographic reconstructions] (pod red. P.A. Kaplina, T.A. Janinoy). Moscow, Geograficheskij fakul'tet MGU, 2010, p. 126–154. (In Russian)
- Polyakova Ye.I., Novichkova Ye.A., Lisitzin A.P., Shevchenko, V.P., Kravchishina M.D. Diatoms and aquatic palynomorphs in surface sediments of the White Sea Bays as indicators of sedimentation in marginal filters of rivers. *Oceanology*, 2016, no. 56, p. 289–300. DOI: 10.1134/S000143701602017X.
- Polyakova Ye.I., Novichkova Ye.A., Lisitzin A.P., Bauch H.A., Rybalko A.Ye. Modern data on the biostratigraphy and geochronology of White Sea sediments. *Doklady Earth Sciences*, 2014, vol. 454, part 2, p. 169–174. DOI: 10.1134/S1028334X14020032.
- Polyakova Ye.I., Novichkova Ye.A., Klyuvitkina T.S. [Diatoms and palynomorphs in surface sediments of the Arctic seas and their significance for paleoceanological studies at high latitudes] *Sistema Belogo morja* [The White Sea system] (pod red. akademika RAN A.P. Lisitzina). T. 4. Moscow, Nauchnyj Mir, 2017, p. 799–859. (In Russian)
- Polyakova Ye.I., Dzinoridze R.N., Novichkova T.S., Golovnina E.A. Diatoms and Palynomorphs in the White Sea sediments as indicators of Ice and Hydrological conditions. *Oceanology*, 2003, vol. 43, suppl. 1, p. S144–S158.
- Polyakova Ye.I., Novichkova Ye.A. Diatoms and aquatic palynomorphs in the White Sea sediments as indicators of sedimentation processes and paleoceanography. *Sedimentation Processes in the White Sea: The White Sea Environment*. Lisitzin A.P., Demina L.L. (eds.). Vol. 2 of Hdb Environmental Chemistry. Springer International Publishing AG, part of Springer Nature New York, 2018, p. 10–48. DOI: 10.1007/978-3-030-05111-2.
- Repkina T.Ju., Zaretskaya N.E., Shilova O.S. Dvinskij zaliv Belogo morja v pozdnelednikov'e – rannem golocene [Dvina bay of the White Sea in the Late Glacial and early Holocene] *Geomorfologiya*, 2018, no. 2, p. 71–87. (In Russian) DOI: 10.7868/S0435428118020062.
- Zaretskaya N.E. [History of the evolution of the Northern Dvina River delta during the Holocene] // *Sistema Belogo morja* [The White Sea system] (Ed) Acad. RAN A.P. Lisitzina. Moscow, Nauchnyj Mir Publ., 2017, p. 276–300. (In Russian).

Received 30.12.2019

Revised 12.02.2020

Accepted 06.07.2020

УДК 58.006+574.9(470.21)

Е.В. Кудр¹, М.Н. Кожин^{2,3,4}

ИСТОРИЯ ОСВОЕНИЯ И РАСТИТЕЛЬНЫЙ ПОКРОВ ОСТРОВА МЕДВЕЖИЙ В ПОРЬЕЙ ГУБЕ БЕЛОГО МОРЯ

Остров Медвежий располагается в центральной части Порьей губы и является одним из наиболее крупных в архипелаге. В 1733 г. здесь был заложен первый серебряный рудник в России, и на протяжении полутора веков велась промышленная разработка месторождений. Современный растительный покров острова отличается высоким разнообразием, что обусловлено влиянием как физико-географических, так и антропогенных факторов. Остров покрывают бореальные хвойные леса, тундробразные вороничники, болотный массив с участками разной трофности, разнообразная скальная растительность и небольшие фрагменты приморских и антропогенных лугов. По результатам работ, на основе эколого-морфологической классификации составлена карта растительности острова. Преобладающим типом растительности острова являются бореальные леса, однако южная часть острова лишена древесной растительности: здесь господствуют тундробразные сообщества. Высоким разнообразием и сложной горизонтальной структурой отличаются болотные сообщества.

Большинство лесов острова являются условно-коренными, поскольку они восстановились спонтанно после сведения для обеспечения горных выработок. В настоящее время на острове преобладают древостои возрастом 120–160 лет, встречаются более молодые древостои возрастом 60–80 лет. Наиболее старые деревья, возрастом около 250 лет, сохранились в центральной части острова, по периферии болотного массива. Растительные сообщества антропогенного происхождения занимают незначительные площади: на месте отвалов пустой руды сформировались разреженные сообщества из апофитов (растения местной флоры), а в северо-западной части острова, на месте бывшего поселка рудодобывчиков, – суходольные луга. На острове обнаружено 12 заносных видов, которые, вероятно, внедрили в его флору во время активных горных работ в XVIII и XIX вв. и сохраняются здесь до сих пор. Заносные виды встречаются, главным образом, в местах заноса и не распространяются по острову. В настоящее время остров Медвежий входит в состав Кандалакшского государственного природного заповедника, в связи с чем современный занос адвентивных видов маловероятен.

Ключевые слова: карта растительности, адвентивные виды, горные разработки, антропогенное освоение, бореальные леса, северная тайга, Фенноскандия

Введение. Познание истории освоения территории через призму ботанических исследований позволяет реконструировать ранее происходившие антропогенные события и процессы. Обычно для подобных реконструкций используют методы палеоботанических исследований, такие как спорово-пыльцевой или ботанический анализ торфа и др. Однако, применение данных о современной растительности и особенностях флористического состава также может быть ключом к познанию ранее происходивших трансформаций.

На Кольском Севере первое русское население появилось на беломорском побережье в XI–XV вв. Его промыслы, в силу суровых климатических условий, были почти полностью ориентированы на биоресурсы. Одним из первых поселений здесь стало поморское село Порья Губа, которое располагалось на восточном берегу одноименной губы Кандалакшского залива. Местные жители вели традиционный для поморов промысел: охотились, ловили

рыбу, в меньшей степени занимались огородничеством и скотоводством; в XVI в. основной доход жителям приносило солеварение. Жители села посещали прилегающие острова во время рыбного промысла. В XVII в. при царском дворе стало известно о том, что поморы с Терского берега добывают серебро и держат месторождения в тайне [Циркунов, 1998].

В 1733 г. состоялось официальное открытие первого в России серебряного рудника на острове Медвежем (рис. 1), который располагался в 6 км к юго-западу от деревни. Вначале разработки шли активно: здесь работали саксонские рудокопы, рудники обслуживали местные крестьяне, однако уже в 1741 г. месторождение иссякло [Гинзбург, 1921]. Разработки на острове возобновились в 1880–1883 гг., позднее эти рудники окончательно потеряли промышленное значение [Карпович, 1984].

Остров Медвежий неоднократно привлекал внимание ученых разных направлений: написана исто-

¹ Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, биологический факультет, кафедра экологии и географии растений, студентка магистратуры; *e-mail:* katja-kudr@mail.ru

² Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, биологический факультет, кафедра экологии и географии растений, доцент

³ Полярно-альпийский ботанический сад-институт им. Н.А. Аврорина КНЦ РАН, инженер

⁴ Кандалакшский государственный природный заповедник, ст. науч. с., канд. биол. н.; *e-mail:* mnk_umba@mail.ru

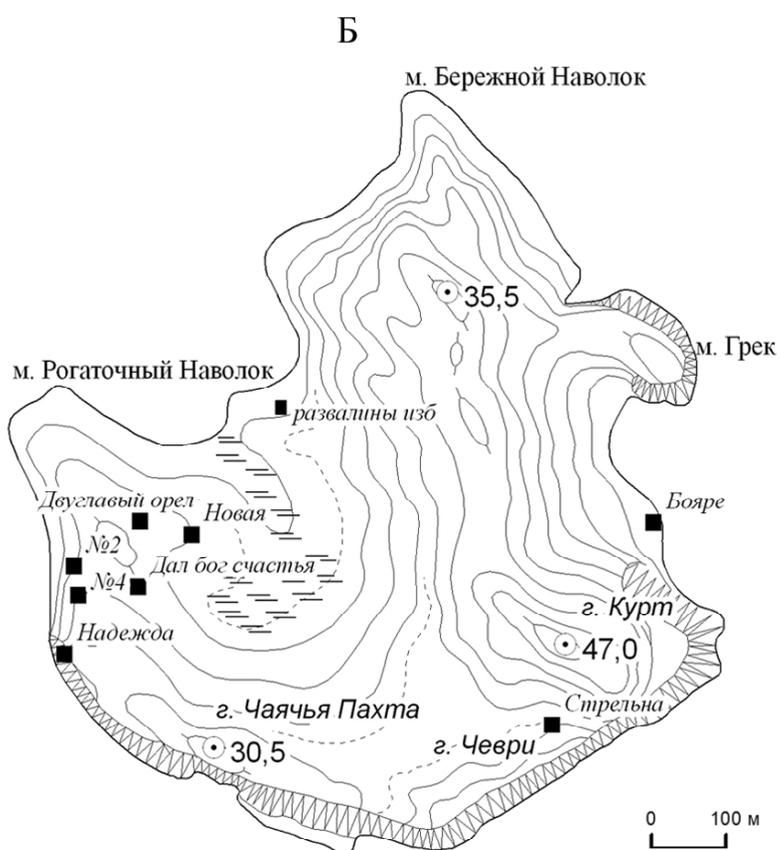
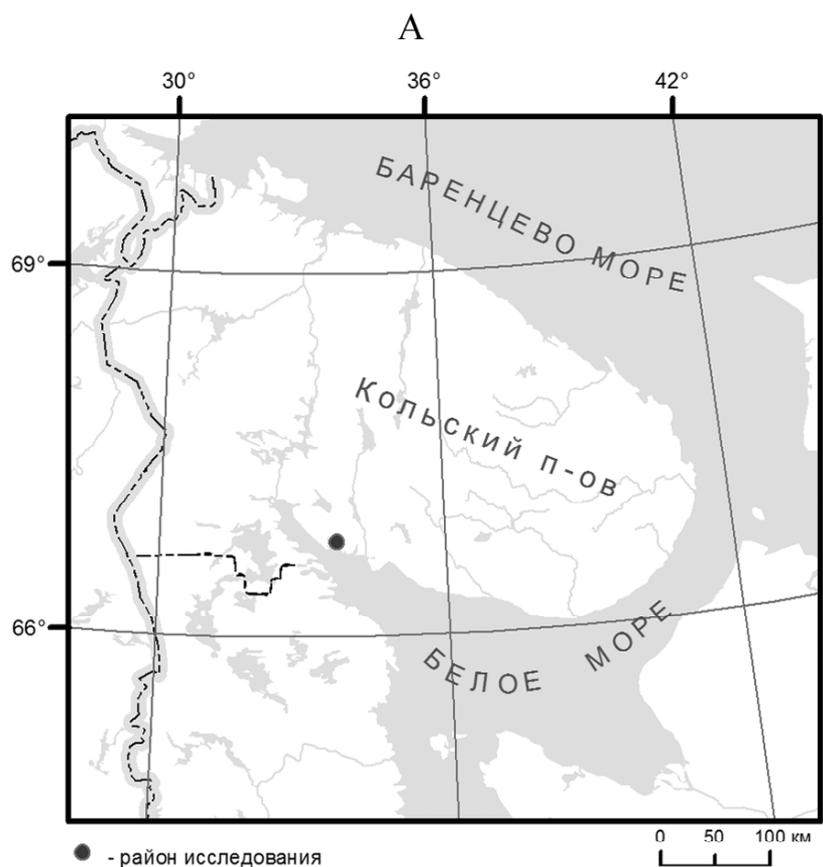


Рис. 1. А – район исследований; Б – остров Медвежий в Порей губе. Квадратами обозначены рудные шахты
 Fig. 1. A – The study area; Б – Medvezhij Island of the Por'ya Guba Bay. The squares indicate localities of abandoned mines

рия освоения [Циркунов, 1998], обследованы рудные месторождения [Гинзбург, 1921], проведены предварительные палеоэкологические исследования [Smyshlyayeva et al., 2015], описана флора острова [Кожин, 2016].

Цель настоящей статьи – выявление следов и оценка возраста антропогенных преобразований в растительном покрове острова Медвежьего. Для реализации данной цели были поставлены и решены следующие задачи: 1. Дать характеристику и составить карту растительности острова. 2. Проанализировать особенности распространения на острове заносных видов.

Краткая характеристика острова. Остров Медвежий находится в центральной части Порьей губы Кандалакшского залива Белого моря (см. рис. 1) и является одним из самых крупных островов архипелага (третий по площади, 0,57 км²). Рельеф острова сформировался в результате гляциоизостатического поднятия морского дна, что наблюдается в этом регионе уже более 10 000 лет [Колька и др., 2005]. На нем располагаются три небольших скальных возвышенности (от 30,5 до 47 м), пространство между которыми занято склонами разной крутизны с каменными россыпями, а также морскими террасами из рыхлых отложений. Остров сложен различными гнейсами, мелилитовым базальтом и пегматитовыми, кварцевыми и кальцитовыми жилами [Белянкин, Куплетский, 1924]. Его климат характеризуется как умеренно холодный, влажный и суровый, формирующийся под влиянием арктических и атлантических воздушных масс. Ветер оказывает значительное влияние на перераспределение снега, что, в свою очередь, определяет облик растительности южной части острова. С 1967 г. остров Медвежий был включен в состав Кандалакшского государственного природного заповедника и здесь действует заповедный режим.

Материалы и методы исследований. Полевые исследования растительного покрова острова были выполнены в течение пяти сезонов с 2008 по 2018 г. Геоботанические описания проводили М.Н. Кожин и Е.В. Кудр, а флористическое обследование – М.Н. Кожин. Всего на острове было выполнено 27 геоботанических описаний. Лесные фитоценозы описывали на площади 400 м², болота и луга – на 100 м², а тундрообразные сообщества – на 100 м² или 25 м². Некоторые описания делали в границах выявления фитоценоза. Собранный гербарий был передан в коллекции Московского университета (MW), Кандалакшского заповедника (KAND), Ботанического музея университета г. Хельсинки (H) и Полярно-альпийского ботанического сада-института им. Н.А. Аврорина КНЦ РАН (КРАВГ).

Карта растительности острова (рис. 2) масштаба 1:5 000 составлена в программе ArcGis 10.1 на основе визуального дешифрирования аэрофотоснимков (разрешающая способность 0,3 м, съемка осени 2016 г.). Использованы материалы лесной таксации 2016 г. Легенда карты разработана на основе

эколого-морфологической классификации [Александрова, 1969]. Выделы соответствуют ассоциациям, группам ассоциаций или их сочетаниям.

Результаты исследований. Современный растительный покров острова мозаичен и имеет сложную структуру (см. рис. 2). В его составе преобладают средневозрастные (60–80 лет) и приспевающие (120–150 лет) бореальные хвойные леса, которые распространены по всему острову (занимают 62,7% его площади), за исключением его южной части.

Во внутренней части острова на увлажненных участках пологих склонов располагаются приспевающие и средневозрастные сосновые (*Pinus sylvestris*) воронично-черничные (*Empetrum hermaphroditum*, *Vaccinium myrtillus*) с брусникой (*V. vitis-idaea*), багульником (*Ledum palustre*), линнеей (*Linnaea borealis*), овсянкой извилистой (*Avenella flexuosa*), седмичником (*Trientalis europaea*) и ортилей (*Orthilia secunda*) зеленомошные (*Hylocomium splendens*, *Pleurozium schreberi*) леса с пельтигерой пупырчатой (*Peltigera aptosa*), кладонией древовидной (*Cladonia arbuscula*) и оленьей (*C. rangiferina*), а также единичными кустами можжевельника сибирского (*Juniperus sibirica*).

В южной и восточной частях острова по скальным грядкам со слабо развитым почвенным покровом располагаются сосновые вересково- (*Calluna vulgaris*)-толокнянково- (*Arctostaphylos uva-ursi*)-вороничные лишайниковые (*Cladonia arbuscula*, *C. rangiferina*, *Flavocetraria nivalis*, *Arctoparmelia centrifuga*) леса с арктоусом (*Arctous alpina*), золотарником лапландским (*Solidago lapponica*), овсяницей овечьей (*Festuca ovina*) и овсянкой извилистой. В юго-восточной части острова эти леса сильно разрежены.

Еловые (*Picea fennica*) и елово-сосновые кустарничковые леса распространены к югу и северу от северо-западной бухты. На слабодренированных участках пологих склонов располагаются разновозрастные еловые чернично-бруснично-вороничные лишайниково- (*Peltigera aptosa*, *Cladonia rangiferina*)-зеленомошные (*Hylocomium splendens*, *Pleurozium schreberi*) леса с можжевельником и рябиной (*Sorbus aucuparia*). В них обычны голокучник (*Gymnocarpium dryopteris*), букovníк (*Phegopteris connectilis*), герань лесная (*Geranium sylvaticum*), горошек лесной (*Vicia sylvatica*) и тайник сердцевидный (*Listera cordata*). Во внутренней части острова в понижении на увлажненном участке находится приспевающий сосново-еловый багульниково-черничный зеленомошный (*Hylocomium splendens*, *Pleurozium schreberi*, *Dicranum flexicaule*) лес с пятнами сфагнума Руссова (*Sphagnum russowii*), кукушкиным льном (*Polytrichum commune*), нефромой (*Nephroma arcticum*) и кустами сибирского можжевельника и ивы филиколистной (*Salix phylicifolia*). Близ болотного массива на участках склонов с натечным увлажнением есть фрагменты травяных ельников со скердой болотной (*Crepis paludosa*), щучкой дернистой (*Deschampsia cespitosa*), дудником лесным

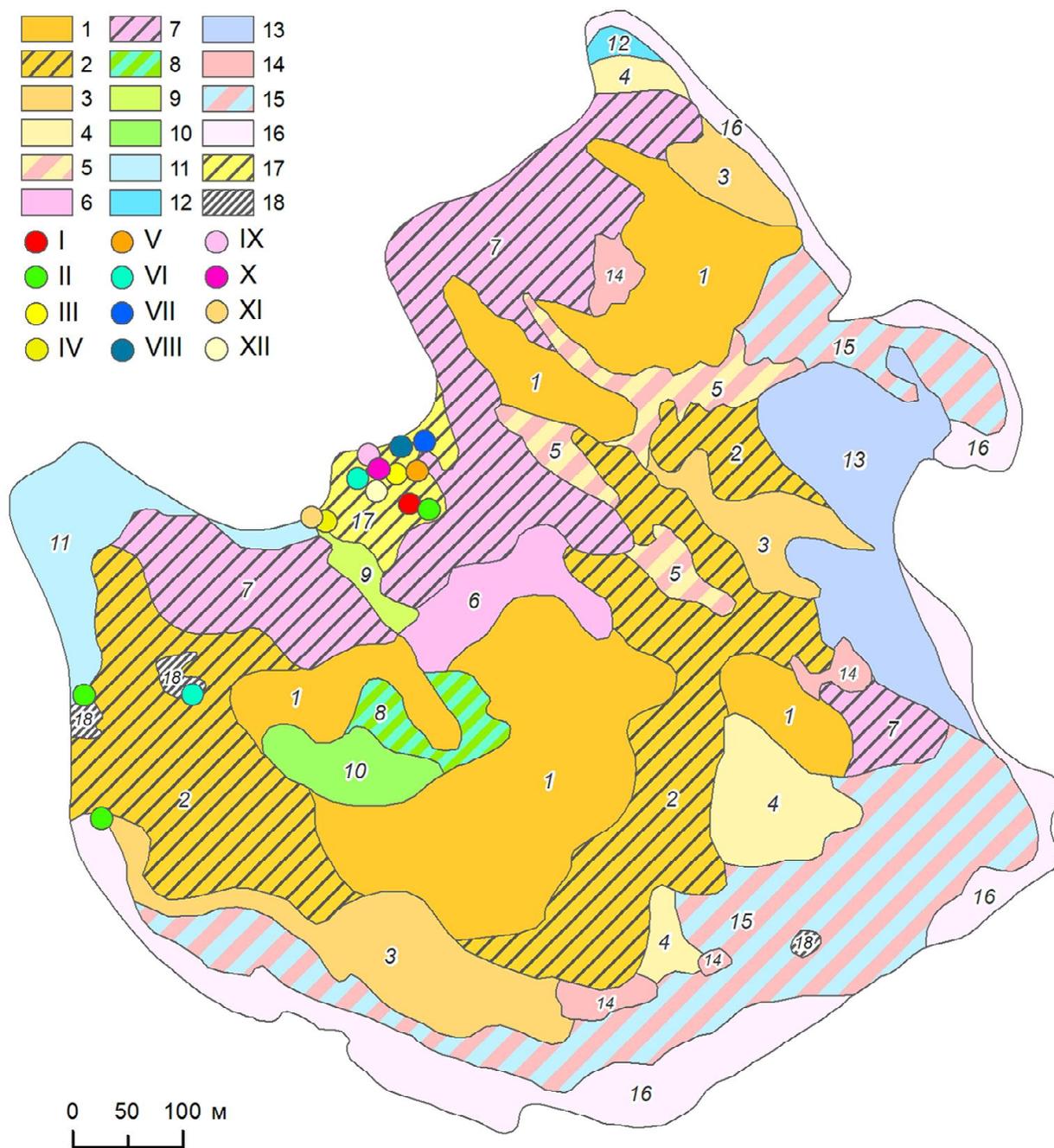


Рис. 2. Карта растительности острова Медвежьего. Названия растительных сообществ: 1 – приспевающие и 2 – средневозрастные сосновые воронично-черничные зеленомошные леса, 3 – относительно сомкнутые и 4 – разреженные сосновые вересково-толокнянково-вороничные лишайниковые леса, 5 – сочетание сосновых лишайниковых лесов с овсяницей овечьей и толокнянкой и растительности на каменных россыпях, 6 – приспевающие сосново-еловые бруснично-багульниково-черничные зеленомошные с пятнами сфагнума и кукушкина льна леса с ивой филиколистной и можжевельником, 7 – разновозрастные еловые чернично-бруснично-вороничные лишайниково-зеленомошные леса, 8 – морошково-волосистоосоковое сфагновое болото с пухоносом альпийским, вахтой, калганом, пушицей широколистной и разреженными соснами, 9 – вздутоосоковое обводненное болото с пухоносом альпийским, вахтой и сабельником, 10 – грядово-мочажинное болото с болотнорощево-дернистопухонососоковыми гипновыми мочажинами и кустарничково-сфагновыми грядами, 11 – вороничные разнотравные сообщества с можжевельником, смородиной скандинавской и отдельно стоящими кривоствольными субарктическими березами, соснами и елями, 12 – вороничные сообщества с арктоусом, брусничкой, голубикой, морошкой, овсяницей овечьей, ясколкой альпийской и пр. с отдельными пятнами лишайников и кустами филиколистной ивы и можжевельника, 13 – толокнянково-вороничные сообщества с овсяницей овечьей и отдельно стоящими соснами, 14 – разреженные растительные группировки лишайников, воронички, осоки буроватой и овсяницы овечьей, 15 – сочетание луговых овечьей-овсяницево-лишайниковых группировок и вороничных сообществ с брусничкой, голубикой, черникой, гвоздикой пышной и можжевельником, 16 – разреженные луговые растительные группировки с родиолой розовой, очитком едким, гирчовником татарским, трехреберником почтиполярным, ложечницей арктической, монцией и овсяницей Ричардсона, 17 – суходольный луг, зарастающий можжевельником, 18 – группировки апофитов на отвалах пустой породы серебрянорудных шахт. Места находок адвентивных видов: I – пырей ползучий, II – крапива двудомная, III – лютик едкий, IV – лютик ползучий, V – манжетка городковатая, VI – клевер ползучий, VII – горошек мышиный, VIII – купырь лесной, IX – погремок малый, X – погремок поздний, XI – кульбаба осенняя, XII – одуванчик лекарственный

(*Angelica sylvestris*) и перловником поникшим (*Melica nutans*).

Тундрообразные растительные сообщества представлены по периферии острова. В их составе доминируют вороника, арктоус и толокнянка. В южной части острова на пологих склонах и террасированных скалах, сильно подверженных сильноному воздействию ветров с открытого моря, располагаются вороничные сообщества с овсяницей овечьей, гвоздикой пышной (*Dianthus superbus*), брусникой, черникой, линнеей, очанкой Веттштейна (*Euphrasia wettsteinii*), мятликом высокогорным (*Poa alpigena*), колокольчиком круглолистным (*Campanula rotundifolia*) и кустами можжевельника сибирского. Эти сообщества чередуются с открытыми скалами с луговыми овсяницево (*Festuca ovina*) лишайниковыми (*Cladonia arbuscula*, *C. uncialis*, *C. rangiferina*) группировками.

Обширные разнотравные вороничники располагаются на западном мысу северной части острова, он сложен каменистыми отложениями и перекрыт тонким (до 20 см) слоем торфа. В разнотравье преобладают гвоздика пышная, чина морская (*Lathyrus maritimus*), костяника (*Rubus saxatilis*), желтушник ястребинколиственный (*Erysimum hieracifolium*), ясколка альпийская (*Cerastium alpinum*), овсяница овечья и иван-чай (*Chamaenerion angustifolium*). Спорадически встречаются кусты можжевельника, скандинавской смородины (*Ribes scandicum*) и отдельно стоящие кривоствольные березы (*Betula subarctica*), сосны и ели.

На северном мысу распространены вороничные сообщества с арктоусом, брусникой, голубикой (*Vaccinium uliginosum*), морошкой (*Rubus chamaemorus*), овсяницей овечьей, осокой редкоцветковой (*Carex rariflora*), ожикой холодной (*Luzula frigida*) с отдельными пятнами лишайников (*Cladonia arbuscula*, *Peltigera aptosa*) и кустами можжевельника и филикольной ивы. Они формируются на влажной торфяной почве мощностью до 30 см на пологих скалах.

В восточной части острова между мысом Грек и Курт на валунистых хорошо дренированных отложениях древних морских террас развиты толокнянковые и толокнянково-вороничные сообщества.

Здесь, помимо видов-доминантов, единично встречаются овсяница овечья, линнея, можжевельник, отдельно стоящие сосны и др. В юго-западной части этой морской террасы, близ примыкания к скалам, вороничники сменяются разреженными растительными группировками из лишайников (*Cladonia arbuscula*, *C. rangiferina*, *C. stellaris*, *C. uncialis*) и единичных трав.

Скальная растительность представлена на острове широко и разнообразно. В южной части острова располагаются высокие обрывистые сухие скалы, где растительный покров развит исключительно по широким трещинам и скальным полкам. Здесь обычны луговые овсяницево (*Festuca ovina*)-лишайниковые (*Cladonia arbuscula*, *C. uncialis*, *C. rangiferina*) и зеленомошные (*Hylocomium splendens*) группировки с гвоздикой пышной, очанкой Веттштейна, золотарником лапландским и др. На пологих скалах нередко встречаются гроздовники полулунный (*Botrychium lunaria*) и северный (*B. boreale*), кошачья лапка (*Antennaria dioica*), тимьян субарктический (*Thymus subarcticus*).

На приморских скалах в южной и восточной частях острова по трещинам распространены разреженные луговые группировки с родиолой розовой (*Rhodiola rosea*), очитком едким (*Sedum acre*), гирчовником татарским (*Conioselinum tataricum*), трехреберником почтиполярным (*Tripleurospermum subpolare*), лигустиком шотландским (*Ligusticum scoticum*), ложечницей арктической (*Cochlearia arctica*), овсяницей Ричардсона (*Festuca richardsonii*) и монцией ключевой (*Montia fontana*). В восточной части острова встречены орнитогенные сообщества с участием лапчатки арктической (*Potentilla arctica*), крупки седой (*Draba incana*) и мхов (*Abietinella abietina*, *Rhytidium rugosum*, *Syntrichia ruralis*, *Orthotrichum pylaisii*).

В центральной части острова находится крупный болотный массив, представленный комплексом мезотрофных гряд и мезоэвтрофных мочажин с олиготрофными окраинами. На сфагновых (*Sphagnum fuscum*) грядах высотой 20–40 см обычны вереск, пухонос дернистый (*Trichophorum cespitosum*), осока двудомная (*Carex dioica*), пушица влагалитная (*Eriophorum vaginatum*), брусника и голубика, ха-

Fig. 2. Vegetation map of the Medvezhij Island. Vegetation communities: 1 – maturing and 2 – middle-age boreal pine forests with dwarf berry shrubs and green mosses, 3 – dense and 4 – open pine forests with calluna, bearberry, and lichen cover, 5 – combination of open pine forests with lichen cover, grasses and bearberry and vegetation of stone fields, 6 – maturing pine-spruce forests with juniper, willows, dwarf berry shrubs, green and Sphagnum mosses, 7 – mixed-age spruce forests with dwarf berry shrubs, green mosses and lichen cover, 8 – herb-rich eutrophic fen with sedges (*Carex lasiocarpa*), Sphagnum and brown mosses and solitary pine trees, 9 – transitional sedge (*Carex rostrata*) brown moss waterlogged fen, 10 – hummock-hollow flooded herb-rich pine mire, 11 – crowberry heath with grasses, forbs, solitary shrubs and birches, 12 – crowberry and *Arctous*-dominated heath with lichens and solitary shrubs, 13 – crowberry and *Arctostaphylos* – dominated communities with *Festuca ovina* and solitary pines, 14 – sparse groups of lichens, grasses (*Festuca ovina*), sedges (*Carex brunnescens*) and heath dwarf shrubs on open rocks, 15 – combinations of fescue grasses and lichen groups on dry rock surface as well as crowberry heath with forbs and grasses, 16 – sparse meadow plant groups with *Rhodiola rosea* on coastal rocks, 17 – over growing meadow with *Chamaenerion angustifolium*, grasses and juniper, 18 – sparse herbs and dwarf shrub groups on waste dumps of silver mines. Localities of alien species: I – *Elytrigia repens*, II – *Urtica dioica*, III – *Ranunculus acris*, IV – *Ranunculus repens*, V – *Alchemilla subcrenata*, VI – *Trifolium repens*, VII – *Vicia cracca*, VIII – *Anthriscus sylvestris*, IX – *Rhinanthus minor*, X – *Rhinanthus serotinus*, XI – *Leontodon autumnalis*, XII – *Taraxacum officinale*

ракетные для олиготрофных болот. В обводненных мезоэвтрофных мочажинах растут хвощ болотный (*Equisetum palustre*), который доминирует на большей части болота, осоки волосистоплодная (*Carex lasiocarpa*) и водная (*C. aquatilis*), роснянка английская (*Drosera anglica*) с гипновыми мхами (*Scopidium scorpioides*, *Paludella squarrosa*, *Warnstorfia sarmentosa*). По краю мелководных болотных протоков обычны осоки вздутая (*Carex rostrata*), топяная (*C. limosa*), реже – свинцово-зеленая (*Carex livida*). К востоку от грядово-мочажинного болота располагается мезотрофное морощково-осоковое (*Carex lasiocarpa*), сфагновое (*Sphagnum fuscum*, *S. warnstorffii*) болото с пятнами пухоноса альпийского (*Trichophorum alpinum*), вахты (*Menyanthes trifoliata*), калгана (*Potentilla erecta*), пушицы широколистной (*Eriophorum latifolium*) и отдельно стоящими соснами. От этого болотного комплекса по ложбине с небольшим ручьем к северо-западной морской бухте тянется травяно-осоковое обводненное болото с осокой вздутой, пухоносом альпийским, сабельником (*Comarum palustre*) и вахтой.

Приморские луга на острове выражены слабо. На обрывистых скалах и галечниках они фрагментарны и бедны видами. На галечниковых литоралях узкой прерывистой полосой встречаются колосняк песчаный (*Leymus arenarius*) и мертензия морская (*Mertensia maritima*). В северо-западной бухте на пологой песчаной супралиторали приморские луга относительно разнообразны.

Антропогенная растительность на острове занимает незначительные площади (2,3% от площади острова). В северо-западной бухте, на месте барачков, располагается зарастающий можжевельником суходольный луг с душистым колоском альпийским (*Anthoxanthum alpinum*) и иван-чаем (*Chamaenerion angustifolium*). В южной и восточной частях острова, на отвалах пустой породы серебрянорудных шахт распространены растительные группировки с куртинами овечьей овсяницы, лишайников, мхов и редкими заносными растениями. Всего на острове Медвежьем обнаружено 12 видов адвентивных растений [Кожин, 2016]: пырей ползучий (*Elytrigia repens*), лютик едкий (*Ranunculus acris*), лютик ползучий (*R. repens*), манжетка городчатая (*Alchemilla subcrenata*), клевер ползучий (*Trifolium repens*), горошек мышиный (*Vicia cracca*), купырь лесной (*Anthriscus sylvestris*), погребок малый (*Rhinanthus minor* s. str.), погребок поздний (*R. serotinus*), кульбаба осенняя (*Leontodon autumnalis*), одуванчик лекарственный (*Taraxacum* agg. *officinale*). Эти виды распространены только в местах бывшего освоения (см. рис. 2).

Обсуждение. Современный растительный покров острова Медвежьего отличается высоким разнообразием и сложной структурой, что связано с его физико-географическими особенностями и антропогенным преобразованием местообитаний. Пестрая мозаика различных растительных сообществ (см. рис. 2) обусловлена сильным расчленением релье-

фа и разнообразием подстилающих пород. Одной из примечательных особенностей растительного покрова острова является многообразие болотных сообществ. Эти болота сформировались в понижении между скальными грядами на месте бывшего морского залива, обмельчавшего в результате современного поднятия суши. Здесь представлены участки с разными гидрологическим режимом и трофностью. Наличие мезоэвтрофных участков связано с особенностями геологической структуры острова. На острове выходят кальцитовые жилы, редкие на островах Белого моря, сток с которых обуславливает формирование богатых мезоэвтрофных участков.

В южной и центральной частях острова располагаются крупные скальные выходы, на которых господствуют тундробразные сообщества – луговые растительные группировки и разреженные леса. Безлесие этой территории имеет естественные причины и обусловлено суровыми ветрами, поскольку остров расположен в открытой части губы и относительно удален от материкового побережья. Безлесными также являются северо-западный и северный мысы острова, однако они заняты сообществами различных растительных ассоциаций, что связано с особенностями подстилающих пород: северный мыс сформирован пологими скалами, а северо-западный – галечником.

В классификации ландшафтов островов Белого моря И.П. Бреслиной [1987] по положению острова относительно материкового побережья, Медвежий характеризуется как промежуточный тип (между островами, расположенными в закрытых морских губах и островами близ открытых участков берега). Промежуточное положение в классификации и сложная ландшафтная структура острова обуславливают высокое разнообразие на нем как тундробразных, так и лесных ассоциаций. В центральной и северо-западной частях острова преобладающим типом растительности являются бореальные леса. На хорошо дренированных валунистых отложениях и скалах распространены сосняки, а на рыхлых морских отложениях – ельники. Леса острова в настоящее время представлены мозаикой насаждений разного породного состава и возраста (заштрихованные контуры на карте), а в лесу заметны следы рубок. По данным лесной таксации, на острове преобладают ели возрастом 120–150 лет, сосны 120–160 лет и березы до 120 лет. Довольно многочисленны древостои ели и сосны 60–80 лет. Возраст деревьев до полутора сотен лет связан с былой хозяйственной деятельностью, так как значительная часть леса была сведена с 1733 по 1883 гг. в процессе горных выработок. И.И. Гинзбург [1921] и И.Б. Циркунов [1998], предполагают, что горные работы имели масштабный характер и не прекращались большую часть года. Древесина использовалась как строительный материал для укрепления шахт и штолен, постройки домов и в качестве топлива [Циркунов, 1998]. Это подтверждает современная картина распространения относительно разно-

возрастных лесных насаждений (заштрихованные контуры на карте) – такие леса примыкают к районам выработок горных шахт и поселению рудодобытчиков. На острове изредка единичными деревьями в местах, наиболее удаленных от шахт и поселения рудодобытчиков, встречаются крупные сосны возрастом около 250 лет. Больше всего их осталось по периферии болота в центре острова. В настоящий момент большинство лесов острова являются условно-коренными.

Несмотря на былые масштабные преобразования острова, растительные сообщества антропогенного происхождения имеют ограниченное распространение. Разнотравно-злаковый луг, зарастающий можжевельником, располагается в северо-западной бухте, где в XVIII и XIX вв. находился поселок рудодобытчиков (см. рис. 1, 2). И.Б. Циркунов [1998] предполагает, что постройки поморов могли здесь существовать еще в XVI в. На лугу на месте бывших строений встречены заносные виды: крапива двудомная, пырей ползучий, манжетка городковатая, горошек мышиный, лютик едкий, погребок малый, одуванчик лекарственный. Близ ручья обнаружены единичные лютик ползучий и кульбаба осенняя (см. рис. 2). Большинство сохранившихся на острове адвентивных видов являются колонофитами, которые способны к возобновлению, но их распространение в настоящее время ограничено преимущественно местами заноса. Их современное активное расселение по острову маловероятно. В отношении крапивы двудомной, пырея ползучего и купыря лесного мы прогнозируем их дальнейшее расселение по луговым и приморским местообитаниям на острове и за его пределы.

В ходе горной добычи были также сформированы обширные отвалы пустой руды, в результате чего растительный покров претерпел значительные преобразования и частично был уничтожен. Их расположение соответствует местам заброшенных шахт в юго-восточной и юго-западной частях острова (см. рис. 1, 2). В новых техногенных местообитаниях, ранее отсутствующих на острове, сформировались разреженные сообщества из овсяницы овечьей, кладоний (*Cladonia* spp.), политрихума (*Polytrichum juniperinum*), птилидиума (*Ptilidium ciliare*), ракомитриума (*Racomitrium lanuginosum*) и пр. На отвалах шахт отмечено несколько куртин заносной крапивы двудомной и клевера ползучего. Интересно отметить, что, несмотря на обилие измельченного кальцита в пустой породе, здесь не сформировался густой растительный покров, например, характерный для некоторых подобных горных выработок в Польше [Woch et al., 2017]. В настоящее время и в прошедшие полтора столетия здесь не наблюдалось активного зарастания пустой породы, столь характерного для других районов Европы

[Szarek-Lukaszewska, Grodzinska, 2007; Řehouňková, Prach, 2008]. В сформированных растительных группировках отвалов шахт чужеродные виды исключительно редки, что также отличает их от других зарастающих территорий горных выработок [Lemke et al., 2013].

Распространение адвентивных видов на острове имеет локализованный характер. Они сконцентрированы в месте бывшего поселения рудодобытчиков и редко встречаются на отвалах шахт (см. рис. 2). В других местообитаниях на острове, в т. ч. в условно-коренных лесах, они не выявлены. Несмотря на столь масштабные преобразования острова, он не был активно заселен заносными видами. Разработка серебряных руд продолжалась в течение 150 лет с 1733 по 1883 гг. Именно в этот период могло происходить внедрение заносных видов в его флору. В последующие полтора века хозяйственная деятельность прекратилась, остров лишь изредка посещался людьми. В XIX в. на Кольском полуострове по сводке Я. Фелльмана [Fellman, 1831] был известен 41 заносный вид. Все заносные виды, сохранившиеся до наших дней на острове Медвежьем, были приведены в этой сводке (за исключением погребка позднего (*Rhinanthus serotinus*), которого ранее, вероятно, не отделяли от других погребков). Активная экспансия адвентивных видов на Кольский полуостров началась с развитием промышленности и интенсивного освоения региона в XX в. [Дорогостайская, 1972]. По данным флористических сводок, в середине прошлого века в Мурманской области было известно уже более 200 адвентивных видов, в 1980-х гг. – 270 видов, а к концу 2000-х гг. уже более 450 [Костина, Филимонова, 2009]. Во флоре острова Медвежьего мы не находим ни одного из этих видов, хотя на прилежащем освоенном материковом побережье и в селах они встречаются нередко.

Выводы:

– в XVIII и XIX вв. растительный покров острова Медвежьего претерпел значительные преобразования в результате горных работ, что находит отчетливое отражение в возрасте древостоев и в распространении растительных сообществ. В настоящий момент большинство лесов является условно-коренными;

– непосредственно в местах горных выработок и селитьбы сформировались новые антропогенные растительные сообщества, ранее не представленные на острове. В их составе преобладают апофиты; также встречаются и заносные виды;

– история освоения острова позволила сформироваться своеобразному, крайне бедному адвентивному комплексу видов, который представляет собой остаток адвентивной флоры XVIII и XIX вв. Современный занос адвентивных видов на этот остров маловероятен в связи с заповедным режимом.

Благодарности. Авторы выражают благодарность заместителю директора Кандалакшского заповедника Е.Л. Толмачевой за поддержку работ.

Камеральный этап исследования М.Н. Кожина выполнен за счет гранта Российского научного фонда 19-77-00025.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Александрова В.Д. Классификация растительности. Л.: Наука, 1969. 275 с.
- Белянкин Д.С., Куплетский Б.М. Горные породы и полезные ископаемые северного побережья и прилегающих к нему островов Кандакшской губы Белого моря // Труды Северной научно-промысловой экспедиции. 1924. № 18. С. 1–76.
- Бреслина И.П. Растения и водоплавающие птицы морских островов Кольской Субарктики. Л.: Наука, 1987. 200 с.
- Гинзбург И.И. Полезные ископаемые побережья Кандакшского залива Белого моря // Труды Северной научно-промысловой экспедиции. 1921. Т. 7. С. 64–69.
- Дорогостайская Е.В. Сорные растения Крайнего Севера СССР. Л.: Наука, 1972. 172 с.
- Карпович В.Н. Кандакшский заповедник. Мурманск: Кн. изд-во, 1984. 160 с.
- Кожин М.Н. Флора острова Медвежьего в Порьей губе Белого моря // Труды Карельского научного центра РАН. 2016. Т. 3. С. 38–51.
- Костина В.А., Филимонова Т.В. Сосудистые растения // Разнообразие растений, лишайников и цианопрокариот Мурманской области: итоги изучения и перспективы охраны. СПб: ПАВСИ КНЦ РАН, 2009. С. 6–25.
- Колька В.В., Евзеров В.Я., Мёллер Я.Й., Корнер Г.Д. Последледниковые гляциоизостатические движения на северо-востоке Балтийского щита // Новые данные по геологии и полезным ископаемым Кольского полуострова. Апатиты: Изд-во КНЦ РАН, 2005. С. 15–25.
- Циркунов И.Б. Порья губа: опыт историко-социологических исследований // Наука и бизнес на Мурмане. 1998. № 6. С. 60–86.
- Fellman J. Index plantarum phanerogamarum in territorio Kolaënsi lectarum. *Bull. Soc. Imp. Naturalistes Moscou*, 1831, vol. 3, p. 299–328.
- Lemke D., Schweitzer C.J., Tazisong I.A., Wang Y., Brown J.A. Invasion of a mined landscape: what habitat characteristics are influencing the occurrence of invasive plants? *International Journal of Mining, Reclamation and Environment*, 2013, vol. 27, no. 4, p. 275–293.
- Rehounková K., Prach K. Spontaneous vegetation succession in gravel-sand pits: a potential for restoration. *Restor. Ecol.*, 2008, vol. 16, p. 305–312.
- Szarek-Lukaszewska G., Grodzinska K. Vegetation of a post-mining open pit (Zn/Pb ores): three-year study of colonization. *Polish Journal of Ecology*, 2007, vol. 55, no. 2, p. 261–282.
- Smyshlyayeva O.I., Kozhin M.N., Ershova E.G., Popova K.B. The vegetation history of the White Sea islands (Por'ya Bay, north Russia). Abstracts with Programs, Geological Society of America, Annual Meeting in Baltimore, Maryland, USA, 2015, vol. 7 of 47, p. 141–141.
- Woch M.W., Stefanowicz A.M., Stanek M. Waste heaps left by historical Zn-Pb ore mining are hotspots of species diversity of beech forest understory vegetation. *Science of the Total Environment*, 2017, vol. 599, p. 32–41.

Поступила в редакцию 06.03.2020

После доработки 15.06.2020

Принята к публикации 06.07.2020

E.V. Kudr¹, M.N. Kozhin²

**HISTORY OF DEVELOPMENT AND VEGETATION COVER
OF THE MEDVEZHJIJ ISLAND IN THE POR'YA GUBA BAY
OF THE WHITE SEA**

The Medvezhij Island is located in the central part of the Por'ya Guba Bay and is one of the largest islands of the archipelago. In 1733, the first silver mine in Russia was founded on the Island, and for one and a half centuries the industrial development of deposits took place. The present-day vegetation is highly diverse due to the influence of physical geographical and anthropogenic factors. The island is covered with boreal coniferous forests, tundra-like crowberry communities, mires with areas of different trophic status, diverse rocky vegetation and small fragments of coastal and anthropogenic meadows. As a result of the study vegetation map of the island was compiled based on the ecological-morphological classification. Boreal forests are the predominant type of island vegetation. However, southern part of the island lacks forests, and tundra-like communities prevail there. Mire communities are characterized by extreme diversity and complex horizontal pattern.

Most of the island forests are nominally primary, because they were cut down for supplying mine works and spontaneously re-grew afterwards. Currently, forest stands of 120–160 years old prevail on the island, and there are also 60–80 year old stands. The oldest 250 years old trees are preserved in the central part of the island, around the mires. Anthropogenic plant cenoses cover minor areas; sparse communities of apophytes (local flora species) replaced waste dumps, and anthropogenic meadows were formed in the northwestern part of the island, at the site of former miners' settlement. 12 alien species were found on the island. Probably, they were introduced during active mining operations in the 18th and 19th centuries and exist until now. Alien species inhabit the initial areas of introduction and do not tend to spread. At present the Medvezhij Island is part of the Kandalaksha State Nature Reserve, therefore new introduction of adventitious species is unlikely.

¹ Lomonosov Moscow State University, Faculty of Biology, Department of Ecology and Plant Geography, master student; e-mail: ktja-kudr@mail.ru

² Lomonosov Moscow State University, Faculty of Biology, Department of Ecology and Plant Geography, Associate Professor; N.A. Avrorin Polar-Alpine botanical garden institute, Kola SC RAS, Engineer; Kandalaksha State Nature Reserve, Senior Scientific Researcher, PhD. in Biology; e-mail: mnk_umba@mail.ru

Key words: vegetation map, alien species, mining, anthropogenic development, boreal forests, northern taiga, Fennoscandia

Acknowledgements. The authors are grateful to Ekaterina L. Tolmacheva, deputy director of the Kandalaksha Reserve, for supporting the research. In-office studies of M.N. Kozhin were financially supported by the Russian Science Foundation (project no. 19-77-00025).

REFERENCES

- Aleksandrova V.D. Klassifikatsiya rastitel'nosti* [Vegetation classification]. Science Publishers, Leningrad, 1969, 275 p. (In Russian)
- Belyankin D.S., Kupletskii B.M.* [Rocks and minerals of the northern coast and adjacent islands of the Kandalaksha Bay of the White Sea] *Trudy Severnoi nauchno-promyslovoi ekspeditsii* [Proc. of the Northern research and commercial expedition], 1924, vol. 18, p. 1–76. (In Russian)
- Breslina I.P. Rasteniya i vodoplavayushchie ptitsy morskikh ostrovov Kol'skoi Subarktiki* [Plants and waterbirds of marine islands of the Kola Subarctic]. Science Publishers, Leningrad, 1987, 200 p. (In Russian)
- Dorogostaiskaya E.V. Sornye rasteniya Krainego Severa SSSR* [Weed plants of Far North of the USSR]. Science Publishers, Leningrad, 1972, 172 p. (In Russian)
- Fellman J.* Index plantarum phanerogamarum in territorio Kolaënsi lectarum. *Bull. Soc. Imp. Naturalistes Moscou*, 1831, vol. 3, p. 299–328.
- Ginzburg I.I.* [The mineral deposits of the coast of the Kandalaksha Bay of the White Sea] *Trudy Severnoi nauchno-promyslovoi ekspeditsii* [Proc. of the Northern research and commercial expedition], 1921, vol. 7, p. 64+5. (In Russian)
- Karpovich V.N. Kandalakshskij zapovednik.* [Kandalaksha Nature Reserve] Murmansk, Book Publ., 1984, 160 p. (In Russian)
- Kol'ka V.V., Evzerov V.Ya., Meller Ya.I., Korner G.D.* [Postglacial glacioisostatic movements in the northeast of the Baltic Shield] *Novye dannye po geologii i poleznym iskopaemym Kol'skogo poluostrova* [New data on the geology and mineral resources of the Kola Peninsula]. Izd-vo KNTs RAN, Apatity, 2005, p. 15–25. (In Russian)
- Kostina V.A., Filimonova T.V.* [Vascular plants] *Raznoobrazie rastenii, lishainikov i tsianoprokariot Murmanskoi oblasti: itogi izucheniya i perspektivy okhrany* [Diversity of plants, lichens and cyanoprocarotes of the Murmansk region: results of the study and prospects of conservation]. PABSI KNTs RAN, Saint-Petersburg, 2009, p. 6–25. (In Russian)
- Kozhin M.N.* [Flora of the Medvezhii Island in the Por'ya Guba Bay of the White Sea] *Trudy Karel'skogo nauchnogo tsentra RAN* [Proc. of the Karelian Research Center of the RAS], 2016, vol. 3, p. 38–51. (In Russian)
- Lemke D., Schweitzer C.J., Tazisong I.A., Wang Y., Brown J.A.* Invasion of a mined landscape: what habitat characteristics are influencing the occurrence of invasive plants? *International Journal of Mining, Reclamation and Environment*, 2013, vol. 27, no. 4, p. 275–293.
- Rehounková K., Prach K.* Spontaneous vegetation succession in gravel-sand pits: a potential for restoration. *Restor. Ecol.*, 2008, vol. 16, p. 305–312.
- Smyshlyaeva O.I., Kozhin M.N., Ershova E.G., Popova K.B.* The vegetation history of the White Sea islands (Por'ya Bay, north Russia). Abstracts with Programs, Geological Society of America, Annual Meeting in Baltimore, Maryland, USA, 2015, vol. 7 of 47, p. 141–141.
- Szarek-Lukaszewska G., Grodzinska K.* Vegetation of a post-mining open pit (Zn/Pb ores): three-year study of colonization. *Polish Journal of Ecology*, 2007, vol. 55, no. 2, p. 261–282.
- Tsirkunov I.B.* Por'ya guba: opyt istoriko-sotsiologicheskikh issledovaniy [Por'ya Guba: an attempt of the historical-sociological investigation] *Nauka i biznes na Murmane*, 1998, vol. 6, p. 60–86. (In Russian)
- Woch M.W., Stefanowicz A.M., Stanek M.* Waste heaps left by historical Zn-Pb ore mining are hotspots of species diversity of beech forest understory vegetation. *Science of the Total Environment*, 2017, vol. 599, p. 32–41.

Received 06.03.2020

Revised 15.06.2020

Accepted 06.07.2020

УДК 574.502.58.470:582.29

Е.А. Аристархова¹, Е.Г. Сусллова², С.М. Шадчинов³

РАЗНООБРАЗИЕ И РАСПРОСТРАНЕНИЕ ЛИШАЙНИКОВ РОДА БРИОРИЯ (BRYORIA) В МОСКОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Анализ литературных данных и гербарных сборов кустистых эпифитных лишайников рода бриория (*Bryoria* Brodo) из 186 пунктов на территории Московской области показал, что в настоящее время здесь встречается восемь видов, обитающих в основном на ветвях елей, реже – на березах и иве козьей. Нормальное развитие видов рода *Bryoria* в МО возможно только при наличии комплекса факторов: соответствующих микроклиматических условий, в первую очередь достаточно высокой влажности приземного слоя воздуха и минимальных показателей по загрязнению атмосферы (отсутствие вредных соединений и высокого содержания пылевых частиц), определенных типов растительных сообществ, сохранности старовозрастных лесов, подходящего форофита (породы дерева) в качестве субстрата.

В работе приведены картосхемы, демонстрирующие места максимального числа находок видов бриорий на 100 км² и отдельных встреч видов рода на территории области. Максимальное видовое разнообразие бриорий отмечено в г. о. Можайский, Клин, Рузский и Лотошино, где отсутствуют крупные загрязняющие объекты, а по данным экомониторинга качество воздуха здесь наиболее высокое (с наименьшим показателем содержания вредных веществ и пылевых частиц). Самыми редкими видами рода *Bryoria* в МО являются бриория Вранга, б. Надворника, б. пепельная и б. простая.

Бриории, особенно самые редкие, тяготеют к северо-западным и западным частям региона. Лишайники экологически связаны с сырыми и заболоченными старовозрастными еловыми и елово-мелколиственными лесами и лесокультурами ели, а также окраинами лесных переходных и верховых болот. В данных местообитаниях талломы лишайников иногда достигают максимальных для области размеров (до 25 см), встречаются часто, группами из двух–трех видов и весьма обильны, что свидетельствует о благоприятной экологической обстановке в данной части Подмосковья.

Все обнаруженные виды бриорий занесены в Красную книгу Московской области и требуют охраны и дальнейшего изучения.

Ключевые слова: эпифитные лишайники, видовое разнообразие рода Бриория (*Bryoria*), картосхемы, охрана

Введение. В связи с интенсивным ростом антропогенного воздействия на леса, окружающие Московский мегаполис, в том числе рубок, пожаров и загрязнения воздуха происходит неизбежное снижение биологического разнообразия природных сообществ. Интерес к оценке потенциала сохранившихся лесных экосистем и их компонентов, в частности, к изучению видового разнообразия и экологии эпифитных лишайников как известных индикаторов загрязнения воздуха [Горшков, 1990; Инсаров и др., 2010] особенно возрос в последние десятилетия.

Лишайники рода *Bryoria* Brodo относятся к кустистым эпифитным видам лишайнизированных грибов (lichenized fungus) сем. Parmeliaceae [Мучник и др., 2011]. Они имеют довольно крупные ветвистые трубчатые талломы (рис. 1). Различные виды бриорий (около 50 видов) распространены на разных континентах, особенно в бореальных и умеренных зонах, и везде связаны с районами, где весьма высока влажность воздуха и минимально его загрязнение.

В таежных лесах на севере России эти лишайники могут быть массовыми видами, а на территории Московской области (МО) они имеют ограниченное распространение. В связи с их особой индикаторной ролью в сообществах, не ослабевают интерес к изучению экологии и распространения видов бриорий в растительном покрове мегаполиса.

Первые сборы бриорий с территории МО датированы началом XX в. [Еленкин, 1906]. В середине 1920-х гг. на территории области виды, собранные сотрудниками Московской комплексной экспедиции под руководством В.В. Алехина, были идентифицированы как *Bryoria chalybeiformis* и *B. implexa* (гербарий биологического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова – MW). Эти же виды (с синонимами *Alectoria jubata* (L.) Mot. и *A. implexa* (Hoffm.) Mot.) приводит для области Н.С. Голубкова [1962, 1966].

Позже список видов бриорий, встречающихся на территории МО, несколько расширился [Голубкова, 1996; Пчёлкин, 2005; Бязров, 2009]. По мате-

¹ Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет, кафедра биогеографии, аспирантка; e-mail: kattariss@yandex.ru

² Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет, кафедра биогеографии, доцент, канд. геогр. н.; e-mail: lena_susl@mail.ru

³ Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет, кафедра физической географии и ландшафтоведения, аспирант; e-mail: shadchinov@yandex.ru



Рис. 1. Бриория Вранга (фото Е.Сусловой)

Fig. 1. *Bryoria vrangiana* (photo by E. Suslova)

риалам собственных сборов 1994–1995 гг. и литературных источников Л.Г. Бязров опубликовал список лишайников, зарегистрированных в Московской области, в котором приводится девять видов рода *Bryoria*: бриория волосовидная (*B. capillaris* (Ach.) Brodo et D. Hawksw.), б. вороненая (*B. chalybeiformis* (L.) Brodo et D. Hawksw.), б. переплетенная (*B. implexa* (Hoffm.) Brodo et D. Hawksw.), б. оголенная (*B. glabra* (Motyka) Brodo & D. Hawksw.), б. Фремонта (*B. fremontii* (Tuck.) Brodo et D. Hawksw.), б. буроватая (*B. fuscescens* (Gyeln.) Brodo et D. Hawksw.), (*B. furcellata* (Fr.) Brodo et D. Hawksw.), б. Смита (*B. smithii* (Du Rietz) Brodo & D. Hawksw.), б. сивоватая (*B. subcana* (Nyl. ex Stizenb.) Brodo et D. Hawksw.). В настоящее время *B. chalybeiformis* и *B. subcana* не признаются как самостоятельные виды, а сведены в синонимы *B. fuscescens* [Velmalä et al., 2014]. Указание на нахождение на территории области *Bryoria smithii*, *B. glabra* и *B. furcellata* оказалось ошибочным и не подтвердилось [Толпышева и др., 2017]. В 2008 г. в Клинском районе, ныне – городском округе (г. о.) Клин на территории Госкомплекса «Завидово» был найден еще один вид, не отмечавшийся ранее на территории МО – бриория Надворника (*B. nadvornikiana* (Gyeln.) Brodo et D. Hawksw.) [Нотов, 2010]. Таким образом, число видов бриорий на территории МО заметно менялось по годам.

До 2012 г. большинство сборов бриорий и других родов лишайников были эпизодическими, а на-

ходки единичными. Создавалось впечатление, что виды рода *Bryoria* редко встречаются в Подмосковье и представлены небольшими, часто поврежденными талломами. После выхода в 2008 г. второго издания Красной книги Московской области [Красная книга ..., 2008] началась планомерная работа по изучению лишайнобиоты региона, в том числе на имеющих и проектируемых особо охраняемых природных территориях (ООПТ), где сохранились спелые и старовозрастные леса. В результате мониторинга, проводимого авторами в составе природоохранного фонда «Верховье» (www.verhovye.ru) в рамках выполнения ряда проектов Минэкологии МО, количество находок лишайников этого рода на территории области значительно возросло. В частности, были найдены не отмечавшиеся ранее в области такие виды, как: бриория пепельная – *B. osteola* (Gyeln.) Brodo et D. Hawksw. и бриория простая – *B. simplicior* (Vain.) Brodo et D. Hawksw. [Толпышева и др., 2017], в ряде мест обнаружена бриория Надворника – *B. nadvornikiana*, ранее известная только в Завидово, и в Дмитровском г. о. в окрестностях пос. Икша.

Новой интересной находкой оказался редкий северный вид – бриория Вранга (*B. vrangiana* (Gyeln.) Brodo et D. Hawksw.), впервые собранный в 2016 г. М.В. Бочарниковым [Чернядьева и др., 2018] на территории Московской области в сыром ельнике рядом с небольшим болотом к югу от д. Загорье г. о. Истра на северной границе государственного

природного заказника (ГПЗ) «Озеро Глубокое с прилегающими к нему массивами леса». В 2017 г. бриория Вранга повторно собрана рядом с оз. Глубоким, а также обнаружена на окраине Шараповского болота в г. о. Одинцово на границе заказника «Звенигородская биостанция МГУ и карьер “Сима”». Так как все эти образцы отличались от бриории буровой по габитусу, характеру ветвления и толщине веточек, для проверки они были переданы на биохимический анализ⁴ (TLC) в лабораторию Ботанического института имени В.Л. Комарова (БИН) РАН (г. Санкт-Петербург), подтвердивший предположение Е.Э. Мучник. В 2019 г. при обследовании нескольких проектируемых заказников *B. vrangiana* найдена нами также на самом севере г. о. Лотошино, в г. о. Волоколамском и Рузском⁵.

Несмотря на долгую историю изучения лишайной биоты МО, полномасштабные исследования и картографический анализ не проводились. Первые попытки анализа распространения бриорий в Подмосковье (по итогам сборов 2012–2016 гг.) отражены в работах Т.Ю. Толпышевой и Е.Г. Суловой с соавторами [Сулова и др., 2017; Сулова, 2018].

Целью нашей работы является оценка современного распространения, приуроченности к определенным условиям местообитания всех известных в настоящее время лишайников рода *Bryoria* на территории области, рассматривая возможности использования ряда видов в качестве биоиндикаторов состояния чистоты атмосферного воздуха.

Основные задачи – анализ имеющихся литературных, гербарных и собранных нами во время полевых обследований сведений о приуроченности различных видов бриорий к типам растительных сообществ, сеточное картографирование распространения и видового разнообразия рода *Bryoria*, выявление районов с их максимальным видовым разнообразием, оценка их обилия и выработка мер по организации мониторинга и охране наиболее редких представителей этого рода.

Материалы и методы исследования. На территории МО с 2010 г. по март 2020 г. нами было собрано около 300 образцов лишайников рода *Bryoria* из 186 пунктов (на каждый пункт приходилось от 1 до 3–5 точек сбора материала, расположенных на расстоянии не более 2–3 км друг от друга). Исследованиями была охвачена практически вся территория области, при этом наиболее детально изучены западные и северо-западные районы, где эпифитные кустистые лишайники встречаются значительно чаще, чем в других частях МО (рис. 2). На данный момент недостаточно исследованы лишь Талдомский г. о. север и центр Сергиево-Посадского г. о., здесь намечено проведение дополнительных работ в 2020 г.

Обследование для выявления редких лишайников проводилось маршрутным методом. Наиболее

полно изучены леса и лесные болота ООПТ. Лишайники собирались, как правило, с нижних доступных частей крон или стволов на высоте 2–5 м и с крон упавших елей. Сбор образцов с верхних и средних частей крон елей стал возможным лишь тогда, когда из древостоя массово начали выпадать поврежденные короедом-типографом стволы старых деревьев.

В этикетки вносились данные привязки по GPS, адрес места сбора, тип растительного сообщества, древесная порода, место прикрепления и обилие. На основе экспертной оценки была выработана шкала обилия лишайников на площади 1 км²: 1 – редко и единично, 2 – изредка группами, 3 – часто группами, 4 – очень часто и обильно.

Сборы были определены⁶ и переданы в гербарий (MW) биологического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова. Часть образцов бриорий проверена и подтверждена на основании анализа вторичных метаболитов методом тонкослойной хроматографии в лаборатории лишайнологии и бриологии БИН РАН. В программе MS Excel создана и ведется База данных, на основании которых для характеристики распространения видов рода был использован метод сеточного картографирования. При создании картосхем была подобрана сеточная основа с размером квадратов сетки 10×10 км, что наилучшим образом отражает присутствие видов в области (рис. 3). В результате территория Московской области разделена на 544 ячейки. Метод сеточного картографирования позволяет представить сведения об имеющихся находках, при этом в дальнейшем с поступлением новой информации картина распространения бриорий в области будет уточняться.

В каждом квадрате было посчитано количество встреч лишайников рода *Bryoria*, что позволяет наглядно отразить информацию о находках разных видов на единицу площади в соответствии с выбранным пространственным охватом (т. н. «пиксель»=100 км²) и экспертной оценкой обилия (на ее основании была разработана цветовая шкала с 3–5 градациями в зависимости от характера или частоты встреч для каждого вида и/или набора видов в сочетании со значковым методом) и видовое богатство рода *Bryoria* в Московской области, т. е. встречаемость видов (выше 0 и до максимального значения концентрации видов в пределах «пикселя») (см. рис. 3) в каждой ячейке сетки. Метод реализовывался посредством применения инструментов пространственного анализа в программном пакете «Quantum GIS», версия 3.8.

Результаты и их обсуждение. Регулярный мониторинг видов рода *Bryoria*, анализ данных наших сборов за 2010–2019 гг. и картосхем находок лишайников в различных районах области, материалов

⁴ У бриории Вранга иной характер вторичных метаболитов, чем у других видов бриорий.

⁵ Определение этих сборов Е.Э. Мучник подтверждено И.Н. Урбанавичене в БИН РАН имени В.Л. Комарова.

⁶ Сборы лишайников определены Т.Ю. Толпышевой и Е.Э. Мучник, анализ на TLC и определение ряда видов проведено И.Н. Урбанавичене.

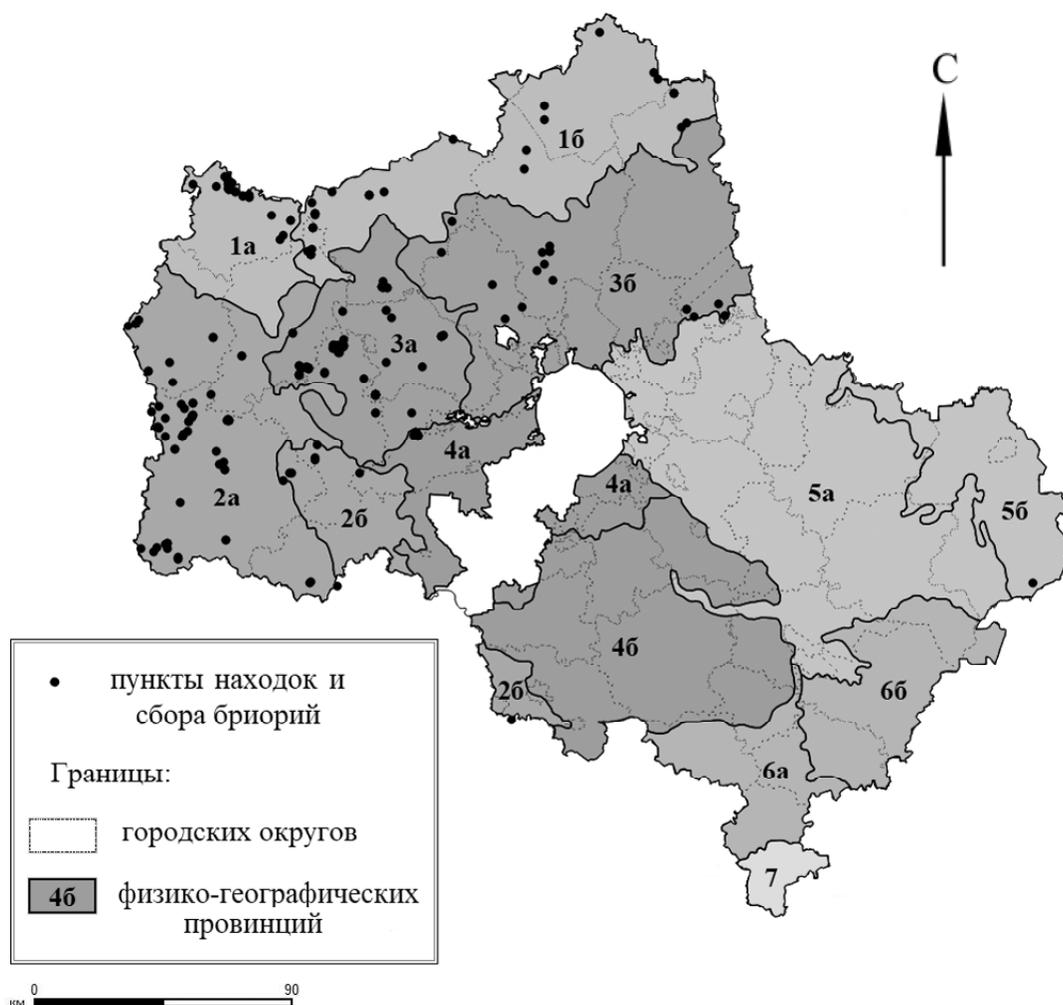


Рис. 2. Карта фактического материала мест находок бриорий. Провинции: 1 – Верхне-Волжская, 2 – Смоленская, 3 – Московская, 4 – Москворецко-Окская (районы: а – южный, б – северный), 5 – Мещерская, 6 – Заокская, 7 – Среднерусская (районы: а – западный, б – восточный, кроме 4)

Fig. 2. Location map of Bryoria finds. Landscape provinces: 1 – Verhne-Volzhsкая, 2 – Smolenskaya, 3 – Moskovskaya, 4 – Moskvoretsko-Okskaya (districts: a – southern, b – northern), 5 – Mescherskaya, 6 – Zaokskaya, 7 – Srednerusskaya (districts: a – western, b – eastern, except 4)

ранее опубликованных работ [Толпышева и др., 2017; Сулова и др., 2017], позволили впервые для всей Московской области составить полное впечатление о разнообразии, распространении, встречаемости, приуроченности этих видов к определенным местобитаниям, типам леса и древесным породам (форфиту), а также местам их максимального видового разнообразия на территории области.

Таким образом, в настоящее время (к 2020 г.) на территории области зарегистрировано восемь видов бриорий, из которых наиболее часто в МО встречаются: бриория буроватая (*B. fuscescens*), волосовидная (*B. capillaris*) и переплетенная (*B. implexa*) (рис. 4). Другие пять видов относятся к числу редко встречающихся – это бриория Фремонта (*B. fremontii*), б. Надворника (*B. nadvornikiana*), б. пепельная (*B. osteola*), б. простая (*B. simplicior*) и б. Вранга (*B. vrangiana*). При этом вопрос о числе видов в пределах рода *Bryoria* для МО по-прежнему остается открытым в связи с тем, что по-

явились работы [Boluda et al., 2019], в которых сразу несколько близких видов бриорий не признаются как самостоятельные виды, а сведены в синонимы.

Все эти виды бриорий в настоящее время занесены в Красную книгу Московской области [Красная книга ..., 2018], а бриория Фремонта, известная по одному сбору Л.Г. Бязрова в 1994 г. из окрестностей с. Поречья (Можайский г. о), включена в Красную книгу Российской Федерации [Красная книга Российской ..., 2008].

Бриория Надворника найдена только на территории Госкомплекса «Завидово» [Нотов, 2010; Нотов и др., 2018], в Дмитровском г. о. (находка К.Ю. Теплова) и на территории Звенигородской биостанции МГУ [Мучник, Благовещенская, 2019]. Бриория простая обнаружена нами в 2016 г. в одном из заказников г. о. Клин, а бриория пепельная – в сырых лесах на границе с Тверской областью в Можайском и Шаховском г. о. в 2013 г. Бриория Вранга встречается, видимо, чаще, чем известно на данный момент, и для

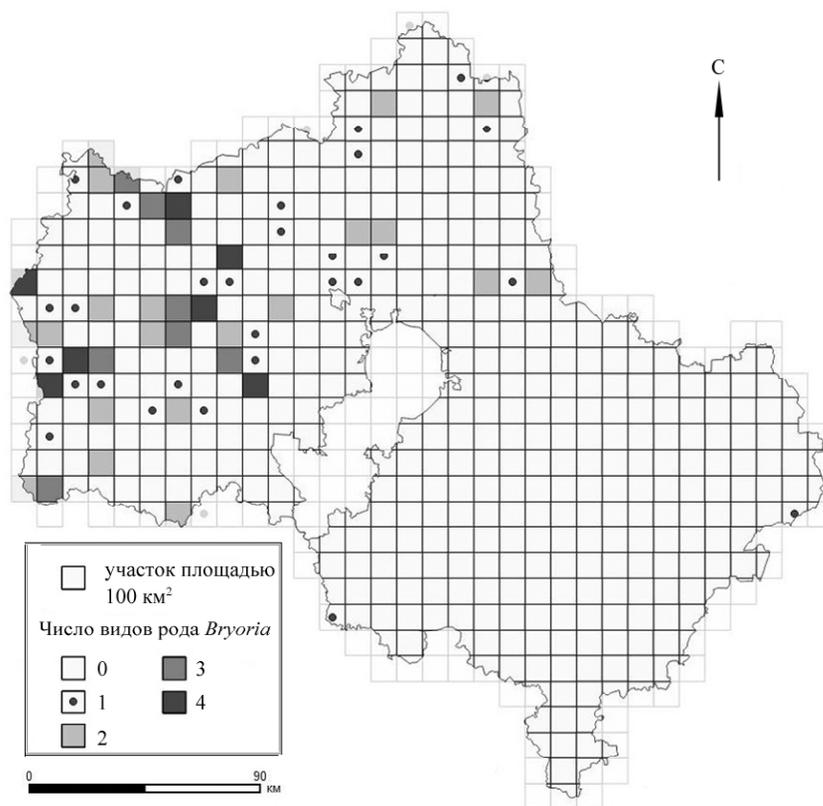


Рис. 3. Видовое богатство рода *Bryoria* в Московской области (число видов на 100 км²)

Fig. 3. Diversity of *Bryoria* species in the Moscow region (species numbers per 100 km²)

выяснения характера ее распространения необходим пересмотр собранных ранее образцов бриории переплетенной (*Bryoria implexa*) и переопределение с помощью биохимического анализа. Остальные виды представлены значительно шире (см. рис. 3).

Наиболее богаты видами бриорий Можайский, Рузский, Клинский, Лотошинский и Шаховской г. о.,

входящие в Верхне-Волжскую и Смоленскую физико-географические провинции [Анненская и др., 1997] в Лотошинско-Талдомский и Можайско-Загорский геоботанические округа [Петров, 1968], где по площади преобладают еловые гемибореальные леса субнеморального (южнотаежного) типа с вкраплением заболоченных хвойных и мелколиственных лесов, переходных и верховых болот [Огурева и др., 1996; Сулова, 2018]. Реже бриории встречаются в старовозрастных лесах г. о. Истры, Одинцово и Волоколамского.

В этих районах талломы лишайников имеют хорошо развитые органы размножения, отсутствие повреждений талломов, максимальные для области размеры (до 20–25 см у бриории волосовидной), встречаются часто, группами из двух–трех видов, и весьма обильны как в нижней и средней частях кроны, так и на высоте около 30–33 м (например, в Рузском и Можайском г. о.). На юге и юго-востоке области единично и очень редко встречаются только бриории буроватая и переплетенная.

В южном Подмоскowie, в пределах Москворецко-Окской, Заокской и Среднерусской физико-географических провинций (см. рис. 2) развитие многих лишайников сдерживают неблагоприятные для них кли-



Рис. 4. Соотношение числа находок видов рода *Bryoria* в Московской области

Fig. 4. The ratio of finds of particular *Bryoria* species in the Moscow region

матические условия и отсутствие подходящих типов растительных сообществ, а именно – сырых и заболоченных еловых лесов, переходных и верховых болот. Относительная влажность воздуха в южных и восточных районах ниже, а температуры в летний период выше, чем в северных и западных районах области [Мячкова, Сорокина, 1991]. Так как для эпифитов, получающих основное питание из атмосферы и коры, большое значение имеют доступность атмосферных осадков и нормальное развитие, способность к расселению и обилие в значительной степени связаны с характером и режимом увлажнения местообитания [Тарасова, 2017]. Самые южные пункты МО с единичными находками бриории – старовозрастные леса Приокско-Террасного государственного природного биосферного заповедника [Пчелкин, 2005] и окрестности д. Ланьшино (на стволе старой березы, 2017 г.) г. о. Серпухова в долине р. Оки.

В восточном Подмосковье на территории Мещерской физико-географической провинции, несмотря на высокую влажность воздуха в лесах рядом с болотами, эти лишайники встречаются крайне редко, единичными экземплярами, и имеют небольшие размеры талломов (менее 5–7 см). Развитию их в этой части области, вероятно, препятствует периодическое летнее высыхание песчаных почвогрунтов при недостатке атмосферных осадков. В г. о. Шатуре имеются очень редкие единичные находки бриории буроватой. Ранее (до 1965 г.) бриории находили в ближнем Подмосковье – национальном парке (НП) «Лосиный остров», г. о. Мытищи и в Воскресенском г. о. [Красная книга ..., 2018].

В районах области, непосредственно прилегающих к г. Москве, а также в окрестностях многих крупных промышленных областных городов, эти лишайники, как правило, не встречаются, что, вероятно, объясняется высокой чувствительностью многих видов этого рода к загрязнению воздуха, в частности *Bryoria fuscescens* [Wirth, 1991; Горшков, 1990; Инсаров и др., 2010; Dobson, 2011; Myllys et al., 2011]. В отдаленных западных и северо-западных районах МО, где преобладают ветра западного, юго-западного и северного направлений [Мячкова, Сорокина, 1991] и отсутствуют крупные загрязняющие производства, по данным проводимого в области экомониторинга [World Air Quality Index, 2020; Экологические карты ..., 2020; Подмосковье сегодня, 2020] загрязнение воздуха минимально. Все это свидетельствует о возможности использования видов бриорий в качестве надежных биоиндикаторов загрязнения воздуха.

Расширение границ городов повлекло за собой поглощение и уничтожение некоторых местообитаний и, соответственно, гибель произраставших в них видах лишайников. Часть местообитаний бриорий, отмечавшихся ранее А.А. Еленкиным [1906] и Н.С. Голубковой [1962], в том числе в г. о. Подольске и НП «Лосиный остров», кардинально изменилась, эти лишайники здесь больше не встречаются.

Основное местообитание видов рода Бриория в Московской области – спелые и старовозрастные еловые леса [Толпышева и др., 2017; Суслова и др., 2017], а также трансформировавшиеся лесокультуры ели 70–80-летнего возраста, сходные по структуре и видовому составу с естественными сообществами. На хвойных породах и березе лишайники встречаются почти исключительно на старовозрастных деревьях. Бриория волосовидная в Великобритании [Rose, 1976], а бриория Надворника в Швеции [Karström, 1992] считаются индикаторами естественных старовозрастных лесов. В наших лесах присутствие этих редких лишайников, безусловно, свидетельствует о значительном возрасте насаждений и благоприятных экологических условиях произрастания. До 70% бриорий встречены в сырых еловых таежных и субнеморальных лесах и старых лесокультурах ели, почти 30% бриорий приходится на заболоченные леса и окраины верховых и переходных болот. Именно эти лесные массивы сосредоточены на севере и западе области.

Для среднетаежной подзоны Карелии видовое богатство комплекса эпифитных лишайников в еловых лесах оказалось в два раза выше, чем в сосновых [Тарасова, 2017]. В Московской области в зоне смешанных (или гемибореальных) лесов виды р. *Bryoria* из древесных пород – форофитов – также предпочитают именно ель, развиваясь как на живых ветвях в кроне, так и на нижних, уже сухих веточках.

Раньше (до 2010 г.) находки видов рода *Bryoria* в области были немногочисленны, что создавало впечатление о редкости этих лишайников. Изменение представлений о числе и встречаемости кустистых эпифитных лишайников изменилось, в частности, с широким распространением короледа-типографа в Подмосковье: появилась возможность собирать их талломы с крон многочисленных упавших поврежденных деревьев и оценить реальное обилие. В настоящее время большие группы елей, пораженные короеледом-типографом, массово выпали из древостоя, значительная часть еловых лесов из-за этого пройдена санитарными рубками, даже в пределах ООПТ, что привело к резкому снижению числа этих охраняемых видов.

В одном и том же местообитании один вид бриории может расти сразу на двух–трех древесных породах, например, на подросте ели, сосны и березы по краю верхового болота. В старовозрастных (около 160 лет) Тюрмеровских посадках у с. Поречье виды рода *Bryoria* развиваются на лиственнице и пихте. В светлых сырых и заболоченных лесах бриории встречаются на иве козьей, особенно бриории буроватая и волосовидная. Бриории отмечены местами также на липе и рябине [Толпышева и др., 2017]. Небольшие и средние по размеру талломы бриории буроватой бывают обильны на стволах берез, растущих по краям полей, на склонах долин рек, вдоль некоторых идущих через лес шоссе.

Выводы:

– в Московской области к 2020 г. известно восемь видов рода *Bryoria*, обитающих в основном на ветвях елей, реже – на стволах и ветвях березы и ивы козьей;

– впервые для Московской области проведено сеточное картографирование с учетом всех находок видов бриорий за последнее десятилетие;

– подавляющее число находок наиболее редких видов бриорий приурочено к северо-западной и западной частям области, где эти виды предпочитают сырые и заболоченные старовозрастные еловые леса и старые лесокультуры ели, а также окраины переходных и верховых лесных болот. В этих типах местообитаний талломы лишайников имеют максимальные для области размеры (до 25 см), встречаются часто, группами из двух–трех видов, и весьма обильны, что свидетельствует о благоприятной экологической обстановке в данной части МО;

– максимальное видовое разнообразие бриорий отмечено в г. о. Можайском, Клину, Рузском и Лотошино, где отсутствуют крупные загрязняющие производства, а по данным экомониторинга

загрязнение воздуха минимально. Наиболее редкими видами рода *Bryoria* в МО являются *B. nadvornikiana*, *B. osteola*, *B. simplicior*, *B. vrangiana* и *B. fremontii*.

Таким образом, нормальное (крупные размеры талломов, наличие органов размножения, высокая встречаемость) развитие видов рода *Bryoria* в МО возможно только при наличии комплекса факторов: соответствующих микроклиматических условий, в первую очередь влажности и чистоты атмосферного воздуха, определенных типов растительных сообществ, охраны старовозрастных еловых лесов.

Важно провести комплекс работ по оценке разных видов лишайников рода Бриория как индикаторов загрязнения атмосферного воздуха в разных частях области.

Необходимо переопределение сборов лишайников вида *Bryoria implexa* с помощью биохимического анализа и продолжение поисков наиболее редких видов бриорий в г. о. Талдомском, Дмитровском, Волоколамском, Сергиево-Посадском и Солнечногорском, где имеются вполне подходящие условия для развития эпифитной лишайнобиоты.

Благодарности. Авторы выражают искреннюю благодарность ПФ «Верховье» за предоставленные материалы, докт. биол. н. Т.Ю. Толпышевой (биологический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова), докт. биол. н. Е.Э. Мучник (ИЛАН РАН) и канд. биол. н. И.Н. Урбанавичене (БИН РАН) за помощь в определении образцов сложных таксонов. Благодарим коллектив сотрудников Лаборатории лишайнологии и бриологии БИН РАН за предоставленную возможность работы в гербарии LE-L.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Анненская Г.Н., Жучкова В.К., Калинина В.Р., Мамай И.И., Низовцев В.А., Хрусталева М.А., Цесельчук Ю.Н. Ландшафты Московской области и их современное состояние. Смоленск: СГУ, 1997. 296 с.
- Голубкова Н.С. Определитель лишайников России. Вып. 6. СПб, 1996. С. 18–32.
- Голубкова Н.С. Определитель лишайников Средней полосы Европейской части СССР. М.-Л.: Наука, 1966. 256 с.
- Голубкова Н.С. Флора лишайников Московской области: дис. ... канд. биол. наук. Л.: БИН АН СССР, 1962. 102 с.
- Горшков В.В. Влияние атмосферного загрязнения окислами серы на эпифитный лишайниковый покров северотаежных лесов // Лесные экосистемы и атмосферное загрязнение. Л.: Наука, 1990. С. 144–159.
- Еленкин А.А. Флора лишайников Средней России. Ч. 1. Юрьев: Типография К. Маттисена, 1906. 184 с.
- Инсаров Г.Э., Мучник Е.Э., Инсарова И.Д. Эпифитные лишайники в условиях загрязнения атмосферы Москвы: методология долговременного мониторинга // Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. Т. 23. М.: ИГКЭ, 2010. С. 277–296.
- Красная книга Московской области (изд. 2-е, доп. и перераб.) / Отв. ред. Т.И. Варлыгина, В.А. Зубакин, Н.А. Соболев. М.: Тов. научных изданий КМК, 2008. 828 с.
- Красная книга Московской области (изд. 3-е доп. и перераб.) / Отв. ред. Варлыгина Т.И., Зубакин В.А., Никитский Н.Б., Свиридов А.В. М.О.: ПФ «Верховье», 2018. 810 с.
- Красная книга Российской Федерации (Растения и грибы). М.: Тов. научных изданий КМК, 2008. 855 с.
- Мучник Е.Э., Благоевская Е.Ю. Материалы к изучению лишайнобиоты заказника «Звенигородская биостанция МГУ и карьер “Сима”» (Московская область) // Вестник Тульского гос. ун-та. Тула: Изд-во ТулГУ, 2019. С. 208–216.
- Мучник Е.Э., Инсарова И.Д., Казакова М.В. Учебный определитель лишайников Средней России: учебно-методическое пособие. Ряз. Гос. ун-т им. С.А. Есенина. Рязань, 2011. 360 с.
- Мячкова Н.А., Сорокина В.Н. Климат Московской области. М.: Изд-во МГУ, 1991. 52 с.
- Нотов А.А. Национальный парк «Завидово». Сосудистые растения, мохообразные, лишайники / Отв. ред. В.И. Фертиков. Фед. служба охраны РФ, Гос. комплекс «Завидово», Твер. гос. ун-т. М.: Деловой мир, 2010. 367 с.
- Нотов А.А., Нотов В.А., Фертиков В.И. О распространении некоторых редких и охраняемых видов лишайников в Московской части национального парка «Завидово» // Вестн. Твер. гос. ун-та. Сер. Биология и экология. 2018. № 1. С. 138–150.
- Огуреева Г.Н., Микляева И.М., Сулова Е.Г., Швергунова Л.В. Растительность Московской области. Карта растительности. Масштаб 1:200 000. Пояснительный текст и легенда к карте. М.: ЭКОР, 1996. 45 с.
- Петров В.В. Новая схема геоботанического районирования Московской области // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 6. Биология, почвоведение. 1968. № 5. С. 44–50.
- Пчёлкин А.В. Распространение эпифитных лишайников в Приокско-Террасном заповеднике // Экосистемы Приокско-Террасного биосферного заповедника. Пушкино: Биопресс, 2005. С. 91–94.
- Тарасова В.Н. Структура и динамика мохово-лишайникового покрова в среднетаежных лесах северо-запада ев-

ропейской части России: автореф. ... докт. биол. наук. СПб, 2017. 46 с.

Толтышева Т.Ю., Сулова Е.Г., Румянцев В.Ю. Виды рода *Bryoria* особо охраняемых природных территорий Московской области // Труды карельского научного центра РАН. Карельский научный центр РАН. Петрозаводск, 2017. № 4. С. 72–80.

Чернядьева И.В. (ред.), Коткова В.М., Землянская И.В., Новожилов Ю.К., Власенко А.В., Власенко В.А., Благовещенская Е.Ю., Георгиева М.Л., Нотов А.А., Гимельбрант Д.Е., Мучник Е.Э., Урбанавичене И.Н., Аристархова Е.А., Бочарников М.В., Исмаилов А.Б. Новые находки водорослей, грибов, лишайников и мохообразных // Новости систематики низших растений. 2018. Вып. 52(1). С. 209–223.

Boluda C.G., Rico V.J., Divakar P.K., Nadyeina O., Myllys L., McMullin R.T., Zamora J.C., Scheidegger C., Hawksworth D.L. Evaluating methodologies for species delimitation: the mismatch between phenotypes and genotypes in lichenized fungi (*Bryoria* sect. *Implexae*, *Parmeliaceae*). *Persoonia*, 2019, vol. 42, p. 75–100.

Dobson F.S. Lichens. An illustrated guide to the British and Irish species. England, 2011, 496 p.

Karström M. The project One step ahead – a presentation. *Svensk Bot. Tidskr.*, 1992, vol. 86, no. 3, p. 103–114.

Myllys L., Velmala S., Holien H. *Bryoria. Nordic Lichen Flora*, vol. 4, *Parmeliaceae*. Thell A., Moberg R. (Eds.), 2011, p. 26–36.

Rose F. Lichenological indicators of age and environmental continuity in woodland. *Lichenology: Progress and problems*, London, New York: Acad. Press, 1976, vol. 8, p. 279–307.

Velmala S., Myllys L., Goward T., Holien H., Halonen P. Taxonomy of *Bryoria* section *Implexae* (*Parmeliaceae*,

Lecanoromycetes) in North America and Europe, based on chemical, morphological and molecular data. *Annales Botanici Fennici*, 2014, vol. 51, no. 6, p. 345–371.

Wirth V. Zeigewerte von Flechten. *Scripta Geobotanica*, 1991, Bd. 18, p. 215–237.

Электронные ресурсы

Бязров Л.Г. Видовой состав лишайнобиоты Московской области. Версия 2. 2009. URL: http://www.sevin.ru/laboratories/biazrov_msk.html (дата обращения 01.03.2020).

Подмосковье сегодня / Ежедневные новости: инфо-портал. ГАУ МО «Издательский дом «Подмосковье». URL: <https://mosregtoday.ru/archive> (дата обращения 01.03.2020).

Сулова Е.Г. Леса Московской области // Экосистемы: экология и динамика. 2018. Т. 3. № 1. С. 119–190. [Электронный журнал]. URL: <http://www.ecosystemsdynamic.ru> (дата обращения 01.03.2020).

Сулова Е.Г., Толтышева Т.Ю., Русанов А.В., Румянцев В.Ю. Современное распространение некоторых редких и охраняемых лишайников в Московской области // Экосистемы: экология и динамика. 2017. Том 1. № 1. С. 93–118. [Электронный журнал] URL: <http://www.ecosystemsdynamic.ru> (дата обращения 01.03.2020).

Экологические карты Москвы и Подмосковья. Портал-справочник «MWMoskva.ru». URL: <https://mwmoskva.ru/ekologicheskaya-karta-moskvy.html> (дата обращения: 02.03.2020).

The World Air Quality Index project. Real-time monitoring. URL: <https://aqicn.org/city/moscow/> (дата обращения 01.03.2020).

Поступила в редакцию 04.03.2020

После доработки 06.06.2020

Принята к публикации 06.07.2020

Е.А. Aristarkhova¹, Е.Г. Suslova²,
S.M. Shadchinov³

DIVERSITY AND DISTRIBUTION OF BRYORIA SPECIES IN THE MOSCOW REGION

The analysis of thematic literature and herbariums of fruticose epigenous lichens of *Bryoria* genus from 186 points in the Moscow region showed that currently eight *Bryoria* species range in the Moscow region, mostly on spruce (*Picea abies*) branches, and sometimes on *Betula pendula* and *Salix caprea*. Healthy growth of *Bryoria* lichens in the region is only possible under a combination of microclimate and habitat factors, i. e. sufficiently high air humidity in the surface layer, minimum air pollution, absence of harmful pollutants and high PPM concentrations, particular types of plant community, preservation of old-growth forests, and suitable phorophyte, or tree species, as a substrate.

Schemes in the article demonstrate locations with maximum numbers of *Bryoria* species finds per 100 km², as well as individual finds of the genus species within the study area. The maximum *Bryoria* diversity is in Mozhaysk, Klin, Ruza and Lotoshino districts. There are no large polluters there, and the air quality is high according to environment monitoring data, with the lowest levels of pollutants and dust particles. *Bryoria vrangiana*, *B. nadvornikiana*, *B. osteola* and *B. simplicior* are the rarest species of *Bryoria* in the Moscow region.

Bryoria species, especially the rarest ones, concentrate in the northwestern and northern parts of the region. The lichens are ecologically associated with damp and swampy spruce and spruce with birch and aspen old-growth forests and forest plantations, and the edge parts of transitory and raised forest bogs. Lichen thalluses sometimes reach maximum size (25 cm) within these habitats and are often found in large groups of two to three species. This fact indicates a favorable environmental situation in this part of the Moscow region.

All discovered *Bryoria* species are in the Red Book of the Moscow region and require protection and further investigation.

¹ Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Biogeography Department, PhD student; e-mail: kattariss@yandex.ru

² Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Biogeography Department, Associate Professor, PhD in Geography; e-mail: lena_susl@mail.ru

³ Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Department of Physical Geography and Landscape Science, PhD student; e-mail: shadchinov@yandex.ru

Key words: epigenous lichens, *Bryoria* species diversity, schematic maps, protection

Acknowledgments. The authors are sincerely grateful to the Verhovye Foundation for provided data, to T.U. Tolpisheva, DSc. in Biology (Lomonosov Moscow State University, Faculty of Biology), E.E. Muchnik, DSc. in Biology (Institute of Forest Science of the Russian Academy of Sciences) and I.N. Urbanavichene, PhD. in Biology (Komarov Botanical Institute of the Russian Academy of Sciences) for the assistance in classifying complicated samples. We also thank the staff of the Laboratory of lichenology and bryology, Komarov Botanical Institute of the Russian Academy of Sciences, for the opportunity to work with the LE-L herbarium.

REFERENCES

- Annenskaya G.N., Zhuchkova V.K., Kalinina V.R., Mamaj I.I., Nizovtsev V.A., Khrustaleva M.A., Tsel'chuk Yu.N. Landshafty Moskovskoy oblasti i ih sovremennoe sostoyanie* [Landscapes of the Moscow region and their current state], Smolensk State University Publ., Smolensk, 1997, p. 296. (In Russian)
- Boluda C.G., Rico V.J., Divakar P.K., Nadyeina O., Myllys L., McMullin R.T., Zamora J.C., Scheidegger C., Hawksworth D.L.* Evaluating methodologies for species delimitation: the mismatch between phenotypes and genotypes in lichenized fungi (*Bryoria* sect. *Implexae*, *Parmeliaceae*), *Persoonia* 42, 2019, p. 75–100.
- Chernyad'eva I.V. (Ed.), Kotkova V.M., Zemlyanskaya I.V., Novozhilov YU.K., Vlasenko A.V., Vlasenko V.A., Blagoveshchenskaya E.Yu., Georgieva M.L., Notov A.A., Gimel'brant D.E., Muchnik E.E., Urbanavichene I.N., Aristarkhova E.A., Bocharnikov M.V., Ismailov A.B.* Novye nahodki vodoroslej, gribov, lishajnikov i mohoobraznyh [New finds of algae, fungi, lichens and bryophytes], *Novosti sistematiki nizshih rastenij*, 2018, vol. 52(1), p. 209–223. (In Russian)
- Dobson F.S. Lichens.* An illustrated guide to the British and Irish species. England, 2011, 496 p.
- Elenkin A.A. Flora lishajnikov Srednej Rossii. Chast' 1.* [Lichen Flora of Central Russia. Part 1], Yur'ev: tipografiya K. Mattisena Publ., 1906, 184 p. (In Russian)
- Golubkova N.S. Flora lishajnikov Moskovskoy oblasti* [Lichen flora of the Moscow region], PhD Thesis in Biology, St Peterburg, Botanical institute of SSSR Academy Sciences, 1962, 102 p. (In Russian)
- Golubkova N.S. Opredelitel' lishajnikov Rossii* [Determinant of lichens in Russia], vol. 6, St. Petersburg, 1996, p. 18–32. (In Russian)
- Golubkova N.S. Opredelitel' lishajnikov Srednej polosy Evropejskoj chasti SSSR* [Determinant of lichens in the Middle zone of the European part of the USSR]. Moscow–Leningrad, Nauka Publ., 1966, p. 256. (in Russian)
- Gorshkov V.V.* [Influence of atmospheric pollution with sulfur oxides on epiphytic lichen cover of Northern taiga forests], *Lesnye ekosistemy i atmosfernoje zagryaznenie* [Forest ecosystems and atmospheric pollution], St. Petersburg, Nauka Publ., 1990, p. 144–159. (In Russian)
- Inсарov G.E., Muchnik E.E., Insarova I.D.* [Epiphytic lichens under air pollution in Moscow: methodology for long-term monitoring], *Problemy ekologicheskogo monitoringa i modelirovaniya ekosistem* [Problems of environment monitoring and ecosystem modeling], vol. 23, Moscow, Yu.A. Izrael Institute of Global Climate and Ecology Publ., 2010, p. 277–296. (In Russian)
- Karstrom M.* The project One step ahead – a presentation, *Svensk Bot. Tidskr.* 1992, vol. 86, no. 3, p. 103–114.
- Krasnaya kniga Moskovskoy oblasti (izd. 2-e, dopoln. i pererabot.)* [Red book of the Moscow region (2nd edition, updated and revised)], T.I. Varlygina, V.A. Zubakin, N.A. Sobolev (Eds.), Moscow, Tov. nauchnyh izdanij KMK Publ., 2008, 828 p. (In Russian)
- Krasnaya kniga Moskovskoy oblasti (izd. 3-e dopoln. i pererabot.)* [Red book of the Moscow region (3rd edition, updated and revised)], T.I. Varlygina, V.A. Zubakin, N.B. Nikitskij, A.V. Sviridov, Moscow region, Verhov'e Publ., 2018, 810 p. (In Russian)
- Krasnaya kniga Rossijskoj Federacii (Rasteniya i griby)* [Red Book of the Russian Federation (Plants and fungi)], Moscow, Tov. nauchnyh izdanij KMK Publ., 2008, 855 p. (In Russian)
- Muchnik E.E., Blagoveshchenskaya E.Yu.* Materialy k izucheniyu lichenobioty zakaznika «Zvenigorodskaya biostanciya MGU i kar'er «Sima» (Moskovskaya oblast') [Materials to the study of lichens of the reserve Zvenigorod biostation of MSU and quarries «Sima» (Moscow Region)], *Vestn. Tul'sk. gos. un-ta*, Tula St. Univ. Publ., 2019, p. 208–216. (In Russian)
- Muchnik E.E., Insarova I.D., Kazakova M.V.* Uchebnyj opredelitel' lishajnikov Srednej Rossii: uchebno-metodicheskoe posobie [Training key to lichens of Central Russia: educational and methodological guide], S.A. Esenin Ryazan' St. Univ. Publ., Ryazan', 2011, 360 s. (In Russian)
- Myachkova N.A., Sorokina V.N. Klimat Moskovskoy oblasti* [Climate of the Moscow region], Moscow, Moscow St. Univ. Publ., 1991, 52 p. (In Russian)
- Myllys L., Velmala S., Holien H.* *Bryoria // Nordic Lichen Flora*, vol. 4. *Parmeliaceae*, Thell A., Moberg R. (Eds.), 2011, p. 26–36.
- Notov A.A. Nacional'nyj park «Zavidovo». Sosudistye rasteniya, mohoobraznye, lishajniki* [National Park «Zavidovo». Vascular plants, bryophytes, lichens]. V.I. Fertikov (Ed.), Feder. sluzhba ohrany Ros. Federacii, Gos. kompleks «Zavidovo», Tver' St. Univ., Moscow, Delovoj mir Publ., 2010, 367 p. (In Russian)
- Notov A.A., Notov V.A., Fertikov V.I.* O rasprostranenii nekotoryh redkih i ohranyaemyh vidov lishajnikov v Moskovskoj chasti nacional'nogo parka «Zavidovo» [About the distribution of some rare and protected species of lichens in the Moscow part of the Zavidovo National Park], *Vestn. Tver' gos. un-ta, Ser. «Biologiya i ekologiya»*, 2018, no. 1, p. 138–150. (In Russian)
- Ogureeva G.N., Miklyaeva I.M., Suslova E.G., Shvergunova L.V. Rastitel'nost' Moskovskoy oblasti. Karta rastitel'nosti. Masshtab 1:200 000. Poyasnitel'nyj tekst i legenda k karte* [Vegetation of the Moscow region. Vegetation map. Scale 1:200 000. Explanatory text and legend for the map], Moscow, EKOR, 1996, 45 p. (In Russian)
- Pchylolkin A.V.* [Distribution of epiphytic lichens in the Prioksko-Terrasny Reserve], *Ekosistemy Prioksko-Terrasnogo biosfernogo zapovednika* [Ecosystems of the Prioksko-Terrasny Reserve]. Pushchino, «Biopress» Publ., 2005, p. 91–94. (In Russian)
- Petrov V.V.* Novaya skhema geobotanicheskogo rajonirovaniya Moskovskoy oblasti [New scheme for geobotanical zoning of the Moscow region], *Vestn. Mosk. un-ta, Ser. 6, Biologiya, pochovedenie*, 1968, no. 5, p. 44–50. (In Russian)
- Rose F.* Lichenological indicators of age and environmental continuity in woodland, *Lichenology: Progress and problems*. London, New York: Acad. Press, 1976, vol. 8, p. 279–307.
- Tarasova V.N. Struktura i dinamika mohovo-lishajnikovogo pokrova v srednetazhnyh lesah severo-zapada evropejskoj chasti Rossii* [The structure and dynamics of moss-lichen cover in the

middle taiga forests of the north-west of the European part of Russia], Extended Abstract of PhD Thesis in Biology, St. Petersburg, 2017, 46 p. (In Russian)

Tolpysheva T.Yu., Suslova E.G., Rumyanov V.Yu. [Bryoria species within nature protection areas of the Moscow region], *Trudy Karelskogo nauchnogo tsentra RAN* [Proc. of the Karelian Scientific Center of RAS] Karelian Scientific Center Publ., Petrozavodsk, 2017, no. 4, p. 72–80. (In Russian)

Velmalä S., Myllys L., Goward T., Holien H., Halonen P. Taxonomy of Bryoria section Implexae (Parmeliaceae, Lecanoromycetes) in North America and Europe, based on chemical, morphological and molecular data. *Annales Botanici Fennici*, 2014, vol. 51, no. 6, p. 345–371.

Wirth V. Zeigewerte von Flechten, *Scripta Geobotanica*, 1991, Bd. 18, s. 215–237.

Web-sources

Byazrov L.G. Vidovoj sostav lihenobioty Moskovskoj oblasti [The species composition of Moscow region lichen biota], Version 2, 2009. (In Russian), URL: http://www.sevin.ru/laboratories/biazrov_msk.html (access date 01.03.2020).

Ekologicheskie karty Moskvy i Podmoskov'ya [Ecological maps of Moscow and Moscow region.], Portal-reference «MWMoskva.ru». (In Russian), URL: <https://mwmoskva.ru/ekologicheskaya-karta-moskvy.html> (access date 02.03.2020).

Podmoskov'e segodnya, info-portal [Info portal «Moscow region today»]. GAU MO «Izdatel'skij dom «Podmoskov'e». (In Russian), URL: <https://mosregtoday.ru/archive> (access date 01.03.2020).

Suslova E.G. Lesa Moskovskoj oblasti [Forests of the Moscow region], *Ekosistemy: ekologiya i dinamika*, 2018, vol. 3, no. 1, p. 119–190. (In Russian), URL: <http://www.ecosystemsdynamic.ru> (access date 01.03.2020).

Suslova E.G., Tolpysheva T.Yu., Rusanov A.V., Rumyanov V.Yu. Sovremennoe rasprostranenie nekotoryh redkih i ohranyaemyh lihajnikov v Moskovskoj oblasti [The current distribution of some rare and protected lichens in the Moscow region], *Ekosistemy: ekologiya i dinamika*, 2017, vol. 1, no. 1, p. 93–118. (In Russian), URL: <http://www.ecosystemsdynamic.ru> (access date 01.03.2020).

The World Air Quality Index project. Real-time monitoring. URL: <https://aqicn.org/city/moscow/> (access date_01.03.2020).

Received 04.03.2020

Revised 06.06.2020

Accepted 06.07.2020

УДК 598.2.9591.553(571.56)

А.А. Романов¹, Е.А. Коблик², Я.А. Редькин³, Р.В. Кожемякина⁴, В.О. Яковлев⁵, И.А. Мурашев⁶, И.Ю. Попов⁷**АВИФАУНА ОСТРОВА УРУП (БОЛЬШАЯ КУРИЛЬСКАЯ ГРЯДА)**

Проанализированы эколого-географические закономерности пространственной дифференциации фауны и населения птиц Урупа. Исследования проведены в 2019 г. в окрестностях бухты Новокурильской на северо-востоке Урупа и залива Щукина на полуострове Ван-дер-Линд в юго-западной части острова. Обследование велось методом маршрутного учета на трансектах неограниченной ширины на высотах 0–200 м над уровнем моря. Высока общность таксономической структуры и видового состава авифауны о. Уруп, где в 2019 г. зарегистрировано 90 видов птиц: 59 – на северо-восточной оконечности острова и 56 – на юго-западной. Коэффициент сходства локальных авифаун обследованных пунктов ($n=2$), полученный по формуле Серенсена – 68%. Повсеместно распространены 38% видов, локально – 41%, единичными очагами – 21%. Пребывание на о. Уруп 6 видов зарегистрировано впервые. Таксономическая структура авифауны Урупа, формируемая видами 12 отрядов, соответствует зональным и ландшафтным особенностям островных территорий, расположенных у восточных окраин Северной Евразии. По числу представленных видов преобладают характерные для бореального и гипоарктического поясов Палеарктики воробьеобразные (39%), ржанкообразные (29%), гусеобразные (10%). Зоогеографическая оригинальность местной авифауны обусловлена сочетанием элементов дальневосточного островного, пацифического, сибирского, китайского фаунистических комплексов, сибирско-американских и широко распространенных видов, а также японских островных эндемиков. Авифауна о. Уруп, формирующаяся в системе общих зонально-ландшафтных и высотно-поясных закономерностей, объединяет экологические группы морских и сухопутных, в т. ч. горных видов. Горную специфику авифауны Урупа определяют виды ($n=9$), экологически тесно связанные с сухопутными или водно-околоводными элементами альпийского ландшафта на всем пространстве своего ареала или значительной его части. Плотность населения птиц сухопутных местообитаний 323–609 ос./км², в среднем – 466 ос./км², на побережье и сопредельной морской акватории 774–2050 ос./км², в среднем – 1412 ос./км². Коэффициенты сходства населения птиц сухопутных местообитаний 20%, а прибрежно-морских – 17%.

Ключевые слова: авифауна, население, ареал, распространение, видовое разнообразие, Уруп, Курильские острова

Введение. Итоги представленных исследований лежат в сфере изучения географических аспектов пространственной организации островных фаунистических комплексов птиц и направлены на оценку биоразнообразия южной части Большой Курильской гряды на примере модельного региона – о. Уруп. Биота Курильских островов отличается разнообразием, что обеспечивается как сочетанием приморских и морских местообитаний, так и сухопутных (включающих внутренние водоемы и горы). При этом авифауна ряда Курильских островов, в том числе и Урупа, до сих пор изучена неудовлетворительно, а данные по населению сухопутных птиц почти отсутствуют [Воробьев, 1947; Нечаев, 1969, 2003; Нечаев, Гамова, 2009; Артюхин, 2009, 2015; Морские ключевые ..., 2016; Велижанин, 2018; Ушакова, 2017; Чупин, 2017]. Основная цель исследования – комплексный анализ авифауны Урупа в свете эколого-географических закономерностей ее форми-

рования. В соответствии с этим решали четыре основные задачи: 1 – определение видового состава и структуры авифауны; 2 – выявление основных параметров населения птиц (доминирующие по обилию виды, плотность, видовое богатство); 3 – установление пространственной дифференциации фауны и населения птиц; 4 – определение степени влияния авифаун крупных сопредельных островов (Сахалин, Хоккайдо) и более удаленных континентальных территорий Восточной Азии (п-ва Камчатки, материкового Дальнего Востока).

Материалы и методы исследования. Исследования на о. Уруп проведены в рамках комплексной экспедиции «Восточный бастион – Курильская гряда», организованной Министерством обороны Российской Федерации и Русским географическим обществом. С 29 августа по 15 сентября 2019 г. в общей сложности обследовано около 100 км²: окрестности бухты Новокурильской на северо-вос-

¹ Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет, кафедра биогеографии, профессор, докт. биол. н.; *e-mail:* putorana05@mail.ru

² Научно-исследовательский Зоологический музей МГУ имени М.В. Ломоносова, ст. науч. с., канд. биол. н.; *e-mail:* koblikea@rambler.ru

³ Научно-исследовательский Зоологический музей МГУ имени М.В. Ломоносова, ст. науч. с., канд. биол. н.; *e-mail:* yardo@mail.ru

⁴ Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет, кафедра биогеографии, студентка; *e-mail:* krimma18@mail.ru

⁵ Межрегиональная общественная организация «Русское общество сохранения и изучения птиц имени М.А. Мензбира», секретарь; *e-mail:* bird-yakovlev@yandex.ru

⁶ Научно-исследовательский Зоологический музей МГУ имени М.В. Ломоносова, зоолог; *e-mail:* ilyamurashv@gmail.com

⁷ Санкт-Петербургский государственный университет, биологический факультет, ст. науч. с., канд. биол. н.; *e-mail:* i.y.popov@spbu.ru

токе Урупа и залива Щукина на полуострове Вандер-Линд в юго-западной части острова. Суммарная протяженность пеших учетных маршрутов, проведенных на высотах 0–200 м над уровнем моря по методике Ю.С. Равкина [1967], составила 53 км (39 км – в сухопутных лесных и кустарниковых местообитаниях во внутренних частях острова; 14 км – на побережье и сопредельной морской акватории). Наблюдения за морскими птицами проведены с палубы судов вдоль охотоморского побережья Урупа, в том числе в бухтах Новокурильской и Натальи. Высоту местности определяли по приборам глобального позиционирования (GPS), а длину пройденных маршрутов – по крупномасштабным картам. Достоверность гнездования определяли в соответствии с критериями, рекомендованными Европейским комитетом по учету птиц [The EBCC Atlas, 1997], а также с учетом статуса пребывания видов на соседнем о. Итуруп [Нечаев, 1969, 2003; Нечаев, Гамова, 2009]. Сходство авифаун обследованных пунктов определялось по коэффициенту фаунистической общности Серенсена [Песенко, 1982; Чернов, 2008]. Для выявления отличий в населении птиц разных участков использован коэффициент сходства населения [Наумов, 1964]. Доминантами считали виды, доля которых в общей плотности населения более 10%, субдоминантами – 1–10%. Весьма многочисленными считались виды с обилием более 100 ос./км², многочисленными – 10–99 ос./км², обычными – 1–9 ос./км², редкими – менее 0,9 ос./км². Авифауна охарактеризована по типам фаун [Штегман, 1938; Кишинский, 1988; Коблик, 2001] с учетом широко распространенных видов, имеющих обширный ареал и неясный центр происхождения. В номенклатуре и при составлении списков птиц мы следовали Е.А. Коблику и В.А. Архипову [2014] с некоторыми дополнениями.

Физико-географическая характеристика района исследования. Остров Уруп расположен в южной части Большой Курильской дуги, протянувшейся более чем на 1000 км от южной оконечности Камчатки до северо-восточного побережья о. Хоккайдо [Атлас СССР, 1983]. Уруп – четвертый по величине в составе Курильской островной гряды. При протяженности с юго-запада на северо-восток на 117 км и максимальной ширине 18 км занимает площадь 1511 км². Имеет сложный контур береговой линии, расчлененной многочисленными заливами и мысами. От соседнего с юго-запада о. Итуруп отделен проливом Фриза шириной 39 км [Атлас Курильских островов, 2009]. С запада Уруп омывается водами Охотского моря, с востока – Тихим океаном. Горный рельеф острова сформирован хребтами вулканического происхождения с вершинами более 1000 м над уровнем моря. Вулкан Берга (980 м) является действующим [Гвоздецкий, Михайлов, 1987]. Климат Урупа типично океанический (влажный и прохладный). Годовая сумма осадков 600–1030 мм. Лето прохладное, дождливое, с частыми туманами и температурой воздуха не выше +20°C. Широко развита речная сеть [Раковская, Давыдова, 2001].

На Урупе выражена высотная поясность растительности [Карта «Зоны и типы ...», 1999; Баркалов, 2002, 2009]. Нижние части горных склонов опоясаны лесами (местами редкостойными) из березы каменной (Эрмана) (*Betula ermanii* Cham.). В пределах наиболее влажных участков береза мозаично чередуется с ольховником Максимова (*Duschekia maximowiczii* (Callier) Pouzar) или влажными лугами. Выше располагаются пояса кустарников и бамбука курильского (*Sasa kurilensis* (Rupr.) Makino & Shibata) [Гвоздецкий, Михайлов, 1987]. На северной части острова и на высоте более 200 м над уровнем моря растут шикша (*Empetrum sibiricum* var. *japonicum* (Siebold & Zucc. ex K. Koch) Tzvelev), голубика (*Vaccinium uliginosum* L.), жимолость голубая (*Lonicera caerulea* L.) с мхами и лишайниками. В оврагах, на поймах и в устьях рек, у подножья гор и утесов, на горных склонах формируются густые заросли высокотравья или бамбука курильского. Высокотравные луга, в сообществах которых преобладают таволга камчатская (*Filipendula camtschatica* (Pall.) Maxim.), крестовник конопелистный (*Senecio cannabifolius* Less.), недоселка (или какалия) мощная (*Cacalia robusta* Tolm.), чаще встречаются в оврагах и вдоль водотоков. Бамбук курильский на речных поймах обычен, как правило, по высоким прирусловым валам. В сфагновых болотах мхам сопутствуют пушица влагалищная (*Eriophorum vaginatum* L.), подбел обыкновенный (*Andromeda polifolia* L.), багульник болотный (*Ledum palustre* L.), клюква болотная (*Oxycoccus palustris* Pers.), повсеместно обильна сиверсия пятилепестная (*Sieversia pentapetala* (L.) Greene), а также несколько видов осок (*Carex* sp.). На менее увлажненных ровных поверхностях болотная растительность постепенно переходит в разнотравные луга. Вдоль всего побережья Урупа в 50–300 м от берега расположен пояс бурых водорослей из ламинарии (*Laminaria* sp.) и алярии (*Alaria* sp.) [Раковская, Давыдова, 2001; Баркалов, 2002, 2009].

Результаты исследования. На Урупе в 2019 г. зарегистрировано 90 видов птиц, в том числе 68 видов, встреченных нами также на о. Итуруп. В целом, с учетом сведений о залете египетской цапли (*Bubulcus ibis* (L.)) и бонинского тайфунника (*Pterodroma hypoleuca* (Salvin)) [Чупин, 2017], в районе Урупа известно пребывание 92 видов. В отношении правильности определения последнего нет абсолютной уверенности. Не исключено, что это мог быть пестрый тайфунник (*Pterodroma inexpectata* (J.R. Forster)), очень похожий на бонинского и значительно более обычный в этих местах [Артюхин, Бурканов, 1999].

Зарегистрированный на Урупе в 2019 г. комплекс видов ($n=90$) составляет 38% авифауны Южных Курильских островов и 40% авифауны Итурупа (табл. 1).

В процессе проведения маршрутных учетов территории Урупа отмечено 76 видов птиц. Остальные 14 видов наблюдались на открытой акватории Охотского моря на значительном удалении от берега.

Таблица 1

Число видов птиц, зарегистрированных на Курильских островах

Острова	Источники	Число видов
Южные Курильские острова	[Нечаев, 1969]	233
Остров Итуруп	[Нечаев, 2003]	217
Остров Уруп	[Чупин, 2017]	36
Остров Уруп	данные авторов 2019 г.	90
Остров Уруп	[Чупин, 2017]; данные авторов 2019 г.	92

Среди отмеченных в 2019 г. на Урупке птиц к гнездящимся и вероятно гнездящимся отнесены 46 видов (52%), к гнездящимся (вероятно гнездящимся) и наблюдавшимся при этом на кочевках или миграциях – 17 видов (19%), к кочующим или мигрирующим – 26 видов (28%), к залетным – 1 вид (1%).

Видовое богатство в обследованных пунктах ($n=2$) Урупки имеет почти одинаковое значение: на северо-восточной оконечности острова отмечено 59 видов, на юго-западной – 56. Показатель представленности общей авифауны всей обследованной территории острова в отдельных его пунктах – 75–79%.

Одновременно в обеих частях Урупки зарегистрировано 38 видов птиц, вероятно формирующих общее фаунистическое ядро: японский баклан (*Phalacrocorax capillatus* (Temminck et Schlegel)), берингов баклан (*Phalacrocorax pelagicus* Pallas), сапсан (*Falco peregrinus* Tunstall), черный коршун (*Milvus migrans* (Boddaert)), тихоокеанская (*Larus schistisagus* Stejneger) и серокрылая (*Larus glaucescens* J.F. Naumann) чайки, моевка (*Rissa tridactyla* (L.)), большая горлица (*Streptopelia orientalis* (Latham)), белопопый стриж (*Apus pacificus* (Latham)), большой пестрый дятел (*Dendrocopos major* (L.)), горная (*Motacilla cinerea* Tunstall) и камчатская (*Motacilla lugens* Gloger) трясогузки, японская завирушка (*Prunella rubida* (Temminck et Schlegel)), золотистый дрозд (*Turdus chrysolais* Temminck), японская зарянка (*Larvivora akahige* (Temminck)), соловей-красношейка (*Calliope calliope* (Pallas)), поползень (*Sitta europaea* L.), кедровка (*Nucifraga caryocatactes* (L.)), большеклювая ворона (*Corvus macrorhynchos* Wagler), маскированная (*Ocyris personatus* (Temminck)) и сизая (*Ocyris variabilis* (Temminck)) овсянки и другие.

Лишь в одном из двух обследованных пунктов о. Урупки зарегистрировано 37 видов птиц.

Целый ряд из них ($n=8$), гнездящихся на острове, экологически тесно связан с мозаично представленными в местном ландшафте прирусловыми (приречными) местообитаниями: бурая оляпка (*Cinclus pallasii* Temminck) – с каменистыми берегами горных водотоков, крапивник (*Troglodytes troglodytes* (L.)) и охотский сверчок (*Locustella ochotensis* (Middendorff)) – с густыми прирусловыми зарослями, синехвостка (*Tarsiger cyanurus*

(Pallas)), пеночка-таловка (*Phylloscopus borealis* (J.H. Blasius)), чиж (*Spinus spinus* (L.)), урагус (*Uragus sibiricus* (Pallas)), краснощекий снегирь (*Pyrrhula griseiventris* Lafresnaye) – с пойменными лесами. Несомненно, распространение указанных видов на Урупке не ограничивается долиной р. Быстрой в окрестностях Новокурильской бухты, где они зарегистрированы в 2019 г. При этом, вероятно, повышенная требовательность к экологическим параметрам предпочитаемых местообитаний, в частности характер господствующей растительности, предопределяет в целом локальное распространение перечисленных видов в условиях внутренних частей острова. Вероятно, еще более фрагментарно распространен шур (*Pinicola enucleator* (L.)), зарегистрированный не только нами, но и И.И. Чупиным [2017], лишь на водораздельных вершинах некоторых сопок (200 м над уровнем моря) на полуострове Ван-дер-Линд. Его пребывание здесь обусловлено развитием обширных густых зарослей кедрового стланика, с которым шур экологически неразрывно связан. Характер распространения шура на Урупке в определенной мере аналогичен его высотнo-ландшафтнoй приуроченности к подгольцовому поясу в горах Северо-Восточной Азии [Кишинский, 1988; Коблик, 2001; Романов и др., 2019].

Некоторые кочующие и мигрирующие виды ($n=13$) из группы водно-околоводных птиц были встречены в 2019 г. только в заливе Щукина на юго-западе Урупки. Здесь береговая линия и прибрежная акватория экологически исключительно разнообразны и включают широкий спектр оптимальных биотопов для кормления и отдыха серой цапли (*Ardea cinerea* L.), серошейкой поганки (*Podiceps grisegena* (Boddaert)), широконоски (*Anas clypeata* L.), монгольского зуйка (*Charadrius mongolus* Pallas), фифи (*Tringa glareola* L.), песочника-красношейки (*Calidris ruficollis* (Pallas)), белохвостого песочника (*Calidris temminckii* (Leisler)), чернохвостой (*Larus crassirostris* Vieillot) и восточно-сибирской (*Larus vegae* Palmén) чаек. Другие водно-околоводные виды, такие как каменуха (*Histrionicus histrionicus* (L.)), японский и берингов бакланы, распространенные вдоль побережья всей обследованной территории Урупки более широко, в заливе Щукина достигают максимального обилия. Здесь же в августе 2016 г. была зарегистрирована египетская цапля [Чупин, 2017].

Коэффициент взаимной общности локальных авифаун обследованных районов ($n=2$) составляет 68%, что свидетельствует об однородности авифауны всего острова. Вероятно, это предопределено возможностью почти беспрепятственного заселения видами различных частей о. Уруп со сходными экологическими условиями. В условиях мозаичного сочетания элементов ландшафта с господством лесных, кустарниковых, травянистых растительных ассоциаций и сопряженности их горных и равнинных аналогов подавляющее большинство видов птиц освоило их повсеместно, так как не имело непреодолимых преград, препятствующих расселению.

Среди птиц, отмеченных на маршрутных учетах ($n=76$), по характеру пространственного распределения в пределах населяемых местообитаний различаются виды, распространенные повсеместно ($n=29$, 38%), локально ($n=31$, 41%) и точечно ($n=16$, 21%).

В 2019 г. нами зарегистрирован ряд видов ($n=6$), статус пребывания и характер географического распространения которых в южной части Курильской островной дуги до сих пор были не вполне ясны. На Уруп за пределами известных границ своего распространения впервые встречено 6 видов птиц (7% всех зарегистрированных видов). Вероятно, гнездящиеся японский бекас (*Gallinago hardwickii* (J.E. Gray)) и чиж впервые обнаружены нами на Уруп в 40 км от ближайших известных мест гнездования на о. Итуруп, и в 500 км – на Сахалине [Нечаев, 1991, 2003; Нечаев, Гамова, 2009]. Для этих видов Уруп – островной фрагмент гнездового ареала, его восточный форпост, лежащий за пределами области их основного расселения на территории материковой Азии, о. Сахалина и о. Хоккайдо. Дальневосточный кроншнеп (*Numenius madagascariensis* (L.)), озерная чайка (*Larus ridibundus* L.), пятнистый конек (*Anthus hodgsoni* Richmond) впервые встречены на Уруп на осенней миграции. Впервые для Урупа и всех Курильских о-вов в целом зарегистрирована встреча амурского свиристеля (*Bombycilla japonica* (P.F. Siebold)): птица со следами ювенильного наряда сфотографирована 8 сентября 2019 г. у устья р. Быстрой. Предполагаем, что это залет на осенних кочевках. Несмотря на поиски, в подходящих биотопах Урупа не встречены обычные, а порой даже многочисленные в таких же биотопах о. Итуруп, восточная синица (*Parus minor* Temminck et Schlegel), ополовник (*Aegithalos caudatus* L.), малый острокрылый дятел (*Yungipicus kizuki* (Temminck)), ширококлювая мухоловка (*Muscicapa dauurica* Pallas), пищуха (*Certhia familiaris* L.), восточный черноголовый чекан (*Saxicola stejnegeri* Parrot).

Установлено, что плотность населения птиц поселгнездового периода в обследованных пунктах ($n=2$) о. Уруп варьирует в пределах 323–2050 ос./км², составляя в среднем 939 ос./км². Плотность населения птиц на побережье и сопредельной морской акватории (774–2050, в среднем – 1412 ос./км²) в 2–3 раза превышает соответствующие показатели в

сухопутных лесных и кустарниковых местообитаниях (323–609, в среднем – 466 ос./км²). Последние вполне сопоставимы с плотностью населения птиц лесных биотопов (888 ос./км² в долинных лиственных лесах; 274 ос./км² в дубняках) Южного Сихотэ-Алиня [Харченко, 2015] и существенно превышают средние показатели плотности населения, например, ольхово-ивовых пойменных лесов (171–199 ос./км²) Центрального Сахалина [Глущенко и др., 2010].

Коэффициенты сходства населения птиц, обследованных в 2019 г. сухопутных лесных и кустарниковых местообитаний Урупа ($n=2$), составили 20%, а побережья и сопредельной морской акватории – 17%.

Максимальные плотности населения птиц в сухопутных биотопах зарегистрированы в окрестностях бухты Новокурильской на северо-востоке Урупа (609 ос./км²), а в прибрежно-морских местообитаниях – в заливе Щукина на юго-западной его оконечности (2050 ос./км²). Максимальные плотности населения птиц, зарегистрированные в указанных пунктах, обусловлены высоким разнообразием экологических условий и, как следствие, весьма широким спектром местообитаний для большого числа самых разных видов птиц, в том числе лесных, кустарниково-опушечных, луговых, петрофильных, связанных с внутренними водоемами и морской акваторией. Кроме этого обилие некоторых видов, широко распространенных на Уруп, достигает в этих пунктах максимальных значений. Например, установлено, что обилие черного коршуна, большой горлицы, большого пестрого дятла, горной трясогузки, японской зарянки, черноголовой гаички (*Poecile palustris* (L.)), поползня в лесных и кустарниковых биотопах у бухты Новокурильской составляет 25,0, 15,5, 11,5, 19,3, 7,8, 58,1, 14,1 ос./км², а в аналогичных местообитаниях у залива Щукина не превышает 2,7, 1,7, 6,0, 1,7, 1,7, 31,7, 11,7 ос./км² соответственно. В противоположность этому обилие камешки, японского и беринговья бакланов на побережье и сопредельной морской акватории залива Щукина составляет 594,0, 2,3, 11,1 ос./км², а в аналогичных местообитаниях бухты Новокурильской не превышает 9,5, 0,7, 2,5 ос./км² соответственно. Важно, что аналогичная закономерность выявлена также и для некоторых исключительно сухопутных птиц, широко распространенных на Уруп, но также демонстрировавших максимальное обилие в береговой полосе залива Щукина. Камчатская трясогузка, соловей-красношейка, московка (*Periparus ater* (L.)) и маскированная овсянка концентрировались здесь в полосе густого высокотравья у основания высокого берегового склона, а кедровка и большеклювая ворона – вдоль верхней бровки высокого берегового обрыва, покрытого зарослями (высотой 1–1,5 м) каменно-березового криволесья, кедрового стланика, рябины бузинолистной, бамбука курильского и разнотравья.

В населении птиц всех обследованных сухопутных местообитаний в числе доминантов или субдоминантов повсеместно регистрировались 6 видов:

соловей-красношейка, черноголовая гаичка, поползень, большеклювая ворона, маскированная и сизая овсянки. В целом в населении птиц сухопутных местообитаний обследованных пунктов ($n=2$) численно доминируют 5 видов: в районе бухты Новокурильской – белопоясный стриж, пеночка-таловка; в районе п-ова Ван-дер-Линд – гольцовый конек (*Anthus rubescens* (Tunstall)), кедровка и сизая овсянка. Среди субдоминантов ($n=24$) наиболее многочисленны в районе бухты Новокурильской черный коршун, сибирский пепельный улит (*Heteroscelus brevipes* (Vieillot)), крапивник, большеклювая ворона и др.; в районе п-ова Ван-дер-Линд – китайская зеленушка (*Chloris sinica* (L.)), маскированная овсянка и др. Такие виды, как соловей-красношейка, московка и маскированная овсянка, также входят в число доминантов (субдоминантов) в пойменных листовых лесах Центрального Сахалина [Глушенко и др., 2010].

В населении птиц всех обследованных прибрежно-морских местообитаний в числе доминантов или субдоминантов повсеместно регистрировались 8 видов: каменушка, тихоокеанская чайка, серокрылая чайка, моевка, белопоясный стриж, гольцовый конек, камчатская трясогузка и соловей-красношейка. В целом в населении птиц прибрежно-морских местообитаний обследованных пунктов ($n=2$) численно доминируют 6 видов: в бухте Новокурильской – серокрылая чайка, моевка, белопоясный стриж и камчатская трясогузка; в заливе Щукина – каменушка, гольцовый конек, камчатская трясогузка. Среди субдоминантов ($n=14$) наиболее многочисленны в бухте Новокурильской тихоокеанская чайка, восточный воронок (*Delichon dasypus* (Bonaparte)) и полевой жаворонок (*Alauda arvensis* L.); в заливе Щукина – моевка, большеклювая ворона, маскированная овсянка и др.

На некоторых участках охотского побережья Урупа весьма многочисленные серокрылая чайка и моевка образовывали плотные или дисперсные скоп-

ления, а гольцовый конек и камчатская трясогузка – явно выраженные миграционные потоки.

Обсуждение. Таксономическая структура авифауны Урупа соответствует зональным и ландшафтными особенностям островных территорий Северной Пацифики, расположенных у восточных окраин Северной Евразии, в целом весьма сходна на северо-восточной и юго-западной оконечностях острова и включает в себя 12 отрядов (табл. 2).

По числу представленных видов преобладают характерные для бореального и гипоарктического поясов Палеарктики воробьеобразные (Passeriformes) (35 видов, 39%), ржанкообразные (Charadriiformes) (26 видов, 29%), гусеобразные (Anseriformes) (9 видов, 10%).

Южная часть Большой Курильской гряды, в том числе и о. Уруп, находятся на юго-восточной окраине Палеарктического фаунистического подцарства [Абдурахманов и др., 2014]. Поэтому закономерно, что в зоогеографическом отношении оригинальность местной авифауны состоит в сочетании элементов 11 типов фаун (табл. 3), среди которых по числу представленных видов наиболее значимы дальневосточный островной ($n=15$; 17%) и пацифический ($n=15$; 17%), а также широко распространенные виды ($n=26$; 29%).

Весьма специфичны дальневосточные островные виды, центр становления которых связан с Дальним Востоком, а современный ареал частично или полностью (в разных комбинациях) охватывает п-ов Камчатку, о. Сахалин, Курильские и Японские о-ва. Среди них выделяются следующие четыре группы. Охотские виды (тихоокеанская чайка, очковый чистик (*Cephus carbo* Pallas), белоплечий орлан (*Haliaeetus pelagicus* (Pallas)), сахалинский (*Locustella amnicola* Stepanyan) и охотский сверчки и камчатская трясогузка) распространены преимущественно вокруг Охотского моря – на Хоккайдо, Сахалине, Курильских о-вах, иногда на п-ове Камчатка, местами на материковом побережье. Японс-

Таблица 2

Таксономическая структура авифауны о. Уруп

Отряды	Всего острова в целом		Внутренних частей острова		Побережья и сопредельной акватории	
	Число видов	%	Число видов	%	Число видов	%
Гусеобразные	9	10,0	1	2,0	9	17,0
Буревестникообразные	6	7,0	0	–	6	11,0
Пеликанообразные	3	3,4	0	–	3	5,0
Аистообразные	1	1,0	0	–	1	2,0
Поганкообразные	1	1,0	0	–	1	2,0
Соколообразные	5	5,6	5	11,0	5	9,0
Ржанкообразные	26	29,0	4	8,0	26	48,0
Голубеобразные	1	1,0	1	2,0	0	–
Кукушкообразные	1	1,0	1	2,0	0	–
Стрижобразные	1	1,0	1	2,0	1	2,0
Дятлообразные	1	1,0	1	2,0	0	–
Воробьеобразные	35	39,0	33	71,0	2	4,0
Всего	90	100	47	100	54	100

кие виды (японский баклан, японский бекас, бамбуковая широкохвостка (*Horornis diphone* (Kittlitz)), японская зарянка и японская завирушка) населяют Японские о-ва, проникая на Курилы, о. Сахалин и Корейский п-ов. Охотско-японские виды (золотистый дрозд, краснощекий снегирь, маскированная и сизая овсянки) гнездятся в центральной и северной Японии, но не проникают далеко к югу и на Корейский п-ов; к северу распространены на большей части Сахалина и Курильских островов, иногда достигая Камчатки (сизая овсянка).

Пацифический комплекс представлен черноногим альбатросом (*Phoebastria nigripes* (Audubon)), темноспинным альбатросом (*Phoebastria immutabilis* (Rothschild)) и значительным числом видов ($n=11$), генетически более определенно связанных с Северной Пацификой: берингов баклан, краснолицый баклан (*Phalacrocorax urile* (J.F. Gmelin)), серокрылая чайка, большая конюга (*Aethia cristatella* (Pallas)), тупик-носорог (*Cerorhinca monocerata* (Pallas)), ипатка (*Fratercula corniculata* (J.F. Naumann)), топорок (*Lunda cirrhata* (Pallas)), тихоокеанский чистик (*Cephus Columba* Pallas), тонкоклювая кайра (*Uria aalge* (Pontoppidan)), длинноклювый пыжик (*Brachyramphus perdix* (Pallas)), сизая качурка (*Oceanodroma furcata* (J.F. Gmelin)). Детализация пацифического комплекса позволяет также выделить чернохвостую чайку, связанную с Северо-Западной Пацификой, и тонкоклювого буревестника (*Ardenna tenuirostris* (Temminck)), связанного с Южной Пацификой.

Менее значимы в авифауне Урупа представители сибирского (таежного) ($n=12$; 13%), китайского (дальневосточного широколиственно-лесного) ($n=8$; 9%) и арктического ($n=7$; 8%) типов фаун. Еще меньше на облик авифауны острова влияют сибирско-американские, американские, тибетские виды (см. табл. 3), и виды, происхождение которых связано с океанами Северного (глупыш (*Fulmarus glacialis* L.) или Южного (серый буревестник (*Ardenna grisea* (J.F. Gmelin))) полушария. Суммарная доля этих видов, в целом играющих второстепенную роль в местных сообществах птиц, не превышает 8%. При этом некоторые из них, например, сибирско-американский вид – каменушка – появляется в большом числе на море у берегов Урупа в период кочевков.

Авифауна острова формируется в системе общих зонально-ландшафтных и высотно-поясных закономерностей. Несмотря на относительно небольшие размеры, на Урупе формируется довольно пестрая ландшафтно-биотопическая мозаика, привлекающая птиц с существенно отличающимися требованиями к экологическим параметрам предпочитаемых местообитаний. Это предопределяет качественное разнообразие авифауны по сочетанию формирующих ее экологических групп: водно-околоводных видов внутренних водоемов ($n=20$; 22%), морских ($n=22$; 24%) и сухопутных ($n=48$; 54%). Горную специфику авифауны Урупа определяют виды ($n=9$; 10%), экологически тесно связанные с

Таблица 3

Соотношение фаунистических комплексов в авифауне о. Уруп

Тип фауны	Число видов	%
Арктический	7	8
Сибирский	12	13
Сибирско-американский	3	3
Американский	1	1
Тибетский	1	1
Китайский	8	9
Дальневосточный островной	15	17
Широко распространенные	26	29
Пацифический	15	17
Океанический Северного полушария	1	1
Океанический Южного полушария	1	1
Всего	90	100

сухопутными или водно-околоводными элементами альпийского ландшафта на всем пространстве своего ареала (каменушка, гольцовый конек) или значительной его части (монгольский зук, сибирский пепельный улит, белопопый стриж, горная трясогузка, бурая оляпка, синехвостка, соловей-красношейка). Открытые кормные акватории, окружающие Уруп, привлекают пролетные тундровые виды (круглоносый плавунчик (*Phalaropus lobatus* (L.)), плосконосый плавунчик (*Phalaropus fulicarius* (L.)) и значительное число морских и океанических видов птиц ($n=12$). В Охотском море на удалении 2–5 км от северо-западного побережья с 3 по 6 сентября 2019 г. зарегистрированы местами обычные черноногий и темноспинный альбатросы, глупыш, тонкоклювый буревестник, тонкоклювая кайра, топорок и значительное число более редкие обыкновенная гага (*Somateria mollissima* (L.)), серый буревестник, сизая качурка, курильский подвид тихоокеанского чистика (*Cephus columba snowi* Stejneger), длинноклювый пыжик и ипатка.

Видовое богатство авифауны побережья и сопредельной морской акватории ($n=54$) незначительно (13%) превышает соответствующий показатель ($n=47$) в лесных и кустарниковых зарослях внутренних частей острова. При этом существенны таксономические различия в структуре авифауны (см. табл. 2), отражающие экологическую специфику прибрежно-морских местообитаний, где наиболее значимы ржанкообразные (48%), гусеобразные (17%), буревестникообразные (Procellariiformes) (11%), и сухопутных биотопов, где наиболее значимы воробьеобразные (71%).

Выводы:

– получена, обобщена и проанализирована подробная оригинальная информация о современном видовом составе и характере ландшафтно-

экологического размещения птиц о. Уруп. Представлены ранее неизвестные данные, существенно расширяющие знания об авифауне одного из наименее изученных островов Большой Курильской гряды;

– установлено, что наряду со специализированными морскими птицами, связанными в основном с окружающими архипелаг акваториями, значительное число сухопутных и околоводных видов освоили внутриостровные и прибрежные местообитания, зачастую находя здесь широтные пределы своего распространения, образуя крупные скопления на послегнездовых кочевках или сезонных миграциях. Миграционные пути многих птиц связывают Курильские острова с Арктикой и тропическими регионами Юго-Восточной Азии;

– комплекс видов ($n=90$), зарегистрированный на Уруп и сопредельной акватории Охотского моря, составляет 40% от авифауны соседнего о. Итуруп, 38% авифауны Южных Курильских островов и формируется представителями 12 отрядов с преобладанием воробьеобразных (39%), ржанкообразных (29%), гусеобразных (10%). В авифауне Урупа гнездящиеся и вероятно гнездящиеся виды составляют 52%. За пределами известных границ своего распространения впервые встречено 6 видов птиц (7% всех зарегистрированных видов), в частности, амурский свиристель;

– структура авифауны Урупа соответствует ландшафтно-экологическим особенностям островных территорий восточных окраин Северной Евразии, а ее качественная однородность обусловлена повсеместным преобладанием представителей одних и тех же отрядов, фаунистических комплексов и экологических групп. Показатель представленности общей авифауны в отдельных пунктах острова – 75–79%. По числу видов ($n=56–59$) и качественному составу авифауны его северо-восточная и юго-западная оконечности весьма сходны. Общность структуры фауны птиц поддерживается повсеместно распространенными видами. Общее фаунистическое ядро гнездовой авифауны формируют 38 видов. Уровень фаунистической общности обследованных пунктов составляет 68%, что свидетельствует об однородности авифауны всего острова;

– по данным маршрутных учетов, на Уруп выявлены виды, распространенные повсеместно ($n=29$; 38%), локально ($n=31$; 41%) и точечно ($n=16$; 21%);

– зоогеографическая оригинальность местной авифауны обусловлена сочетанием элементов дальневосточного островного, пацифического, сибирского и китайского фаунистических комплексов, сибирско-американских и широко распространенных ви-

дов, а также японских островных эндемиков. Авифауна Урупа, формирующаяся в системе общих зонально-ландшафтных и высотно-поясных закономерностей, объединяет экологические группы морских и сухопутных, в т. ч. горных видов. Горную специфику авифауны острова определяют виды ($n=9$), экологически тесно связанные с сухопутными или водно-околоводными элементами альпийского ландшафта;

– плотность населения птиц послегнездового периода о. Уруп варьирует в пределах 323–2050 ос./км², составляя в среднем 939 ос./км². Средняя плотность населения птиц на побережье и сопредельной морской акватории (1412 ос./км²) значительно превышает соответствующий показатель в сухопутных лесных и кустарниковых местообитаниях (466 ос./км²). Коэффициенты сходства населения птиц сухопутных лесных и кустарниковых местообитаний – 20%, побережья и сопредельной морской акватории – 17%. Показатели сходства населения птиц заметно ниже уровня сходства авифаун;

– среди доминантов ($n=5$) в населении птиц сухопутных местообитаний – белопоясный стрижен, пичока-таловка, гольцовый конек, кедровка, сизая овсянка. Среди доминантов ($n=6$) в населении птиц прибрежно-морских местообитаний – серокрылая чайка, моевка, белопоясный стрижен, камешушка, гольцовый конек и камчатская трясогузка. На открытых морских акваториях местами обычны черноногий и темноспинный альбатросы, глупыш, тонкоклювый буревестник и тонкоклювая кайра;

– фаунистический список птиц о. Уруп на данном этапе далеко не исчерпан. Предыдущими исследователями для этого острова указывался еще целый ряд гнездящихся видов птиц, проникавших на этот остров, несомненно, с юга, с соседнего Итурупа (Yamashina, 1931; Bergman, 1935; Гизенко, 1955; Нечаев, 2005). В числе «южных» видов, неотмеченных нами, ранее для Урупа приводились малый острокрылый дятел, восточная синица, ополовник, ширококлювая мухоловка, пищуха, береговушка (*Riparia riparia* (L.)), пятнистый сверчок (*Locustella lanceolata* (Temminck)) и полевой воробей (*Passer montanus* (L.)). Обнаружение их в прошлом, возможно, было связано с естественной пульсацией ареала этих видов, следствием которой могло стать периодическое размножение на острове с полным последующим исчезновением. Однако не исключено, что некоторые из них были пропущены нами из-за очень короткого периода работы на Уруп, пришедшегося на осеннее время.

Благодарности. Подготовка публикации поддержана грантом МГУ имени М.В. Ломоносова для поддержки ведущих научных школ МГУ «Депозитарий живых систем Московского университета» в рамках Программы развития МГУ. Авторы благодарны Министерству обороны Российской Федерации и Русскому географическому обществу за организацию экспедиции.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Абдурахманов Г.М., Мяло Е.Г., Огуреева Г.Н.* Биогеография: учебник для студентов учреждений высшего образования. М.: Академия, 2014. 448 с.
- Артюхин Ю.Б.* Заметки о птицах Курильских островов // Рус. орнитол. журн. Т. 18. Экспресс-выпуск № 501. 2009. С. 1315–1318.
- Артюхин Ю.Б.* К авифауне Курильских островов // Рус. орнитол. журн. Т. 24. Экспресс-выпуск № 1152. 2015. С. 2033–2037.
- Артюхин Ю.Б., Бурканов В.Н.* Морские птицы и млекопитающие Дальнего Востока России: полевой определитель. М.: Изд-во АСТ, 1999. 224 с.
- Атлас Курильских островов / Российская академия наук. Институт географии РАН. Тихоокеанский институт географии ДВО РАН. М.–Владивосток: ИПЦ «ДИК», 2009. 516 с.
- Атлас СССР. М.: ГУГК, 1983. 263 с.
- Баркалов В.Ю.* Очерк растительности // Растительный и животный мир Курильских островов. Владивосток: Дальнаука, 2002. С. 35–66.
- Баркалов В.Ю.* Флора Курильских островов. Владивосток: Дальнаука, 2009. 468 с.
- Велижанин А.Г.* О некоторых редких и малоизвестных птицах Курильских островов // Рус. орнитол. журн. Т. 27. Экспресс-выпуск № 1659. 2018. С. 4179–4187.
- Воробьев К.А.* Материалы к орнитофауне Курильских островов // Докл. АН СССР. Нов. сер. 1947. Т. 57. № 4. С. 413–416.
- Гвоздецкий Н.А., Михайлов Н.И.* Физическая география СССР. Азия. М.: Мысль, 1987. 512 с.
- Гизенко А.И.* Птицы Сахалинской области. М.: Изд-во АН СССР, 1955. 328 с.
- Глуценко Ю.Н., Кальницкая И.Н., Коробов Д.В.* Население птиц бассейна нижнего течения р. Гастелловки (Центральный Сахалин) // Амурский зоологический журнал. 2010. № 4. С. 350–362.
- Карта «Зоны и типы поясности растительности России и сопредельных территорий» Масштаб 1:8 000 000 / Гл. редактор: Г.Н. Огуреева. Карта на 2 листах. Пояснительный текст и легенда к карте. М.: ТОО «ЭКОР», 1999.
- Кищинский А.А.* Орнитофауна северо-востока Азии. М.: Наука, 1988. 288 с.
- Коблик Е.А.* Разнообразие птиц (по материалам Зоологического музея МГУ). Ч. 1–4. М.: Изд-во МГУ, 2001.
- Коблик Е.А., Архипов В.Ю.* Фауна птиц стран Северной Евразии в границах бывшего СССР: списки видов. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2014. 171 с.
- Морские ключевые орнитологические территории Дальнего Востока России / Под ред. Ю.Б. Артюхина. М.: РосИП, 2016. 136 с.
- Наумов Р.Л.* Птицы в очагах клещевого энцефалита Красноярского края: автореф. дис. ... канд. биол. наук. М.: ИМ-ПитМ им. Е.И. Марциновского, 1964. 19 с.
- Нечаев В.А.* Обзор фауны птиц (Aves) Сахалинской области // Растительный и животный мир острова Сахалин (Материалы Международного сахалинского проекта). Ч. 2. Владивосток: Дальнаука, 2005. С. 246–327.
- Нечаев В.А.* Птицы Южных Курильских островов. Л.: Наука, 1969. 246 с.
- Нечаев В.А.* Птицы острова Сахалин. Владивосток: ДВО РАН СССР, 1991. 748 с.
- Нечаев В.А.* Птицы острова Итуруп (Курильские острова) // Вестник Сахалинского музея. 2003. № 1(10). С. 297–306.
- Нечаев В.А., Гамова Т.В.* Птицы Дальнего Востока России (аннотированный каталог). Владивосток: Дальнаука, 2009. 564 с.
- Песенко Ю.А.* Принципы и методы количественного анализа в фаунистических исследованиях. М.: Наука, 1982. 287 с.
- Равкин Ю.С.* К методике учета птиц лесных ландшафтов // Природа очагов клещевого энцефалита на Алтае. Новосибирск, 1967. С. 66–75.
- Раковская Э.М., Давыдова М.И.* Физическая география России. М., 2001. Ч. 1, 288 с., Ч. 2, 304 с.
- Романов А.А., Мелихова Е.В., Зарубина М.А.* Птицы гор Северной Азии: итоги исследований 2010–2018 гг. / Русское общество сохранения и изучения птиц имени М.А. Мензбира. М., 2019. 240 с.
- Ушакова М.В.* Новые сведения о птицах Южных Курильских островов // Рус. орнитол. журн. Т. 26. Экспресс-выпуск № 1549. 2017. С. 5628–5640.
- Чернов Ю.И.* Экология и биогеография. Избранные труды. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2008. 580 с.
- Чупин И.И.* Материалы по птицам южной части острова Уруп и близлежащей акватории Охотского моря // Алтайский зоологический журнал. Вып. 12. 2017. С. 21–29.
- Штегман Б.К.* Основы орнитогеографического деления Палеарктики / Фауна СССР. Птицы. Т. 1. Вып. 2. М.–Л.: Изд-во АН СССР, 1938. 157 с.
- Харченко В.А.* Население птиц основных лесных биотопов Южного Сихотэ-Алиня // Сиб. экол. журн. 2015. № 4. С. 563–569.
- Bergman S.* Zur Kenntnis Nordostasiatischer Vogel. Ein zur Systematic, Biologie und Verbreitung Kamtschatkas und der Kurilen. Stockholm, 1935, 268 s.
- The EBCC Atlas of European breeding birds: Their distribution and abundance. Hagemmeijer E.J.M., Blair M.J.T., Poyser A.D. (Eds.) 1997, 903 p.
- Yamashina Y.* Die Vogel der Kurilen. *J. fur Ornithol.* Jg. 79, H. 4, 1931, s. 491–541.

Поступила в редакцию 09.06.2020

После доработки 25.06.2020

Принята к публикации 06.07.2020

A.A. Romanov¹, E.A. Koblik², Ya.A. Red'kin³,
R.V. Kozhemyakina⁴, V.O. Yakovlev⁵, I.A. Murashev⁶,
I.Yu. Popov⁷

THE BIRD FAUNA OF THE URUP ISLAND
(THE GREAT KURIL RIDGE)

Ecological and geographical features of spatial differentiation of avifauna and bird population of the Urup Island are analyzed. The 2019 study was carried out in the vicinity of the Novokuril'skaya Bay in the north-east of the Urup Island and the vicinity of the Schukin Bay on the Van Der Lind Peninsula in the south-west of the island. The method of route accounting on the transects of unlimited width was applied for the surveying at the altitudes of 0 to 200 m above sea level. The taxonomic structure and the species composition of avifauna show the high degree of similarity at the Urup Island. In 2019 90 bird species were recorded there, 59 in the north-east and 56 in the south-west of the island. The Sørensen similarity coefficient of local avifauna for the surveyed points ($n=2$) is 68%. 38% of species are omnipresent, 41% are local, and 21% are sporadic. Six species were registered for the first time. Taxonomic structure of the Urup Island avifauna, which includes species of 12 orders, corresponds to the zonal and landscape features of island territories located near the North-Eastern Eurasia. The number of species is dominated by Passeriformes (39%), Charadriiformes (28%) and Anseriformes (10%) which are characteristic of the Boreal and Hypo-Arctic zones of the Palearctic. The zoogeographic originality of the local avifauna is due to the combination of elements of the Far Eastern island, Pacific, Siberian and Chinese faunal complexes, Siberian-American and widespread species, as well as Japanese island endemics. Local avifauna is formed within the system of general zonal-landscape and altitudinal-belt patterns and combines the ecological groups of marine, land and mountain species. The mountain features of the island avifauna are represented by the species ($n=9$) that are ecologically closely related to land or water-near-water elements of the alpine landscape over the entire area of their range or a significant part of it. The bird population density is 323–609 ind/km² for land habitats (averaging to 466 ind/km²), and 774–2050 ind/km² for the coast and nearby sea area (averaging to 1412 ind/km²). The similarity coefficients of bird populations are 20% in land-based habitats and 17% in the coastal-marine habitats.

Key words: bird fauna, population, range, distribution, species diversity, Urup island, Kuril Islands

Acknowledgements. Preparation of the article was financially supported by the Lomonosov MSU grant for leading scientific schools «Depository of living systems of the Moscow University» under the MSU development program. To the Ministry of Defense of the Russian Geographical Society for organizing the expedition.

REFERENCES

- Abdurakhmanov G.M., Myalo E.G., Ogureeva G.N. Biogeografiya: uchebnik dlya studentov uchrezhdenii vysshego obrazovaniya* [Biogeography: a textbook for students of higher education institutions] Moscow, Akademiya Publ., 2014, 448 p. (in Russian)
- Artyukhin Yu.B. Zаметki o ptitsakh Kuril'skikh ostrovov* [Notes on the birds of the Kuril Islands], *Rus. ornitol. zhurn.*, vol. 18, Ekspress-vypusk, no. 501, 2009, p. 1315–1318. (In Russian)
- Artyukhin Yu.B. K avifaune Kuril'skikh ostrovov* [To the avifauna of the Kuril Islands], *Rus. ornitol. zhurn.*, vol. 24, Ekspress-vypusk, no. 1152, 2015, p. 2033–2037. (In Russian)
- Artyukhin Yu.B., Burkanov V.N. Morskije ptitsy i mlekopitayushchie Dal'nego Vostoka Rossii: polevoi opredelitel'* [Seabirds and mammals of the Russian Far East: field guide] Moscow, AST Publ., 1999, 224 p. (In Russian)
- Atlas Kuril'skikh ostrovov* [Atlas of the Kuril Islands], Rossiiskaya akademiya nauk. Institut geografii RAN, Tikhookeanskiy institut geografii DVO RAN, Moscow, Vladivostok, DIK Publishing and Printing Center, 2009, 516 p. (In Russian)
- Atlas SSSR*. [Atlas of the USSR] Moscow, General Directorate of Geodesy and Cartography, 1983, 263 p. (In Russian)
- Barkalov V.Yu. [Essay on Vegetation] Rastitel'nyj i zhivotnyj mir Kuril'skikh ostrovov* [Flora and fauna of the Kuril Islands], Vladivostok, Dal'nauka Publ., 2002, p. 35–66. (In Russian)
- Barkalov V.Yu. Flora Kuril'skikh ostrovov* [Flora of the Kuril Islands], Vladivostok, Dal'nauka Publ., 2009, 468 p. (In Russian)
- Bergman S. Zur Kenntnis Nordostasiatischer Vogel. Ein zur Systematic, Biologie und Verbreitung Kamtschatkas und der Kurilen.* Stockholm. 1935. 268 s.
- Chernov Yu.I. Ekologiya i biogeografiya. Izbrannye trudy.* [Ecology and biogeography. Selected Works.] Moscow, Tovarishchestvo nauchnykh izdaniy KMK, 2008, 580 p. (In Russian)
- Chupin I.I. Materialy po ptitsam yuzhnoi chasti ostrova Urup i blizlezhashchej akvatorii Okhotskogo moray* [Materials on birds

¹ Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Department of Biogeography, Professor, D.Sc. in Biology; *e-mail:* putorana05@mail.ru

² Zoological Museum of the Moscow State University, Senior Scientific Researcher, PhD. in Biology; *e-mail:* koblikea@rambler.ru

³ Zoological Museum of the Moscow State University, Senior Scientific Researcher, PhD. in Biology; *e-mail:* yardo@mail.ru

⁴ Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Department of Biogeography, student; *e-mail:* krimma18@mail.ru

⁵ Russian Society for Conservation and Studies of Birds, secretary; *e-mail:* bird-yakovlev@yandex.ru

⁶ Zoological Museum of the Moscow State University, zoologist; *e-mail:* ilyamurashev@gmail.com

⁷ Saint Petersburg State University; Faculty of Biology Senior Scientific Researcher, PhD. in Biology; *e-mail:* i.y.popov@spbu.ru

of the southern part of the Urup Island and the nearby water area of the Sea of Okhotsk], *Altajskij zoologicheskij zhurnal*, iss. 12, 2017, p. 21–29. (In Russian)

Glushchenko Yu.N., Kal'nitskaya I.N., Korobov D.V. Naselenie ptits basseina nizhnego techeniya r. Gastellovki (Tsentral'nyi Sakhalin) [Birds population in the lower Gastellovka River basin (Central Sakhalin)], *Amurskij zoologicheskij zhurnal*, 2010, no. 4, p. 350–362. (In Russian)

Gvozdet'skii N.A., Mikhailov N.I. *Fizicheskaya geografiya SSSR. Aziya*. [Physical geography of the USSR. Asia], Moscow, Mysl' Publ., 1987, 512 p. (In Russian)

Karta «Zony i tipy poyasnosti rastitel'nosti Rossii i sopredel'nykh territorii» Mashtab 1:8 000 000 [Map «Zones and types of vegetation belts of Russia and adjacent territories» Scale 1:8 000 000], Gl. redaktor: G.N. Ogureeva, Karta na 2 listakh, Poyasnitel'nyi tekst i legenda k karte, Moscow, TOO «EKOR» Publ., 1999. (In Russian)

Kharchenko V.A. Naselenie ptits osnovnykh lesnykh biotopov Yuzhnogo Sikhote-Alinya [Bird population of the main forest biotopes of Southern Sikhote Alin], *Sib. ekol. zhurn.*, 2015, no. 4, p. 563–569. (In Russian)

Kischinskii A.A. *Ornitofauna severo-vostoka Azii* [Bird fauna of the north-east of Asia], Moscow, Nauka Publ., 1988, 288 p. (In Russian)

Koblik E.A. *Raznoobrazie ptits (po materialam Zoologicheskogo muzeya MGU), ch. 1–4*. [A variety of birds (based on materials from the Zoological Museum of the Moscow State University), parts 1–4], Moscow, Moscow St. Univ. Publ., 2001. (In Russian)

Koblik E.A., Arkhipov V.Yu. *Fauna ptits stran Severnoi Evrazii v granitsakh byvshego SSSR: spiski vidov*. [The fauna of birds of the countries of Northern Eurasia within the borders of the former USSR: lists of species.] Moscow, Tovarishestvo nauchnykh izdaniy KMK, 2014, 171 p. (In Russian)

Morskie klyuchevye ornitologicheskie territorii Dal'nego Vostoka Rossii [Marine key ornithological territories of the Russian Far East], pod red. Yu.B. Artyukhina, Moscow, Russian Society for the Conservation and Study of Birds named after M.A. Menzibir Publ., 2016, 136 p. (In Russian)

Nechaev V.A. *Ptitsy Yuzhnykh Kuril'skikh ostrovov*. [Birds of the Southern Kuril Islands], Leningrad, Leningr. otd., «Nauka» Publ., 1969, 246 p. (In Russian)

Nechaev V.A. *Ptitsy ostrova Sakhalin*. [Birds of the Sakhalin Island], Vladivostok, DVO RAN SSSR Publ., 748 p. (In Russian)

Nechaev V.A. *Ptitsy ostrova Iturup (Kuril'skie ostrova)* [Birds of the Iturup Island (Kuril Islands)], *Vestnik Sakhalinskogo muzeya*, 2003, no. 1(10), p. 297–306. (In Russian)

Nechaev V.A. Review of the Birds Fauna (Aves) of Sakhalin Region // Flora and fauna of Sakhalin Island (Materials of International Sakhalin Island Project). Part. 2. Vladivostok, Dal'nauka, 2005, p. 246–327.

Nechaev V.A., Gamova T.V. *Ptitsy Dal'nego Vostoka Rossii (annotirovannyi katalog)*. [Birds of the Russian Far East (annotated catalog)], Vladivostok, Dal'nauka Publ., 2009, 564 p.

Naumov R.L. *Ptitsy v ochagakh kleshchevogo entsefalita Krasnoyarskogo kraja: Avtoref. dis. kand. biol. nauk*. [Birds in the centers of tick-borne encephalitis of the Krasnoyarsk Territory], Moscow, E.I. Martsinovskiy Institute of Medical Parasitology and Tropical Medicine Publ., 1964, 19 p. (In Russian)

Pesenko Yu.A. *Printsipy i metody kolichestvennogo analiza v faunisticheskikh issledovaniyakh*. [Principles and methods of quantitative analysis in faunal studies], Moscow, Nauka Publ., 1982, 287 p. (In Russian)

Rakovskaya E.M., Davydova M.I. *Fizicheskaya geografiya Rossii: 2 ch.* [Physical Geography of Russia: Part 2], Moscow, 2001. (In Russian)

Ravkin Yu.S. [To the method of birds survey in forest landscapes], *Priroda ochagov kleshchevogo entsefalita na Altae* [Nature of the centers of tick-borne encephalitis in the Altai Mountains], Novosibirsk, 1967, p. 66–75. (In Russian)

Romanov A.A., Melikhova E.V., Zarubina M.A. *Ptitsy gor Severnoi Azii: itogi issledovaniy 2010–2018 gg* [Birds of the Northern Asia mountains: 2010–2018 Research Results], Moscow, Russian Society for the Conservation and Study of Birds named after M.A. Menzibir Publ., 2019, 240 p. (In Russian)

Stegman B.K. *Osnovy ornitogeograficheskogo deleniya Palearktiki* [Principles of the ornithogeographical regionalization of the Palearctic region], Fauna SSSR Ptitsy, vol. 1, iss. 2, Moscow, Leningrad, USSR Academy of Sciences Publ., 1938, 157 p. (In Russian)

The EBCC Atlas of European breeding birds: Their distribution and abundance, editors: Hagemmeijer E.J.M., Blair M.J. T. & A.D. Poyser, 1997, 903 p.

Ushakova M.V. *Novye svedeniya o ptitsakh Yuzhnykh Kuril'skikh ostrovov* [New data to the avifauna of the Southern Kuril Islands], *Rus. ornitol. zhurn.*, vol. 26, Ekspress-vypusk, no. 1549, 2017, p. 5628–5640. (In Russian)

Velizhanin A.G. *O nekotorykh redkikh i maloizvestnykh ptitsakh Kuril'skikh ostrovov* [On some rare and little-known birds of the Kuril Islands], *Rus. ornitol. zhurn.*, vol. 27, Ekspress-vypusk, no. 1659, 2018, p. 4179–4187. (In Russian)

Vorob'ev K.A. *Materialy k ornitofaune Kuril'skikh ostrovov* [Materials for the avifauna of the Kuril Islands], *Dokl. AN SSSR*, Nov. ser. 1947, vol. 57, no. 4, p. 413–416. (In Russian)

Yamashina Y. *Die Vogel der Kurilen*. *J. fur Ornithol.* Jg. 79. H. 4, 1931, s. 491–541.

Received 09.06.2020

Revised 25.06.2020

Accepted 06.07.2020

КРАТКИЕ ЗАМЕТКИ

УДК 911.37 (470.331)

А.А. Смирнова¹**ИЗМЕНЕНИЕ НИЗОВОЙ МУНИЦИПАЛЬНОЙ СТРУКТУРЫ РЕГИОНА:
ТВЕРСКОЙ ОПЫТ**

Статья продолжает исследование низовой муниципальной структуры Тверской области, начатое автором в 2016 г. С позиций географической науки акцент сделан на преобразованиях, которые произошли в последние десятилетия в регионе и продолжаются в наши дни, а также на последствиях этих изменений для сельского расселения.

Для Тверской области выделено три волны преобразований низовой структуры сельских административных ячеек, произошедшие с начала 2000-х гг. Постепенное сокращение их числа с 614 в 2002 г. до 174 к середине 2020 г. является отражением не столько процессов депопуляции сельской местности, сколько следствием зачастую хаотичных решений по укрупнению и оптимизации муниципального управления. Причудливые по форме сельские поселения не учитывают логику пространства и не отвечают критериям компактности. Доступность местных центров для населения ухудшается, растет нагрузка на оставшиеся сельские администрации. Если раньше один сельский центр обслуживал в среднем 16 населенных пунктов, то с последующими преобразованиями их число увеличилось до 40. Площадь новообразованных административных ячеек увеличилась более чем в два раза.

Последние тренды изменений – ликвидация двухуровневой системы «муниципальный район – сельское поселение» и введение новой формы организации территориального управления в виде муниципальных округов – свидетельствуют о том, что число низовых сельских центров будет сокращаться дальше и еще масштабнее. Как следствие, качество и доступность предоставляемых услуг населению ухудшатся, а знание представителей власти об обширных сельских территориях и возможности для крупномасштабных исследований на основе статистических данных уменьшатся.

Ключевые слова: сельское поселение, муниципальная структура, муниципальный округ, сельские центры, Тверская область

Введение. Чехарда, происходящая с муниципальным устройством – укрупнение сельских поселений, превращение муниципальных районов сначала в городские, а затем в муниципальные округа – имеет определенные последствия для сельского населения. Ликвидация местных административных центров стимулирует дальнейшую деградацию населенных пунктов, когда вслед за сворачиванием управленческих функций происходит постепенное угасание остальных.

Тема муниципальных преобразований в научной литературе остается популярной и широко освещаемой с разных позиций и ракурсов на протяжении последних десятилетий. Концептуальные основы [Маркварт, Францке, 2017] и экономическая целесообразность [Зуйкина, Якунина, 2016] реформирования, восприятие жителями проводимых реформ и возможные последствия укрупнения [Позаненко, 2015], описание региональной специфики [Орешников, 2019] – это далеко не полный круг вопросов, поднимаемых исследователями в недавних работах.

Традиционный географический интерес к административно-территориальному устройству [Тархов, 2019] с появлением еще одной сетки деления страны

распространился и на проблематику муниципального устройства [Глезер и др., 2008]. Географов, занимающихся проблемами сельской местности, волнует, прежде всего, влияние совершаемых административных преобразований на изменение сети сельского расселения [Глезер, 2013; Солдатова, 2017] и трансформацию сферы предоставления услуг на селе [Вихрѳев и др., 2015]. Данная работа продолжает начатое исследование по Тверской области [Фомкина, 2016 а,б], инициатива ее проведения связана с последними изменениями в муниципальном устройстве региона, которые существенным образом деформируют организационно-управленческую структуру сельской местности.

Тверская область – интересный кейс для изучения преобразований в низовой муниципальной структуре. Она входит в число регионов, где за последнее десятилетие произошли наиболее значительные изменения числа сельских поселений [Соснин, Столбова, 2017]. В данной работе, в отличие от большинства исследований, акцент сделан не только на изменения последних лет, охарактеризовано также устройство сельской местности до реформирования в XXI в.

¹ Тверской государственный университет, факультет географии и геоэкологии, кафедра социально-экономической географии и территориального планирования, канд. геогр. н., доцент; e-mail: alpresents@mail.ru

Информационная база исследований. Исследование базируется на списках сельских округов и сельских поселений Тверской области в разные годы, данных о численности сельского населения региона по материалам переписей 2002 и 2010 гг. Для уточнения состава муниципалитетов и отслеживания их числа использовались нормативные акты, публикуемые администрацией Тверской области.

Результаты и их обсуждение. Непрерывно трансформирующаяся низовая территориальная структура связана с реализацией 131-ФЗ «Об общих принципах организации местного самоуправления в Российской Федерации», принятие которого изменило закрепившееся в практике управления со второй половины 1990-х гг. деление на сельские округа (СО). Границы прежних сельских округов в большинстве своем совпадали с границами сельсоветов, и постсоветское реформирование было направлено, главным образом, на ликвидацию устаревшего названия. Смысл сельских округов заключался в объединении географически и экономически связанных между собой сельских населенных пунктов. Пришедшие им на смену сельские поселения, как показывает более чем десятилетняя история их существования, имеют мало общего с этой идеей.

До реформы местного самоуправления в Тверской области насчитывалось 614 СО, в которых проживало около 37% всех жителей региона. Разнообразие сельских округов, выраженное в различиях по численности населения, площади, людности центра и доле проживающих, было вполне закономерным. Территория Тверской области внушительна по своим размерам, на ней сосуществуют различные типы населенных пунктов и по положению, и по специализации и истории возникновения. Очевидно, что единообразной и неизменной схемы деления на сельские округа не могло существовать.

В формировании современной муниципальной структуры Тверской области можно выделить несколько этапов. К обозначенным ранее [Фомкина, 2016б] двум волнам преобразований (2005–2007 и 2010–2015 гг.), можно добавить третью (с 2016 г. по настоящее время), когда отмечались наиболее активные административные изменения. Если первые два этапа характеризовались укрупнением низовых сельских ячеек, то последний – их полным исчезновением.

Преобразования, последовавшие за принятием 131-ФЗ, коренным образом изменили устройство местных центров и систем расселения на низовом уровне. Количество сельских поселений (СП), заменивших собой сельские округа, оказалось меньше последних в 2 раза. Логично предположить, что утрата многими сельскими населенными пунктами (СНП) центральных функций ведет за собой деформацию всей системы.

Каждый район имеет свои особенности осуществления муниципальных преобразований. В первую волну, когда заменялись округа на поселения, наименьшее сокращение низовых сельских ячеек терпели три района – Жарковский, Кувшиновский и Конаковский. Максимальная разница между СО и

СП – в Калязинском районе, где число новообразованных сельских поселений оказалось в пять раз меньше округов. В состав районов, где произошли наиболее существенные изменения, вошли также Ржевский, Оленинский и Западнодвинский. Обе группы районов очень разнородны по составу, они включают как относительно благополучные примосковские районы, так и депрессивные, глубоко периферийные территории. Отсутствие географической логики свидетельствует о роли других факторов в формировании рисунка сельских поселений, в первую очередь – субъективных решений местного руководства.

Последовавшие изменения во вторую волну укрупнений, с одной стороны, оказались более системными. Здесь масштабные преобразования прошли в неблагополучных Максатихинском, Молоковском и Краснохолмском районах, где число ликвидированных сельских округов в 6–7 раз превосходило количество сельских поселений, образованных к 2015 г. В первом приближении эти изменения можно объяснить крайне негативной демографической ситуацией в указанных районах, измельчением сети СНП, сжатием экономической деятельности, нехваткой квалифицированных кадров. С другой стороны, не поддаются объективному объяснению перемены, например, в Старицком районе, где 34 сельских округа превратились сначала в 12, а затем – в 8 сельских поселений.

Несмотря на возможные объективные предпосылки укрупнения, связанные со снижением численности муниципального образования, результат не всегда объективен. Так, конфигурация некоторых сельских поселений противоречит дорожной сети и логике пространства в целом. Например, в Молоковском районе расстояние от прежних центров СП (с. Ахматово и д. Черкасово) до нового центра СП – д. Обросово – более 30 км, и дорога идет через пгт. Молоково (которое к тому же тоже является центром другого СП) (рис. 1). Описанная ситуация – не единственный пример странного формирования сельских поселений. Форма Каблуковского и Верневолжского СП пристольничного Калининского района вытянута более чем на 30 км, что противоречит требованию 131-ФЗ о пешеходной доступности административного центра сельского поселения для жителей остальных территорий. В законе указано, что требования могут не соблюдаться в удаленных и труднодоступных регионах РФ, но вряд ли Калининский район, один из самых густонаселенных в Тверской области, относится к таковым.

Современная муниципальная структура Тверской области продолжает меняться. За фиксируемыми ранее укрупнениями сельских поселений идет полная их ликвидация, которая является следствием преобразования муниципальных районов в городские и муниципальные округа. В конце 2015 г. в Тверской области Удомельский район стал первым в регионе, изменившим двухуровневую систему местного самоуправления «район – поселение», превратившись в городской округ. В последующие годы к



Рис. 1. Муниципальное устройство Калининского (А) и Молоковского (Б) районов

Fig. 1. Municipal structure of Kalininsky (A) and Molokovsky (B) districts

нему добавились Осташковский, Нелидовский, Кашинский и Вышневолоцкий районы, теперь уже в новом статусе.

Общественный резонанс, который вызвала предлагаемая Министерством территориальных образований Тверской области ликвидация сельских поселений Торжокского района, заставил правительство региона пересмотреть выбранное направление по созданию городских округов и перейти к менее провокационным по названию муниципальным округам. Есть версия, что именно тверским губернатором была инициирована поправка в 131-ФЗ и официальное закрепление в законе термина «муниципальный округ»². Поскольку одна из претензий общественности была связана именно с использованием слова «городской» для сельских территорий, образование Андреапольского и Весьегонского муниципальных округов прошло почти без широкой огласки в СМИ.

Одной из главных причин муниципальных преобразований традиционно называют экономию бюджетных средств вследствие сокращения управленческого аппарата, расходов на разработку градостроительной документации и др. [Гутникова, 2010]. Другой мотив, лежащий в основе происходящих процессов, – сокращение числа местных депутатов и упрощение процедуры принятия решений. Согласно 131-ФЗ, в поселениях с численностью населения до 1000 человек должно быть не менее 7 депутатов. Для многих сельских поселений содержать такой депутатский корпус – неподъемная задача.

Промежуточными итогами третьей волны преобразований в Тверской области стало упразднение сети сельских поселений в 13 районах, пять из кото-

рых существуют в форме городских, остальные – в статусе муниципальных округов. Очевидно, что процесс изменений будет продолжаться, и реальные последствия этого реформирования станут понятны позднее.

На месте упраздненных сельских поселений иногда остаются территориальные отделы, т. е. представительства новой администрации, обычно с двумя–тремя сотрудниками в штате, у которых сохраняются весьма ограниченные полномочия по оказанию различных услуг (выдача справок, прием платежей) [Позаненко, 2015]. Сельские жители испытывают закономерные трудности в связи с новым муниципальным делением: *«В нашем районе произошло объединение сельских поселений ..., и теперь проблемы нашего села никому не интересны. Руководитель территориального отдела отпущен в «долгосрочный» отпуск, на его место никто не назначен, в то время, как у нас проблема на проблеме и нет никому дела до их решения»* (цитата из обращения жителей с. Еремково Удомельского городского округа, пунктуация и орфография сохранены). Именно физическая удаленность местной власти от населения является одной из основных проблем при изменении муниципального устройства.

В складывающейся ситуации оставленные на самообеспечение жители вынуждены искать новые способы решения местных проблем. Им на помощь приходят разные формы выражения гражданской активности. Например, в Максатихинском районе сельскую дорогу удалось привести в порядок в результате создания и распространения петиции на сайте «Местная петиция». Были собраны более

² <https://vedtver.ru/news/society/brak-po-raschetu-obedinenie-poseleniy-v-edinyy-okrug-daet-sushchestvennyu-ekonomiyu-byudzhetu/>

тысячи подписей, в результате дорога была отремонтирована. Информационные ресурсы становятся для населения той площадкой для решения местных проблем, которой они лишаются в условиях ликвидации института сельских глав.

В общем виде произошедшие изменения можно изобразить на схеме (рис. 2). За основу взяты осредненные характеристики сельских округов и поселений Тверской области. Так, до 2006 г., в одном районе в среднем насчитывалось около 17 сельских округов, в каждом из которых было по 16 СНП. С реформой местного самоуправления и последующими изменениями число новообразованных СП в среднем сократилось до 7 на район.

Важные качества сельского устройства – компактность, географическая сближенность СНП, составляющих единый округ, – были утрачены при укрупнении. Сельские поселения более причудливы по форме, размещение административного центра иногда находится вне логики пространства, и единство СНП в таких случаях лишь формально. Увеличилась и «нагрузка» на центральный населенный пункт – число подопечных пунктов в сельских поселениях в 2,5 раза превосходит значение в сельских округах.

Последствия перехода на муниципальные округа и ликвидации сельских поселений еще предстоит проанализировать. На схеме наглядно отражено сокращение числа сельских центров, которое подразумевает утрату СНП своих функций, что неизбежно приведет к снижению качества обслуживания населения. Еще одно важное следствие реформы –

утрата знания о территории. Если раньше глава сельской администрации знал, что происходит на подконтрольной ему территории, то теперь это становится нереальным.

Как отметил А.М. Никулин [2014], еще в 1980-х гг. крупнейшие советские специалисты по проблемам села среди главных причин «системного кризиса» называли «извечное российское управленческое стремление увеличения концентрации населения (для усиления контроля над ним)» (с. 280). Прослеживается схожесть проблем и методов их решений тогда и сейчас.

Выводы:

– выделенные три волны преобразований, происходившие в Тверской области на протяжении первых десятилетий XXI в., демонстрируют поступательное сокращение числа местных сельских центров, сначала – за счет преобразования сельских округов в поселения, затем – вследствие их укрупнения и, наконец, полной ликвидации;

– относительно недавний отказ от двухуровневой системы муниципального управления и упразднение сельских администраций приводят к утрате многочисленных функций сельских населенных пунктов, а расстояния, которые необходимо преодолевать жителям для получения различных услуг и решения насущных вопросов, увеличиваются. С учетом старой возрастной структуры сельского населения и транспортной труднодоступности периферийных территорий возрастает ответственность за последствия подобных преобразований;

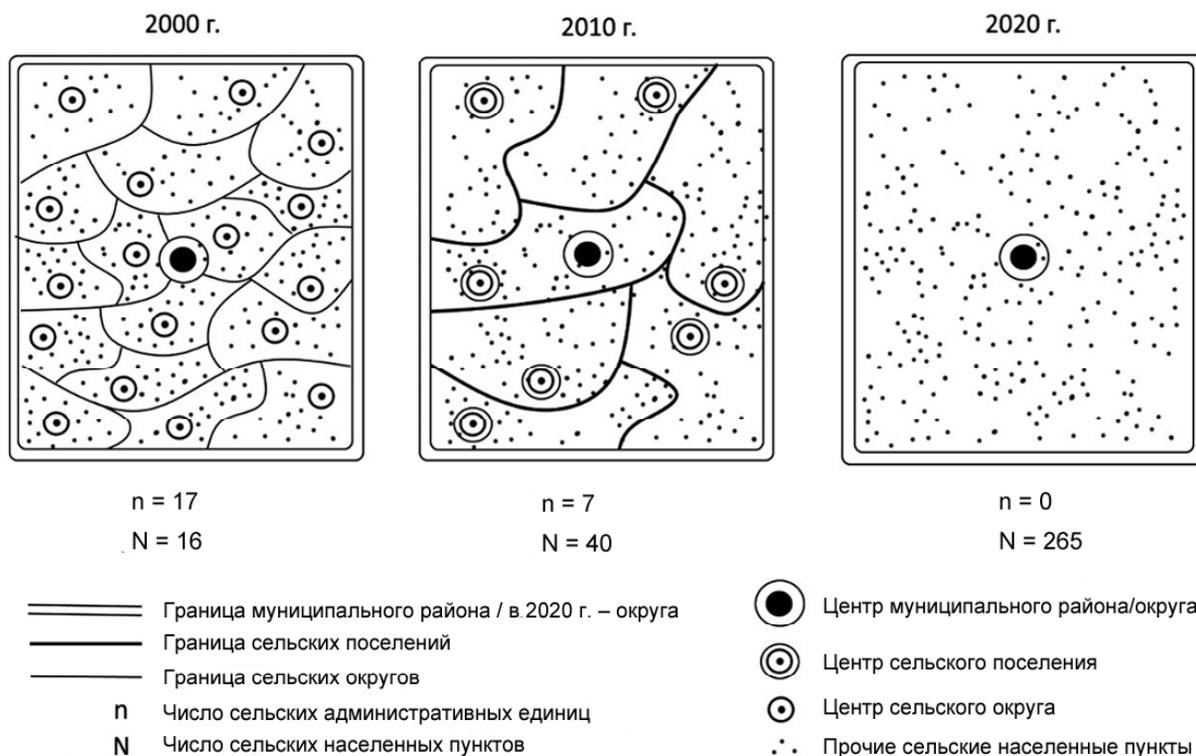


Рис. 2. Трансформация низовой муниципальной структуры Тверской области в XXI в.

Fig. 2. Transformation of the municipal structure of the Tver region in the XXI century

– в ходе реформирования низового муниципального устройства утрачивается ценное знание о территории, которым обладали главы сельских администраций. Помимо практического назначения этой информации (учет и контроль на местах), она была важна для исследователей, работающих с муниципальной статистикой на уровне отдельных поселений;

– исходя из уже принятых правительством Тверской области недавних нормативных актов и последовавших за ними изменений видно, что у региона нет единой стратегии преобразований, как нет и понимания, как будет существовать огромная по площади и еще населенная сельско-городская периферия.

Благодарности. Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ (проект № 18-05-00394).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Вихрёв О.В., Ткаченко А.А., Фомкина А.А. Системы сельского расселения и их центры (на примере Тверской области) // Вест. Моск. ун-та. Сер. 5. Геогр. 2016. № 2. С. 30–37.

Глезер О.Б. Система местного самоуправления как составная часть институциональной среды расселения в современной России // Вопросы географии. Сб. 135. География населения и социальная география. М., 2013. С. 224–244.

Глезер О.Б., Бородин Т.Л., Артоболевский С.С. Реформа местного самоуправления и административно-территориальное устройство субъектов РФ // Изв. РАН. Сер. Географическая. 2008. № 5. С. 51–64.

Гутникова Е.А. К вопросу об укрупнении муниципальных образований // Проблемы развития территорий. 2010. № 6. С. 67–74.

Зуйкина А.С., Якунина А.В. Эффекты территориальных преобразований муниципалитетов в Пермском крае: опыт Губахи и Лысьвы // Современный город: власть, управление, экономика. 2018. № 1. С. 84–97.

Маркварт Э., Францке Й. Территориальное реформирование местного самоуправления в Германии и России на современном этапе // Пространственная экономика. 2017. № 3. С. 40–61.

Никулин А.М. Аграрники, власть и село: от прошлого к настоящему. М., 2014. 400 с.

Орешиников В.В. Оценка и обоснование целесообразности укрупнения муниципальных районов в субъектах Российской

Федерации (на примере республики Башкортостан) // Вестник НГИЭИ. 2019. № 11. С. 121–133.

Позаненко А.А. Последствия укрупнения сельских поселений: взгляд снизу // Вопросы государственного и муниципального управления. 2015. № 1. С. 168–184.

Солдатова Н.В. Влияние укрупнения сельских поселений на систему сельского расселения // Управление социально-экономическим развитием территорий: оперативное реагирование на текущие и стратегические вызовы: мат. науч.-практ. конф. Вологда, 2017. С. 134–142.

Соснин Д.П., Столбова Е.А. Укрупнение сельских муниципальных образований: от стихийной практики к эффективному управлению // Научные труды Северо-Западного института РАНХиГС. СПб, 2017. Т. 8. Вып. 1. С. 190–198.

Тархов С.А. Основные направления географического изучения административно-территориального деления // Региональные исследования. 2019. № 1. С. 6–15.

Фомкина А.А. Трансформация местных систем расселения слабоурбанизированных территорий Центральной России (на примере Тверской области): автореф. дис. ... канд. геогр. наук. М., 2016а. 26 с.

Фомкина А.А. Административно-территориальная структура сельской местности Тверской области в постсоветский период // Вестник ТвГУ. Серия «География и геоэкология». 2016б. № 2. С. 61–68.

Поступила в редакцию 18.06.2020

После доработки 30.06.2020

Принята к публикации 06.07.2020

A.A. Smirnova¹

REFORMATION OF THE MUNICIPAL STRUCTURE: EXPERIENCE OF THE TVER REGION

The article continues the study of the municipal structure of the Tver region, started by the author in 2016. From the point of view of geographical science, the emphasis was made on the transformations that have been going on in the region for recent decades and continue nowadays. The effects of these changes for rural settlement pattern were considered.

Since the early 2000s three waves of transformation of the structure of rural administrative units have been identified for the Tver region. Their number gradually decreases from 614 in 2002 to 174 by mid-2020, reflecting not so much the depopulation processes in rural areas, as the chaotic decisions to optimize municipal management. Bizarre-shaped rural settlements neglect the logic of space and fail to meet the criteria of compactness. Local centers become less accessible for the population, and the remaining rural administrations are more and more overburdened. If one rural center served an average of 16 settlements before transformations, then the number increased to 40. The area of newly formed administrative units has more than doubled.

¹ Tver State University, Faculty of Geography and Geoecology, Department of Socio-Economic Geography and Territorial Planning, Associate Professor, PhD. in Geography; e-mail: alpresents@mail.ru

The latest trends of changes, namely the liquidation of a two-level system «municipal district – rural settlement» and the introduction of a new form of organization of territorial administration in the form of municipal districts, indicate that the number of local rural centers will further decline even more extensively. As a result, the quality and availability of services provided to the population will worsen, as well as the knowledge of government officials about vast rural areas. The large-scale studies based on statistical data will also become less possible.

Key words: rural settlement, municipal structure, municipal district, rural centers, Tver region

Acknowledgements. The study was financially supported by the Russian Foundation for Basic Research (project no. 18-05-00394).

REFERENCES

- Fomkina A.A. Transformacija mestnyh sistem rasselenija slabourbanizirovannyh territorij Central'noj Rossii (na primere Tverskoj oblasti)* [Transformation of settlement local systems in the weakly urbanized territories of Central Russia (on the example of the Tver region)], Extended Abstract of PhD Thesis in Geography, Moscow, 2016, 26 p. (In Russian)
- Fomkina A.A. Administrativno-territorial'naja struktura sel'skoj mestnosti Tverskoj oblasti v postsovetiskij period* [Rural administrative and territorial structure of the Tver region in post-soviet period], *Vestnik TvGU, Ser. Geografija i geoekologija*, 2016, no. 2, p. 61–68. (In Russian)
- Glezer O.B.* [Local self-government system as a component of the institutional background of settlement pattern in modern Russia], *Voprosy geografii, Sb. 135, Geografija naselenija i social'naja geografija* [Problems in Geography. Geography of Population and Social Geography], Moscow, 2013, p. 224–244. (In Russian)
- Glezer O.B., Borodina T.L., Artobolevskij S.S.* Reforma mestnogo samoupravlenija i administrativno-territorial'noe ustrojstvo sub'ektov RF [Local Self-Governmental Reform and Administrative Territorial System of the Subjects of the Russian Federation], *Izv. RAN, Ser. Geogr.*, 2008, no. 5, p. 51–64. (In Russian)
- Gutnikova E.A.* K voprosu ob ukрупnenii municipal'nyh obrazovanij [On the issue of merging of municipalities], *Problemy razvitiya territorij*, 2010, no. 6, p. 67–74. (In Russian)
- Markvart Je., Francke J.* Territorial'noe reformirovanie mestnogo samoupravlenija v Germanii i Rossii na sovremennom jetape [Modern territorial reforms of local self-government in Germany and Russia], *Prostranstvennaja jekonomika*, 2017, no. 3, p. 40–61. (In Russian)
- Nikulin A.M.* *Agrarniki, vlast' i selo: ot proshlogo k nastojashhemu* [Agrarians, the power and the village. From past to present], Moscow, 2014, 400 p. (In Russian)
- Oreshnikov V.V.* Ocenka i obosnovanie celesoobraznosti ukрупnenija municipal'nyh rajonov v sub'ektah Rossijskoj Federacii (na primere respubliki Bashkortostan) [Evaluation and justification of the need for combining municipal districts in the subjects of the Russian Federation (case study of the Republic of Bashkortostan)], *Bulletin NGIEI*, 2019, no. 11, p. 121–133. (In Russian)
- Federation (case study of the Republic of Bashkortostan), *Vestnik NGIJeI*, 2019, no. 11. p. 121–133. (In Russian)
- Pozanenko A.A.* Posledstvija ukрупnenija sel'skih poselenij: vzgljad snizu [Implications resulting from the enlargement of rural settlements: view from below], *Voprosy gosudarstvennogo i municipal'nogo upravlenija*, 2015, no. 1, p. 168–184. (In Russian)
- Soldatova N.V.* [Influence of rural municipalities merging on the rural settlement pattern], *Upravlenie social'no-jekonomicheskim razvitiem territorij: operativnoe reagirovanie na tekushhie i strategicheskie vyzovy* [Social-economic management of territories: timely reaction to current and strategic challenges], Vologda, 2017, p. 134–142. (In Russian)
- Sosnin D.P., Stolbova E.A.* Ukрупnenie sel'skih municipal'nyh obrazovanij: ot stihijnoj praktiki k jeffektivnomu upravleniju [Rural municipalities merging: from spontaneous practice to effective management], *Nauchnye trudy Severo-Zapadnogo instituta RANHiGS, S.-Peterburg*, 2017, vol. 8, iss. 1, p. 190–198. (In Russian)
- Tarhov S.A.* Osnovnye napravlenija geograficheskogo izuchenija administrativno-territorial'nogo delenija [Key focuses in geographical studies of administrative division], *Regional'nye issledovanija*, 2019, no. 1, p. 6–15. (In Russian)
- Vjhrjov O.V., Tkachenko A.A., Fomkina A.A.* Sistemy sel'skogo rasselenija i ih centry (na primere Tverskoj oblasti) [Rural settlement systems and settlement centers (case study of the Tver oblast)], *Vest. Mosk. Un-ta, Ser. 5, Geogr.*, 2016, no. 2, p. 30–37. (In Russian)
- Zujkina A.S., Jakunina A.V.* Jeffekty territorial'nyh preobrazovanij municipalitetov v Permskom krae: opyt Gubahi i Lys'vy [Effects of territorial transformations of municipalities in Perm kraj: experience of Gubakha and Lysva], *Sovremennyj gorod: vlast', upravlenie, ekonomika*, 2018, no. 1, p. 84–97. (In Russian)

Received 18.06.2020

Revised 30.06.2020

Accepted 06.07.2020

УДК 911. 375

Н.А. Слука¹, Е.Ф. Колясев²**ГЕОГРАФИЯ ЦЕНТРОВ МЕЖДУНАРОДНЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ**

В условиях смены парадигмы мирового развития и перехода к сетевому укладу все большее значение в процессах глобального управления начинают играть новые транснациональные акторы, ядро которых составляют транснациональные корпорации и международные организации. Базируясь в городах и располагая разветвленной филиальной сетью, они оказывают мощное влияние как на конкурентоспособность отдельных мегаполисов, так и трансформацию конфигурации мирового каркаса «центров силы». Представляется перспективным географическое изучение взаимодействия городов и новых транснациональных акторов в рамках новой проблемной области – геополитической урбанистики.

В статье аргументируется роль международных организаций, особенно неправительственных, как одного из основных инструментов «мягкой силы»; отмечается их история, высокая динамика количественного роста и ускорение пространственной диффузии в последнее время. Определены главные особенности размещения штаб-квартир международных организаций в городах мира за период 1900–2016 гг.; на основе анализа количественных показателей составлена иерархия и выделены пять основных категорий современных узлов международных организаций (сверхкрупные, крупные, большие, средние и малые), лидирующие позиции среди которых занимает Брюссель. Выявлено большое число формирующихся центров. В мировом рейтинге Россия представлена только Москвой, занимающей скромное место в третьем десятке «малых центров».

Ключевые слова: новые транснациональные акторы, сете-узловая структура, международные организации, иерархия и география центров

Введение и постановка проблемы. В условиях смены парадигмы мирового развития и перехода к сетевому укладу все большее значение в процессах глобального управления начинают играть так называемые новые транснациональные акторы (*transnational actors*), чья деятельность связана с сетевыми взаимодействиями поверх национальных границ, руководство которых мыслит и принимает решения в общепланетарном масштабе [Тормошева, 2017]. Согласно французскому геополитику Ф. Моро-Дефаржу, в их число входит широкий круг сообществ, движений, институтов и агентов, «которые вырабатывают, выражают и переводят в действие намерения» [Moreau Defarges, 1998, p. 46]. И хотя мирохозяйственная и мирополитическая система все еще основывается на принципе примата государств, к началу XXI в. новые транснациональные акторы правомерно утвердились как авторитетные участники международных отношений [Наумов, 2013]. Их ядро в экономической сфере составляют транснациональные корпорации (ТНК), а в политической – разного профиля и статуса международные организации (МО), в том числе неправительственные (МНПО). Согласно основательнице концепции «мягкой силы» – способности достигать результатов в опоре на свою привлекательность, а не с помощью принуждения – американскому ученому Дж. Наю [Нуе, 1991, 2011], именно некоммерческие организации и фонды имеют относительно большее влияние на зарубежные аудитории и рас-

полагают широким спектром возможностей в международном пространстве. Неслучайно в целях минимизации негативного воздействия МНПО других государств в США – на родине большинства из них – с 1938 г. действует Закон «О регистрации агентов влияния». Аналогичная норма в начале второго десятилетия 2000-х гг. была разработана и введена в практику в России – Федеральный закон 121 «Об иностранных агентах». О признании роли МНПО в международных делах свидетельствует, в частности, количество организаций (более 4 тыс.), получивших консультативный статус при Экономическом и социальном совете ООН (ЭКОСОС ООН) [Славчева, 2016].

Базируясь в городах, подобные структуры во многом определяют как совокупность командных и контрольных функций отдельных агломераций, их конкурентоспособность, устойчивость развития и международный престиж, так и изменчивость конфигурации общего каркаса «центров силы», действующих на мировой арене. При этом, если симбиоз города с ТНК относительно хорошо изучен, в частности, в рамках концепции мирового и глобального города, то механизм его взаимодействия с МО пока не получил должного освещения в специальной литературе. Остается открытым и вопрос гибридизации акторов, т. е. партнерства бизнеса и МНПО [Лебедева, 2013]. Исследование формирования и географии центров «мягкой силы» и характера их взаимодействия способно дополнить сложившиеся

¹ Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет, кафедра географии мирового хозяйства, профессор, докт. геогр. н.; e-mail: sluka2011@yandex.ru

² Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет, кафедра географии мирового хозяйства, магистрант; e-mail: udjinkolyasev@gmail.com

представления о современных нодальных точках глобально-городских сетевых структур. Цель данной работы – на основе анализа доступных статистических данных выявить особенности динамики и размещения штаб-квартир МО в мировом урбанистическом сообществе.

Материалы и методы исследований. Исследование опирается на концептуальный базис общественной географии, глобальной экономики, политологии и критической геополитики [Лебедева, 2013, 2017; Колосов, 2016; Кузнецов, 2019; Смородинская, 2015; Taylor, 2004, 2005 и др.], теории информационного общества, концепцию глобальных городов; на аналитические отчеты и доклады авторитетных международных организаций (ООН, Brookings Institution, McKinsey Global Institute, The Mori Memorial Foundation и др.). В работе используются общенаучные и конкретно-научные методы исследования, включая сравнительно-географический, историко-географический, картографический, метод рейтингования.

Главный источник фактического материала – данные ежегодника Союза международных ассоциаций (Union of International Associations, UIA), выходящего при партнерстве с ООН. Ежегодник за 2020 г. содержит подробную информацию о десятках тысяч МО из 300 стран и территорий, 40,3 тыс. из которых регулярно подтверждают реквизиты и считаются реально действующими. В силу специфики учета и динамичного восполнения списка организаций в исследование вовлечены около 30 тыс. МО, официально зарегистрированных на 2016 г. [The Yearbook of International Organizations, 2017]. При этом их статус и функциональный профиль не учитывается.

Результаты исследований и их обсуждение. МО имеют большую историю, которая, по мнению специалистов, берет начало в Древней Греции. Именно здесь еще в VI в. до н. э. были созданы такие первые постоянные международные объединения, как Лакедемонская и Афинская (Делосская) симмахии (союзы городов и общин). Многие организации гуманитарного и иного характера существуют уже несколько столетий. Но традиционному началу эпохи МНПО принято отсчитывать с середины XX в. Их количество и политическое влияние резко возросло с момента включения категории «неправительственная организация» в международно-юридический лексикон в ходе создания устава ООН в 1945 г., что позволило МНПО на легальных основаниях участвовать в международных отношениях и межгосударственной дипломатии [Наумов, 2013]. Именно за счет неправительственных организаций в последние десятилетия число МО прогрессирует стремительными темпами, а в их структуре неуклонно уменьшается доля межправительственных организаций. В 2019 г., по данным Союза международных ассоциаций, оно вплотную приблизилось к 72 тыс. [The Yearbook of International Organizations, 2017] (рис. 1).

Пространственная неравномерность бума МО привела к возникновению заметной региональной

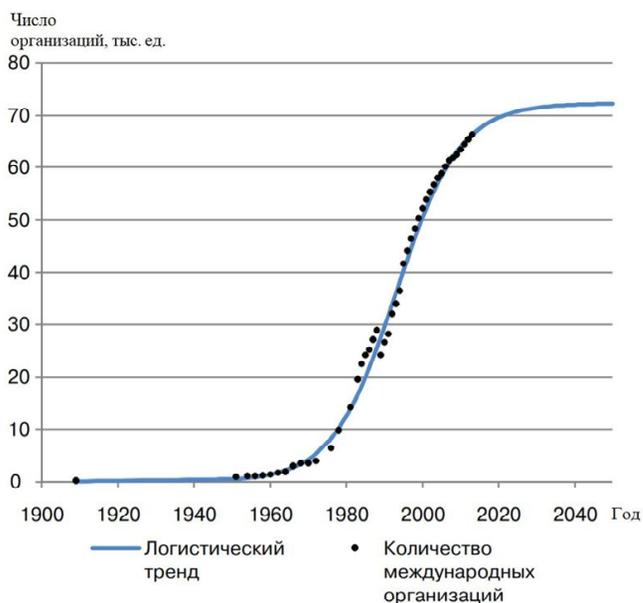


Рис. 1. Рост числа международных организаций за период 1909–2013 гг. [Каверин, Малков, 2014, с. 203]

Fig. 1. Growth in the number of international organizations during 1909–2013. Source: [Kaverin, Malkov, 2014, p. 203]

диспропорции – подавляющая часть их штаб-квартир располагается в развитых странах глобального «Севера» при противоборстве за лидерство двух полюсов геополитической силы – Западной Европы и Северной Америки. Однако, в результате активной диффузии явления и опережающих темпов роста МО в других регионах мира, налицо выраженный тренд к снижению территориальной концентрации. Если после Второй мировой войны на долю Северной Америки и Западной Европы в сумме приходилось более 70% всех МО, то в настоящее время – уже чуть более половины – 23,5% и 32% соответственно. Не последнюю роль в этом играет как обращение международного сообщества, в том числе в лице негосударственных транснациональных акторов, к проблемам развития глобального «Юга», так и быстрый ход процесса урбанизации в развивающихся странах, обеспечивший относительное выравнивание условий городской среды для пребывания и деятельности организаций.

В целях укрепления международного авторитета и позиций в глобальных сетевых структурах мегаполисы охотно идут на развитие взаимодействия и привлечение МНПО. Это лишний раз подтверждает прозорливость апологетов теории мирового города, утверждавших, что одним из его признаков, помимо прочего, является концентрация штаб-квартир международных экономических и политических организаций [Hall, 1966; Friedmann, 1986]. Если в начале XX в. штаб-квартиры МО размещались менее чем в 200 городах, то ныне – в уже свыше 2,5 тыс. Пик прироста таких центров приходится на период между двумя мировыми войнами (рис. 2). С 1950-х гг. идет плавное снижение темпов их роста, которые сильно разнятся по странам и регионам.

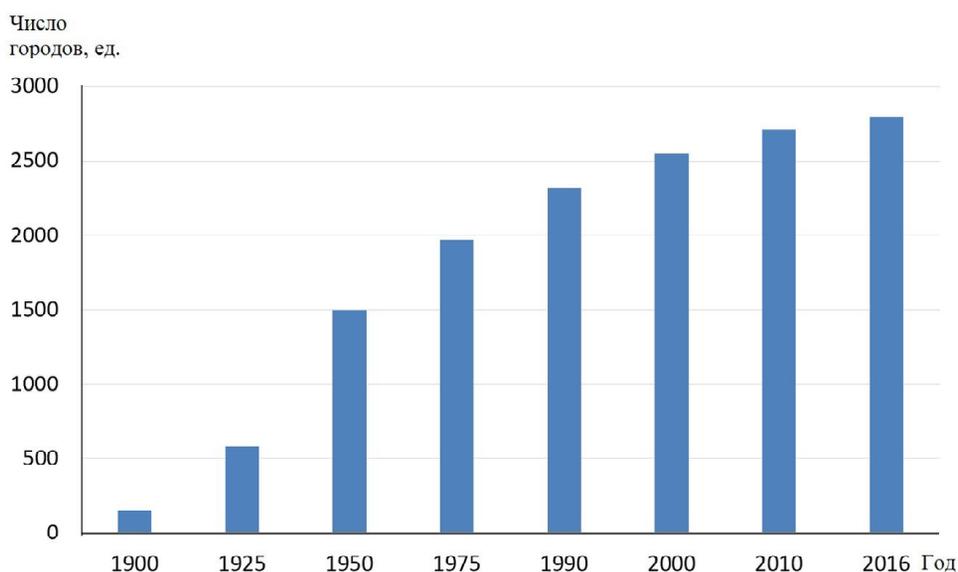


Рис. 2. Рост числа городов с базированием штаб-квартир международных организаций. Составлено авторами

Fig. 2. Growth in the number of cities with headquarters of international organizations. Compiled by the authors

Например, устойчиво теряют позиции в глобальном рейтинге ряд городов Западной и Южной Европы, включая Рим, уверенно возглавлявший его в самом начале XX в. на почве аккумуляции организаций религиозного толка. Напротив, сообразно траекториям социально-политического и экономического развития стран и их интеграции в мирохозяйственный и мирополитический процессы, активно набирают вес в 1980-е гг. центры Латинской Америки, в 1990-е гг. – Восточной Европы, а чуть позже – Азии, прежде всего, Китая, который в 2016 г. занял место в первой двадцатке государств по числу МО и при сохранении набранных темпов, по мнению экспертов, способен войти в ближайшие десять лет в Топ-5 глобальной иерархии.

Общее распределение МО по городам мира носит весьма неравномерный характер и в проекции соответствует форме песочных часов с широким основанием. С одной стороны, более 1/4 из них сосредоточено в ограниченном числе городов, преимущественно столичных, но с другой – основная масса МО распылена по сотням тысяч центров. Последнее свидетельствует о многообразии размещенческих факторов и большой степени свободы в условиях третьей революции в социальных коммуникациях (распространение Интернет-технологий) при выборе конкретного места базирования головного офиса организации. Составление рейтинга и группировка городов по числу штаб-квартир МО на основе шкалы с увеличением кратности шага в два раза позволяет выделить несколько их категорий. Безоговорочный лидер современной иерархии – Брюссель, испытавший подъем в результате развития процессов евроинтеграции и ныне располагающий более чем 2 тыс. штаб-квартир МО. Второй эшелон – крупных центров (800–1600 штаб-квар-

тир) – представлен триумvirатом столиц ведущих мировых держав – Лондоном, Парижем и Вашингтоном. К ним явно тяготеют Нью-Йорк и Женева (по 760), попавшие, согласно шагу шкалы, в третью группу – больших центров (400–800) – наряду с Римом (604) и Веной (412). В число средних центров (200–400) входит 8 городов с разной историей и геополитическим весом – Токио, Страсбург, Берлин, Найроби, Мадрид, Гаага, Амстердам и Сингапур. На них вкупе с малыми центрами (100–200) приходится около 15% всех МО. Таким образом, главные мировые хабы МО опираются на широкую платформу только формирующихся центров (менее 100 штаб-квартир в каждом) (рис. 3). К ним относится и подавляющее большинство крупных городов России, лишь 62 МНПО которой, согласно данным МИД РФ на 2019 г., получили консультативный статус при ЭКОСОС ООН.

Выводы:

– при большой истории бум МО – во многом феномен нашего времени, что с учетом затухания темпов прироста числа крупнейших ТНК мира и их зарубежных филиалов способно повлиять на изменение как пропорций между новыми транснациональными акторами в отдельных городах; так и собственно конфигурации центров, определяющих процессы глобального управления;

– сформированная база данных и предложенный алгоритм исследования позволяют составить общее представление о динамике роста, меняющейся иерархии и современной географии ведущих центров МО, что имеет не только научно-познавательное, но и прикладное значение, например, для оценки степени соседства с центрами-конкурентами и модернизации политики властных структур разного уровня;

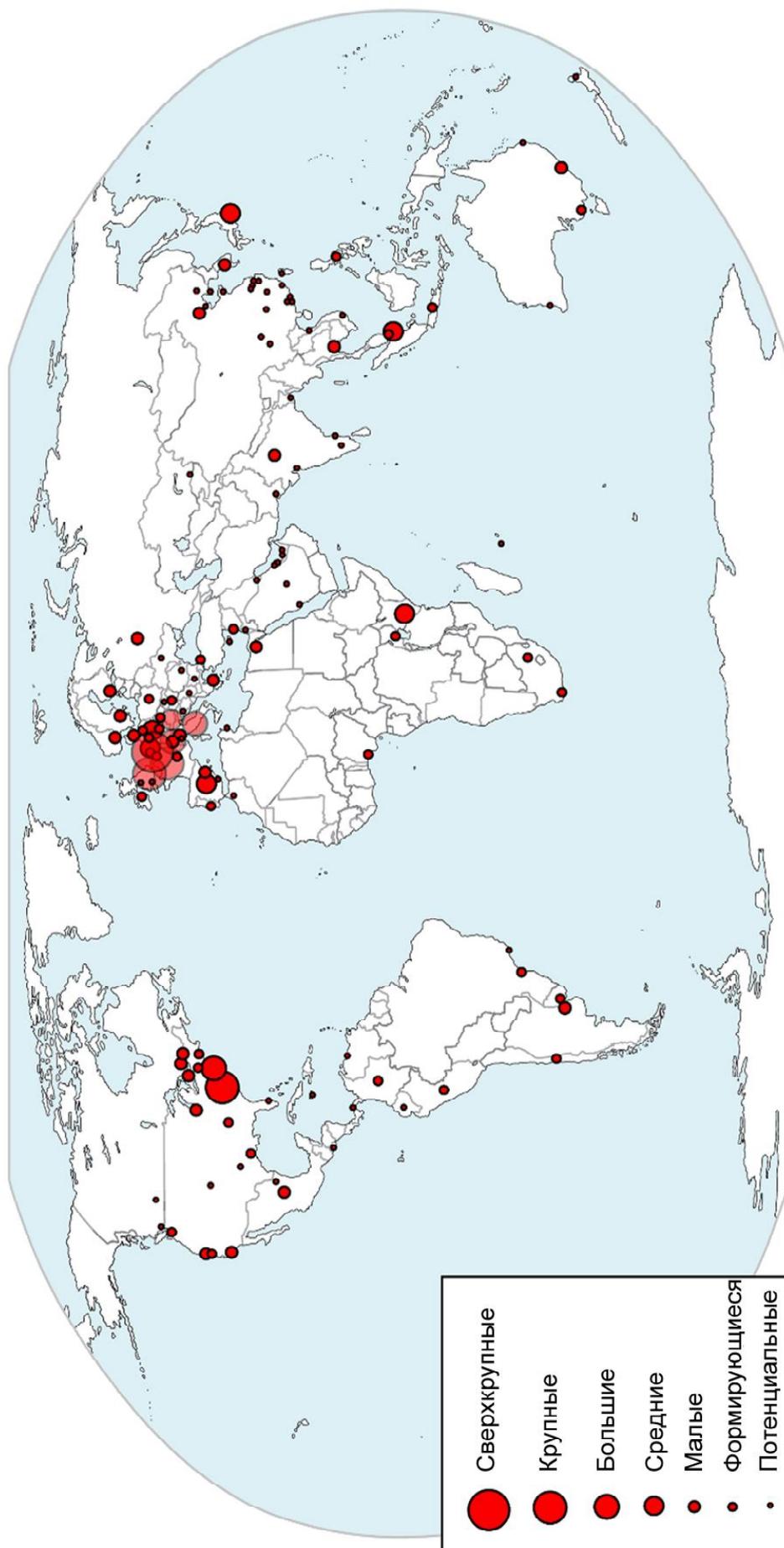


Рис. 3. География центров международных организаций. Составлено авторами

Fig. 3. Geography of the centers of international organizations. Compiled by the authors

– размещение МО, с одной стороны, характеризуется явным тяготением к ряду ведущих геополитических центров мира, объяснимого возможностями лоббирования интересов; но с другой – отличается повсеместностью, что закономерно в условиях процесса гуманизации общества, хода мировой урбанизации, развития сетевых структур и средств современной коммуникации;

– при всей очевидности ресурса МО в наращивании глобальной значимости городов Россия пока отстает. Москва в мировом рейтинге занимает ме-

сто лишь в третьем десятке «малых центров», уступая, в частности, Сеулу, Бангкоку, Буэнос-Айресу и Копенгагену;

– анализ особенностей формирования, состава, гибридизации и размещения новых транснациональных акторов, в число которых входят МО, базирующиеся в городах, представляется перспективным направлением в географическом изучении мирового урбанистического сообщества в рамках новой проблемной области – геополитической урбанистики.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Каверин М.А., Малков С.Ю. Тенденции развития международных организаций в контексте эволюции глобальной политической системы // Вестник РУДН, серия Международные отношения. 2014. № 2. С. 200–209.
- Колосов В.А. Геополитика и мировое хозяйство: традиции и новые междисциплинарные направления исследований // География мирового хозяйства: традиции, современность, перспективы. М.-Смоленск: Ойкумена, 2016. С. 81–94.
- Лебедева М.М. Акторы современной мировой политики: тренды развития // Вестник МГИМО-Университета. 2013. № 3(28). С. 38–42.
- Лебедева М.М. «Мягкая сила»: понятие и подходы // Вестник МГИМО-Университета. 2017. № 3. С. 212–223.
- Наумов А.О. Международные неправительственные организации и проблемы глобального управления // Государственное управление. Электронный вестник. 2013. № 39. С. 49–76.
- Славчева П. Неправительственные организации как инструмент дипломатии «мягкой силы» // Актуальные вопросы инновационной экономики. 2016. № 13. С. 197–203.
- Сморodinская Н.В. Глобализированная экономика: от иерархий к сетевому укладу. М.: Институт экономики РАН, 2015. 344 с.
- Тормошева В.С. Акторы современного политического пространства в контексте транснационализации // Вестник Томск. гос. ун-та. Философия. Социология. Политология. 2017. № 37. С. 280–290.
- Friedmann J. The World City Hypothesis. *Development and Change*, 1986, vol. 4, p. 69–83.
- Hall P. The World Cities. London: Weidenfeld and Nicolson, 1966. 256 p.
- Nye J. Bound To Lead: The Changing Nature Of American Power. NY.: Basic Books, 1991, 336 p.
- Nye J. The Future of Power. N.Y.: Public Affairs, 2011. 320 p.
- Moreau Defarges Ph. La mondialisation. Paris: Presses Universitaires de France, 1998, 127 p.
- Taylor P.J. New Political Geographies: Global Civil Society and Global Governance through World City Networks. *Political Geography*, 2005, vol. 24(6), p. 703–730.
- Taylor P.J. The New Geography of Global Civil Society: NGOs in the World City Network. *Globalizations*, 2004, vol. 1(2), p. 265–277.
- Электронные ресурсы*
- Кузнецов А.В. ТНК – усиление международной роли или усложнение адаптации к трендам мирового развития? // Доклад на Международных Лихачевских чтениях. Санкт-Петербург. 28.05.2019. URL: https://www.lihachev.ru/pic/site/files/lihcht/2019/dokladi/KuznetsovAV_plen_rus_izd.pdf (дата обращения: 17.02.2020).
- The Yearbook of International Organizations. Brussels: Union of International Associations, 2017, URL: <https://uia.org/yearbook> (дата обращения: 10.02.2019).

Поступила в редакцию 10.04.2020
После доработки 14.05.2020
Принята к публикации 06.07.2020

N.A. Sluka¹, E.F. Kolyasev²

GEOGRAPHY OF THE CENTERS OF INTERNATIONAL ORGANIZATIONS

The changing world development paradigm and the transition to a network lifestyle increase the role of new transnational actors, chiefly transnational corporations and international organizations, in the processes of global governance. Based in cities and having an extensive branch network, they produce a powerful impact on both the competitiveness of individual megacities, and the transformation of the global framework of the «centers of power». It seems promising to study the geographical aspects of symbiosis of cities and new transnational actors within the framework of a new problem area, i.e. the geopolitical urbanism.

¹ Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Department of Geography of World Economy, Professor, D.Sc. in Geography; e-mail: sluka2011@yandex.ru

² Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Department of Geography of World Economy, post-graduate student; e-mail: udjinkolyasev@gmail.com

The article gives reasons for the role of international organizations, especially non-government ones, as a main tool of «soft power». Their long history, high dynamics of quantitative growth and acceleration of spatial diffusion in recent years are discussed. The main features of their headquarters location in the cities during 1900–2016 are analyzed. Quantitative indicators were interpreted to elaborate a hierarchy and identify five principal categories of international organizations nodes, namely super-large, large, great, medium and small, are identified, with Brussels occupying the leading position among them. A large number of emerging centers have been revealed. Russia is represented only by Moscow which ranks within the third dozen of «small centers» of the world.

Key words: new transnational actors, network structure, international organizations, hierarchy and geography of centers

REFERENCES

- Friedmann J.* The World City Hypothesis. *Development and Change*, 1986, no. 4, p. 69–83.
- Hall P.* *The World Cities*. London: Weidenfeld and Nicolson, 1966, 256 p.
- Kaverin M.A., Malkov S.U.* Tendentsii razvitiya mezhdunarodnykh organizatsiy v kontekste evolyutsii globalnoy politicheskoy sistemy [Trends of international organizations in the context of global political system evolution]. *Bulletin of RUDN. International Relation*, 2014, no. 2, p. 200–209. (In Russian)
- Kolosov V.A.* [Geopolitics and world economy: traditions and new interdisciplinary research directions]. *Geografiya mirovogo hozyajstva: traditsii, sovremennost', perspektivy* [Geography of world economy: traditions, modernity, prospects]. Moscow-Smolensk: Oikumena, 2016, p. 81–94. (In Russian)
- Lebedeva M.M.* «Myagkaya sila»: ponyatiye i podkhody [Soft power: concept and approaches]. *Bulletin of MGIMO*, 2017, no. 3, p. 212–223. (In Russian)
- Lebedeva M.M.* Aktory sovremennoy mirovoy politiki: trendy razvitiya [Actors of modern world politics: trends of development]. *Bulletin of MGIMO*, 2013, no. 1, p. 38–42. (In Russian)
- Moreau Defarges Ph.* *La mondialisation*. Paris: Presses Universitaires de France – PUF, 1998, 127 p.
- Naumov A.O.* Mezhdunarodnyye nepravitelstvennyye organizatsii i problemy globalnogo upravleniya [International non-government organizations and global governance problems]. *Electronic bulletin*, 2013, no. 39, p. 49–76. (In Russian)
- Nye J.* *Bound to Lead: The Changing Nature of American Power*. NY.: Basic Books, 1991, 336 p.
- Nye J.* *The Future of Power*. N.Y.: Public Affairs, 2011, 320 p.
- Slavcheva P.* Nepravitelstvennyye organizatsii kak instrument diplomatii «myagkoy sily» [Nongovernment organizations as a soft power diplomatic tool]. *Actual problems of innovation economics*, 2016, no. 13, p. 197–202. (In Russian)
- Smorodinskaya N.V.* *Globalizirovannaya ekonomika: ot ierarhii k setevomu ukladu* [Globalized economy: from hierarchy to network mode]. Moscow, Economics Institute of Russian Academy of Science, 2015. (In Russian)
- Taylor P.J.* New Political Geographies: Global Civil Society and Global Governance through World City Networks. *Political Geography*, 2005, no. 24(6), p. 703–730.
- Taylor P.J.* The New Geography of Global Civil Society: NGOs in the World City Network. *Globalizations*, 2004, no. 1(2), p. 265–277.
- Tormocheva V.S.* Aktory sovremennoy politicheskoy prostranstva v kontekste transnatsionalizatsii [Actors of modern political space in the transnationalization context]. Tomsk, *Bulletin of Tomsk State University. Philosophy. Sociology. Politology*, 2017, no. 37, p. 280–290. (In Russian)
- Web-sources*
- Kuznetsov A.* TNK – usilenie mezhdunarodnoj roli ili uslozhenie adaptatsii k trendam mirovogo razvitiya? [TNK – strengthening the international role or the complexity of adaptation to global development trends?] Report on the International Likhachev readings. Saint-Petersburg. 28.05.2019. URL: https://www.lihachev.ru/pic/site/files/lihacht/2019/dokladi/KuznetsovAV_plen_rus_izd.pdf (access date 17.02.2020). (In Russian)
- The Yearbook of International Organizations. Brussels: Union of International Associations, 2017. URL: <https://uia.org/yearbook> (access date 10.02.2019).

Received 10.04.2020

Revised 14.05.2020

Accepted 06.07.2020

ПРАВИЛА ПОДГОТОВКИ СТАТЕЙ К ПУБЛИКАЦИИ В ЖУРНАЛЕ «ВЕСТНИК МОСКОВСКОГО УНИВЕРСИТЕТА. СЕРИЯ 5. ГЕОГРАФИЯ»

Общие требования к статье

Журнал «Вестник Московского университета. Серия 5. География» публикует результаты оригинальных исследований в различных областях географической науки, теоретические, методические и обзорные статьи, представляющие интерес для мирового научного сообщества. Представленные к опубликованию материалы должны соответствовать формальным требованиям журнала, пройти процедуру слепого рецензирования и получить рекомендацию к публикации на заседании редколлегии журнала. Решение о публикации принимается на основе научной значимости и актуальности представленных материалов. Статьи, отклоненные редакционной коллегией, повторно не принимаются и не рассматриваются.

Объем статьи (текст, таблицы, список литературы, рисунки, перевод на английский) не должен превышать 1 а. л. (40 тыс. печатных знаков, включая пробелы), не более 50 тыс. знаков для обзорных статей. Объем кратких сообщений составляет 0,25 а. л. Рекомендуемый список литературы – до 30 наиболее актуальных работ по рассматриваемому вопросу. В обзорных статьях список литературы не должен превышать 60 источников. Для кратких сообщений список литературы может быть до 10 источников. Самоцитирований в списке литературы не должно быть более 10% от общего числа использованных источников.

Статья должна быть четко структурирована и включать рубрики: введение; материалы и методы исследований; результаты исследований и их обсуждение; выводы; список литературы.

Все материалы статьи компонуется в **единый сводный файл в формате Word** и размещаются в нем в следующей последовательности:

1. УДК;
2. Название статьи;
3. Инициалы и фамилия автора(ов);
4. Для каждого автора приводится полное название учреждения, в котором выполнялось исследование, подразделение (кафедра, лаборатория и т. п.), уч. степень, должность, *e-mail*;
5. Аннотация статьи;
6. Ключевые слова;
7. Текст статьи;
8. Благодарности, в том числе – финансирование;
9. Список литературы;
10. Таблицы;
11. Подрисуночные подписи;
12. Рисунки;
13. Перевод на английский язык пунктов 2–6, 8–9, 11. В пункте 4 просьба использовать в переводе официальное наименование организации на английском языке (а не собственный вариант перевода).

Подготовка текста

Текст набирается 12 кеглем через один интервал, поля слева, сверху и снизу – 2 см, справа – 1,5 см. Не допускается использование табулятора или пробелов для обозначения абзаца, ручных переносов в словах, переносов строк клавишей Enter в рамках одного предложения, разрывов страниц и разделов. В тексте статьи возможно использование полужирного шрифта и курсива для смысловых выделений, однако не должно использоваться подчеркивание. Десятичная часть чисел отделяется запятой.

Формулы набираются в редакторе формул в отдельную строку и имеют сквозную нумерацию по всей статье, выровненную по правому краю строки.

Таблицы набираются в Word, не допускается разделение ячеек косой линией. Ручные переносы не допускаются.

Рисунки представляются отдельными файлами, названными по номерам рисунков (например: рис.1.tiff, рис.2.jpg), в графическом формате (eps, tif, jpg) разрешением не менее 300 dpi для полутоновых и 600 dpi для черно-белых изображений. Для графиков, выполненных в Excel, дополнительно прилагаются соответствующие файлы Excel. Картинки должны быть полностью готовы к изданию. Представление рисунков в виде схем Word или набранного текста с добавлением графических элементов, наложенных сверху, **не допускаются**.

Ссылка на источник в тексте документа указывается в квадратных скобках. В тексте ссылки через запятую указывается фамилия автора и год издания. Если ссылок несколько – они отделяются друг от друга точкой с запятой. Ссылка на источник на иностранном языке указывается на языке оригинала. Список русскоязычной литературы оформляется в соответствии с ГОСТ 7.1–2003, 7.82–2001 и 7.0.5–2008. DOI (при наличии) указывается в конце ссылки. Ссылка на источник на английском языке оформляется единообразно и в русскоязычном, и в переведенном на английский язык списке литературы. **При наличии у русскоязычного издания, которое фигурирует в списке литературы, оригинальной или переводной англоязычной версии в ссылке должна быть указана именно она, а не русскоязычный вариант.**

Более подробные инструкции по подготовке статей для авторов можно найти на сайте журнала <https://vestnik5.geogr.msu.ru/jour/index>.

Статьи, оформленные не по правилам, будут возвращаться автору на переработку.

Статьи принимаются на географическом факультете в редакции, через сайт журнала и по электронной почте.

Редакция: комната 2108а, тел. +7(495)-939-29-23. Сайт журнала <https://vestnik5.geogr.msu.ru/jour/index>. Электронная почта: vestnik_geography@mail.ru