

### СОДЕРЖАНИЕ

#### *География и экология*

- Земцов С. П., Шартова Н. В., Константинов П. И., Варенцов М. И., Кидяева В. М. Уязвимость населения районов Москвы к опасным природным явлениям ..... 3
- Рябушко В. И., Козинцев А. Ф., Тоичкин А. М. Пространственное распределение мышьяка в прибрежье Крымского полуострова (Черное и Азовское моря) ..... 14

#### *Методы географических исследований*

- Землянский Д. Ю., Махрова А. Г., Медведникова Д. М. Методические подходы к составлению комплексных индексов социально-экономического развития городов ..... 21
- Крюков В. А., Голубева Е. И. Оценка вклада экологических и социальных факторов в комфортность проживания в Москве ..... 32
- Мишурицкий Д. В., Бредихин А. В. Рекреационно-геоморфологическое информационное обеспечение туристической деятельности ..... 42
- Рахуба А. В., Шмакова М. В. Моделирование распределения мутности воды в Куйбышевском водохранилище ..... 51
- Чистяков П. А., Ромашина А. А., Петросян А. Н., Шевчук Е. И., Бабурин В. Л. Центры экономического роста Российской Федерации на муниципальном уровне ..... 58

#### *Региональные исследования*

- Замятина Н. Ю., Гончаров Р. В. Арктическая урбанизация: феномен и сравнительный анализ ..... 69
- Серых И. В., Толстиков А. В. О причинах долгопериодной изменчивости приповерхностной температуры воздуха над Белым морем ..... 83
- Колесников С. Ф. Четвертичные отложения полуострова Широкостан ..... 96
- Смирнов И. П., Смирнова А. А., Ткаченко А. А. Итоги проведения политики сселения малых деревень в Нечерноземье (на примере Тверской области) ..... 105

#### *Краткие сообщения*

- Бабкин Р. А. Оценка численности населения муниципальных образований Московского столичного региона по данным операторов сотовой связи ..... 116

C O N T E N T S

*Geography and ecology*

Zemtsov S.P., Shartova N.V., Konstantinov P.I., Varentsov M.I., Kidyayeva V.M. Vulnerability of the population of Moscow districts to natural hazards .....	3
Ryabushko V.I., Kozintsev A.F., Toichkin A.M. Spatial distribution of arsenic in the coastal areas of the Crimean peninsula (the Black Sea and the Sea of Azov) .....	14

*Methods of geographical studies*

Zemlyanskii D. Yu., Makhrova A.G., Medvednikova D.M. Methodological approaches to the elaboration of complex indexes of the socio-economic development of cities .....	21
Kryukov V.A., Golubeva E.I. Assessment of the contribution of environmental and social factors to liveability in Moscow .....	32
Mishurinskij D.V., Bredikhin A.V. Recreational-geomorphological information support of tourist activities .....	42
Rakhuba A.V., Shmakova M.V. Modeling of water turbidity distribution in the Kujbyshev reservoir .....	51
Chistyakov P.A., Romashina A.A., Petrosian A.N., Shevchuk E.I., Baburin V.L. Municipal-level centers of economic growth in the Russian Federation .....	58

*Regional studies*

Zamyatina N.Yu., Goncharov R.V. Arctic urbanization: a phenomenon and a comparative analysis .....	69
Serykh I.V., Tolstikov A.V. On the causes of the long-term variability of surface air temperature over the White Sea .....	83
Kolesnikov S.F. Quaternary sediments of the Shirokostas peninsula .....	96
Smirnov I.P., Smirnova A.A., Tkachenko A.A. The results of the «resettlement of small villages» policy in the non-chernozem area (case study of the Tver region) .....	105

*Short communications*

Babkin R.A. Estimation of the population of municipalities in the Moscow metropolitan region according to the data of mobile operators .....	116
--	-----

## ГЕОГРАФИЯ И ЭКОЛОГИЯ

УДК 32.1+551.582(98)

С.П. Земцов<sup>1,2</sup>, Н.В. Шартова<sup>3</sup>, П.И. Константинов<sup>4</sup>, М.И. Варенцов<sup>5,6</sup>, В.М. Кидяева<sup>7</sup>**УЯЗВИМОСТЬ НАСЕЛЕНИЯ РАЙОНОВ МОСКВЫ К ОПАСНЫМ ПРИРОДНЫМ ЯВЛЕНИЯМ**

В России и за рубежом наблюдается рост повторяемости опасных природных явлений, в том числе пиковых термических условий, эпидемий, наводнений, ураганов и др. В результате изменений климата, старения и роста мобильности населения, увеличения плотности застройки, ухудшения экологической ситуации, жители крупных городов становятся более уязвимы к последствиям подобных событий. Так, по оценкам экспертов в Москве более 11 тыс. человек стали жертвами экстремальных летних температур 2010 г. Последствия эпидемии коронавируса только предстоит оценить, но изучение социально-экономических различий районов Москвы актуально в условиях начавшегося кризиса и развернувшейся пандемии с учетом негативных последствий для здоровья и жизни жителей.

Авторами предложен индекс уязвимости населения районов столицы к опасным природным явлениям. Индекс учитывает долю наиболее восприимчивой части населения, а также возможности адаптации жителей. Наиболее уязвимы пенсионеры, инвалиды, жители более бедных районов и мигранты – все те слои общества, которые не могут защитить себя или покинуть зону бедствия из-за физических или финансовых ограничений. Нами установлено, что с 2010 г. в 104 из 125 районах Москвы уязвимость населения выросла за счет роста числа пожилых и маломобильных граждан, сокращения доходов населения в депрессивных районах. Приоритетные территории для проведения политики адаптации к опасным явлениям расположены в Зеленограде (Матушкино, Савёлки, Старое Крюково, Крюково, Силино), на юго-востоке (Некрасовка, Вешняки) и северо-востоке (Северное Измайлово, Метрогородок, Гольяново) столицы. В центральных районах, подверженных процессам джентрификации, благодаря увеличению доли состоятельных граждан и благоустройству адаптивность росла.

В результате кризиса 2020 г., связанного с пандемией и падением цен на нефть, сокращение доходов населения может привести к дальнейшему росту уязвимости жителей большинства районов Москвы, а наибольшие негативные последствия ожидаются в более уязвимых районах. Результаты позволяют более точно применять инструменты мониторинга, предупреждения и адаптации к опасным явлениям, в частности в упомянутых районах потребуются обеспечение своевременного доступа скорой помощи и проведение разъяснительной работы с пожилыми жителями и мигрантами.

*Ключевые слова:* изменение климата, городская среда, Москва, волны жары, старение населения, неравенство доходов, мигранты, адаптация к изменениям климата, эпидемия коронавируса, экономический кризис

**Введение.** В последние десятилетия в России и за рубежом наблюдается рост повторяемости опасных природных явлений [РСС, 2014]. Несколько глобальных трендов – изменение климата, старение, увеличение плотности (урбанизация) и мобильности населения, рост экологических проблем – приводят к тому, что отдельные категории жителей

крупных городов мира становятся более уязвимы к последствиям подобных событий. Для крупнейших агломераций России наиболее серьезные последствия могут оказывать экстремальные температурные условия, эпидемии, ураганы и наводнения. В условиях начавшегося экономического кризиса и развернувшейся эпидемии коронавируса наиболее

<sup>1</sup> Российская академия народного хозяйства и государственной службы при Президенте Российской Федерации, лаборатория исследований проблем предпринимательства, вед. науч. с.; e-mail: spzemtsov@gmail.com

<sup>2</sup> Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет, кафедра экономической и социальной географии России, канд. геогр. н., преподаватель; e-mail: spzemtsov@gmail.com

<sup>3</sup> Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет, кафедра геохимии ландшафтов и географии почв, канд. геогр. н., ст. науч. с.; e-mail: shartova@yandex.ru

<sup>4</sup> Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет, кафедра метеорологии и климатологии, канд. геогр. н., ст. преподаватель; e-mail: kostadini@mail.ru

<sup>5</sup> Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет, кафедра биогеографии, науч. с., канд. геогр. н.; e-mail: mvar91@gmail.com

<sup>6</sup> Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Научно-исследовательский вычислительный центр, науч. с.; e-mail: mvar91@gmail.com

<sup>7</sup> Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет, НИЛ снежных лавин и селей, канд. геогр. н., инженер; e-mail: veramkid@gmail.com

актуальным становится изучение социально-экономических различий территории Москвы с учетом возможных негативных последствий для здоровья и жизни жителей столицы.

Последствия коронавирусной эпидемии 2020 г. в России только предстоит оценить, но на примере городов Италии и Китая [Chen et al., 2020; Hauser et al., 2020] можно ожидать, что дополнительная смертность возрастет, если не принимать кардинальных мер. Уже сейчас рост заболеваемости, внедрение карантинных мероприятий привели к существенному снижению занятости, темпов экономического роста во всем мире, а в перспективе вместе с падением цен на нефть приведут к глобальному экономическому кризису и снижению доходов населения [Vedev et al., 2020].

Для примера дополнительная смертность населения в европейской части России в июле–августе 2010 г. во время аномальной жары составила более 54 тыс. случаев по сравнению с аналогичным периодом 2009 г. [Ревич, 2011]. Основными причинами смерти стали болезни системы кровообращения и органов дыхания. В наибольшей степени возросла смертность в Москве – на 11 тыс. случаев или 60% [Ревич, 2011; Shaposhnikov et al., 2014; Ревич и др., 2015]. Экономические потери Москвы от дополнительной смертности населения летом 2010 г. были оценены в пределах 97–123 млрд руб. или 1,23–1,57% ВВП [Порфирьев, 2013]. При этом наибольшее влияние волны жары<sup>8</sup>, как и коронавирусная эпидемия [Chen et al., 2020], оказывают на пожилое население крупных городов [Jones et al., 1982; Semenza et al., 1995; Kovats, Hajat, 2008; Kosatsky et al., 2012].

Наша цель состояла в оценке уязвимости населения районов Москвы к опасным природным явлениям и ее изменений с 2010 г., что необходимо для анализа подготовленности жителей города к существующим рискам 2020 г. и возможному повторению опасных событий в будущем. Ранее для Москвы при проведении подобного рода исследований не учитывалась внутригородская дифференциация территории, хотя в мире уже накоплен достаточный опыт на примере Лондона [Wolf, McGregor, 2013], Нью-Йорка [Rosenthal et al., 2014], Пекина [Dong et al., 2014], Флоренции [Masseti et al., 2014], Хьюстона [Conlon et al., 2016], Ванкувера [Ho et al., 2016], Лиссабона [Burkart et al., 2015], Сеула [Jänicke et al., 2019], Гонконга [Shi et al., 2019] и других городов.

**Материалы и методы.** Уязвимость населения – степень потери здоровья или смерти жителей, возникающие в результате развития потенциально опасного явления. Уязвимость является функцией способности социальных, физических и экономических структур противостоять опасности [Cutter, 2003; Garschagen et al., 2016; Fuchs, Glade, 2016].

Для оценки индекса уязвимости населения к опасным природным явлениям (*VUL*) использованы два слагаемых в соответствии с предшествующими работами [Cutter, 2003; Garschagen et al., 2016; Ho et al., 2016; Wolf, McGregor, 2013; Dong et al., 2014; Земцов и др., 2012; Бабурин и др., 2016; Zemtsov et al., 2016]:

$$VUL_{i,t} = \frac{SUS_{i,t} - ADAP_{i,t}}{2},$$

где *i* – один из 125 муниципальных районов Москвы; *t* – годы, для которых проводилась оценка (2010–2017); *SUS* – индекс восприимчивости населения к опасному явлению; *ADAP* – индекс адаптивности жителей – возможность противостоять воздействию, снизить влияние опасного явления в будущем.

Исследование проведено без учета районов Новой Москвы, что связано как с отсутствием сопоставимых данных, так и со значительными различиями в плотности населения и социально-экономических условиях.

Восприимчивость жителей к опасным природным явлениям, определяемая вероятностью ухудшения самочувствия или смерти, во многом зависит от возраста, болезней, образа жизни и информированности человека. Например, волны жары и некоторые эпидемии имеют наибольшее влияние на смертность среди населения старше 65 лет [Curriero et al., 2002; Kim et al., 2006; Huynen et al., 2011]. Среди них высока доля лиц с сердечно-сосудистыми, онкологическими и респираторными заболеваниями [Huynen et al., 2011; Ревич и др., 2015]. В общем случае более высокая доля пожилых жителей в районе ведет к повышенной смертности в период опасных явлений. Еще более восприимчивы к экстремальным природным событиям жители, которые не в состоянии самостоятельно покинуть свой дом в силу возраста или инвалидности [Бабурин и др., 2016; Zemtsov et al., 2014].

Дополнительная категория граждан, чувствительных к опасным явлениям, – это мигранты [Hansen et al., 2013; Wachinger et al., 2013; Garschagen et al., 2016]. Они чаще всего живут скученно и трудятся в наименее благоприятных условиях. В обзорной работе [Hansen et al., 2013] показано, что социальные, экономические и культурные барьеры повышают уязвимость мигрантов, в частности, они не имеют доходов для улучшения условий труда и проживания, языковой барьер существенно снижает их шансы на своевременное получение достоверной информации об опасном явлении, сложное правовое положение ограничивает доступ к врачебной и иной помощи. В период эпидемий повышенная мобильность мигрантов также может способствовать распространению заболеваний за пределы городов.

<sup>8</sup> Связь между высокой температурой окружающей среды и смертностью населения [Curriero et al., 2002; Kim et al., 2006; Huynen et al., 2011; Barnett et al., 2012] значительно возрастает при возникновении волн жары (от англ. heat waves). По критерию Росгидромета волна жары – это период с апреля по сентябрь, когда в течение 5 дней и более значение среднесуточной температуры воздуха выше климатической нормы на 7°C и более [РД 52.88.699-2008].

Для оценки восприимчивости (*SUS*) населения к опасным явлениям использованы данные по трем показателям:

$$SUS_{i,t} = \frac{AGE_{i,t} + INV_{i,t} + MIGR_{i,t}}{3},$$

где *AGE* (возрастное население) – субиндекс доли жителей старше трудоспособного возраста в населении, % (для 2017 г. расчеты приведены исходя из данных переписи 2010 г. и динамики доли населения старше трудоспособного возраста в Москве); *INV* (малоподвижное население) – субиндекс численности лиц, обслуживаемых отделениями социального обслуживания на дому, граждан пожилого возраста и инвалидов, человек на 1000 жителей [Мосгорстат, 2019]; *MIGR* (неинформированное и малообеспеченное население) – субиндекс числа прибывших мигрантов на 1000 жителей [Мосгорстат, 2019].

Каждый субиндекс здесь и далее получен нормированием индикатора от 0 до 1 по формуле линейного масштабирования [Garschagen et al., 2016; Zemtsov et al., 2014].

Для оценки адаптивности населения к опасным явлениям (*ADAPT*) в литературе, в первую очередь, используются различные показатели уровня жизни, доходов. Чем богаче население района, тем больше у него возможности для отъезда в более безопасный район, на дачу [Махрова, 2015], для использования частной медицинской помощи, для приобретения необходимого оборудования (медицинские приборы), покупки лекарств т. д. [Dong et al., 2014; Garschagen et al., 2016; Бабурин и др., 2016; Zemtsov et al., 2016]. Бедное население, нуждающееся в социальной поддержке, наоборот, не может позволить себе даже необходимые медицинские препараты [Zemtsov et al., 2014; Бабурин и др., 2016].

Мы использовали для оценки адаптивности два индикатора:

$$ADAPT_{i,t} = \frac{INC_{i,t} - POV_{i,t}}{2},$$

где *INC* (население с высокими доходами) – субиндекс оценки стоимости недвижимости в районах Москвы [Индикаторы рынка недвижимости, 2019]; *POV* (бедность) – субиндекс доли граждан, пользующихся социальной поддержкой по оплате жилого помещения и коммунальных услуг (Мосгорстат). К сожалению, данные о заработной плате, предоставляемые официальной статистикой, не могут использоваться для оценки уровня жизни в районах Москвы, так как население зачастую работает не в тех районах, в которых проживает [Махрова и др., 2016]. Поэтому были собраны данные о средней по району стоимости жилья (руб./м<sup>2</sup>). Чем выше стоимость жилья в районе, тем при прочих равных условиях в среднем выше доходы и уровень жизни населения в этом районе [Махрова, Ноздрин, 2002].

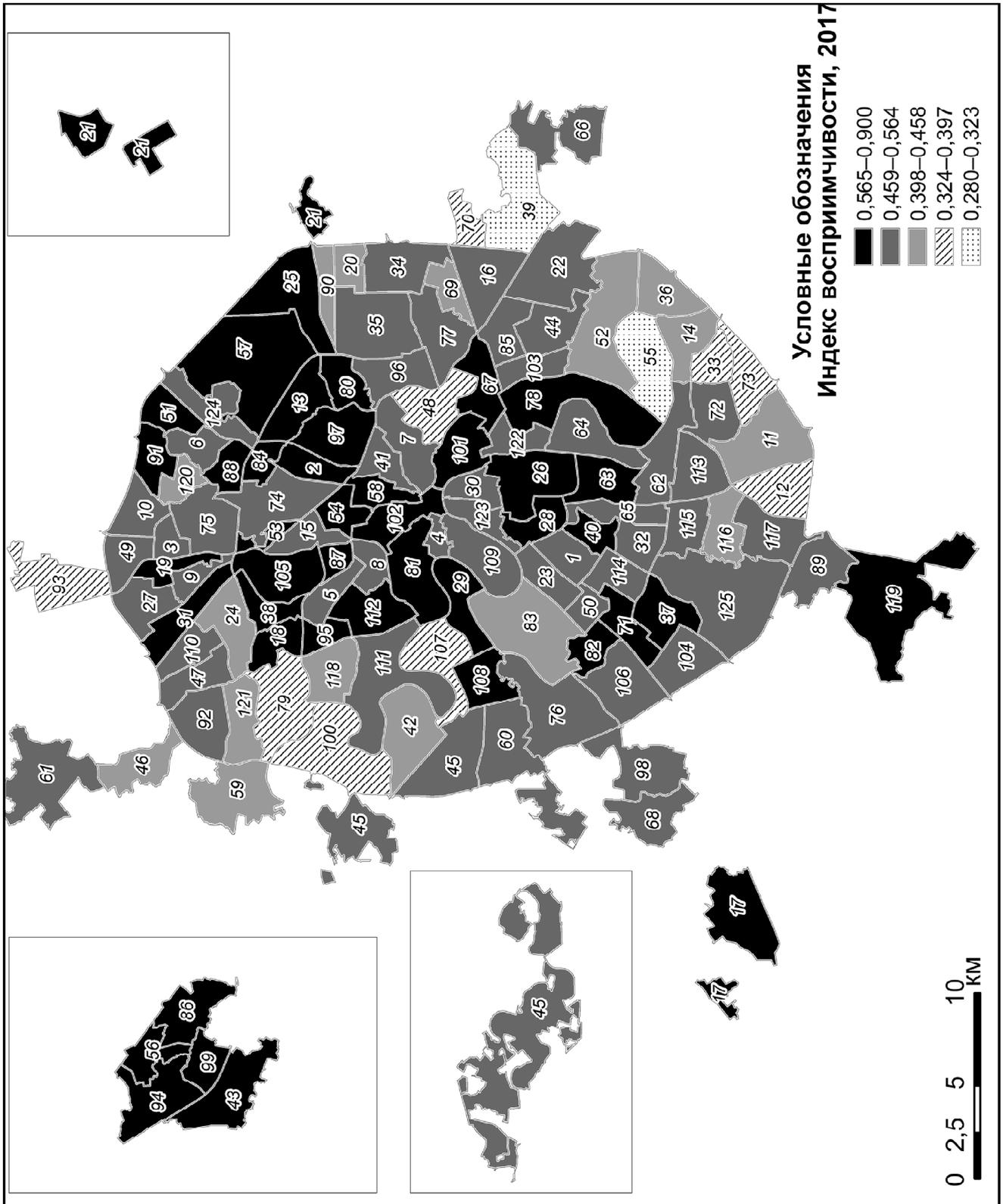
В более ранних работах [Dong et al., 2014; Zemtsov et al., 2016] в оценку уязвимости населения в регионах и странах мира также включались индикаторы развития системы здравоохранения и экстренных служб.

В целом способность населения преодолевать негативные последствия опасных природных явлений (волны жары, пандемии, наводнения, пожары и т. д.) зависит от скорости реагирования, потенциала и компетентности экстренных служб. Во время волн жары была значима скорость приезда скорой помощи, достаточность мест и наличие специализированного оборудования в стационарах медицинских учреждений. Например, в 2010 г. далеко не все больницы были оборудованы кондиционерами [Ревич, 2011; Ревич и др., 2015]. Но подобные различия сложно проследить на уровне районов одного города: во время масштабных событий, таких как эпидемии, все больницы города переполнены, используются доступные медучреждения иных районов. Отсутствуют достоверные данные об обеспеченности медицинских организаций оборудованием. Поэтому в исследовании внутригородской уязвимости соответствующие показатели не применялись.

**Результаты и их обсуждение.** Наибольшая доля пожилых граждан (более 31%) наблюдается в староосвоенных районах Москвы: Мещанский, Богородский, Теплый Стан, Сокольники, Преображенский, Ломоносовский (включая профессорско-преподавательский состав МГУ имени М.В. Ломоносова). При этом указанная доля в Москве в целом выросла с 23,6% до 26,7% с 2010 по 2017 гг. и продолжает расти. Доля граждан пожилого возраста и инвалидов, обслуживаемых отделениями социального обслуживания на дому, больше всего в Зеленограде (в составе Москвы); индикатор увеличился в 43 районах столицы. Доля прибывших мигрантов больше в окраинных районах Москвы, где расположено наиболее дешевое жилье, ведется активное строительство (многие мигранты заняты в строительном комплексе) [Махрова, Голубчиков, 2012]: Некрасовка, Внуково, Матушкино, Северный. Доля прибывших увеличилась с 2010 по 2017 гг. в 112 из 125 исследованных районов Москвы.

В целом индекс восприимчивости (рис. 1) вырос в 2010–2017 гг. с 0,41 до 0,51, т. е. население Москвы стало более чувствительно к опасным природным явлениям, чем это было в 2010 г. В условиях эпидемии COVID-19 в 2020 г. может увеличиться смертность среди пожилого населения наименее социально благоприятных районов, а в результате экономического кризиса столицу может покинуть большая часть мигрантов, как это уже наблюдалось в кризисные 2015–2016 гг. Поэтому краткосрочно в 2020 г. индекс восприимчивости может временно снизиться. В дальнейшем тенденция старения населения в Москве продолжится, а город все в большей степени будет интегрироваться в глобальные потоки мигрантов, поэтому подверженность опасным явлениям продолжит расти.

Хотя в отдельные годы, особенно в кризис 2015–2016 гг., наблюдалось снижение цен на недвижимость и доходов населения в Москве, в 2017 г. они были выше с учетом инфляции, чем в 2010 г. Выше всего цена на жилье, а соответственно, и уровень



благополучия жителей в наиболее престижных центральных районах Москвы [Попов, 2007; Махрова, Голубчиков, 2012]: Арбат, Тверской, Якиманка, Хамовники. Здесь же проживает наиболее зажиточная и наименее уязвимая к опасным явлениям часть населения.

Ниже цены в наименее благоустроенных периферийных районах с более социально незащищенным населением [Махрова, Голубчиков, 2012]: Матушкино, Савёлки, Силино, Крюково, Старое Крюково, Бирюлёво Западное, Бирюлёво Восточное, Внуково, Ново-Переделкино, Вешняки, Выхино-Жулебино, Новокосино, Некрасовка. Большинство этих районов расположены в неблагоприятных экологических условиях: в окраинных районах на востоке, севере и юге Москвы с сохранившимся промышленным производством и минимальной долей зеленых зон. Это дополнительно повышает риски отдельных опасных явлений, так как в среднем в этих районах ниже значения показателей, характеризующих здоровье жителей. В долгосрочном периоде существует риск дальнейшего ухудшения здоровья на-

селения в районах уплотненной застройки из-за строительства новых автомагистралей, повышения загрязнения воздуха от личного автотранспорта, снижения доли зеленых насаждений, строительства мусоросжигательных полигонов. Подобные тенденции можно проследить на примере районов Вешняки, Выхино-Жулебино, Новокосино, Некрасовка и др.

Доля граждан, пользующихся социальной поддержкой по оплате жилого помещения и коммунальных услуг, выросла в 108 районах из 125. Это связано как с увеличением числа пожилых малоимущих граждан, так и с расширением социальной поддержки. Выше всего уровень потребности в социальной поддержке населения в периферийных и полупериферийных районах Москвы, преимущественно застроенных в 1960–70-е гг. с повышенной долей пожилых жителей, занятых ранее в менее доходных отраслях промышленности: Ховрино, Коптево, Тёплый Стан, Головинский, Бибирево, Войковский, Вешняки. Пенсионные выплаты и зарплаты сотрудников промышленных предприятий чаще всего ниже среднерегиональных.



Рис. 1. Индекс восприимчивости населения районов Москвы к опасным природным явлениям в 2017 г.

Цифрами обозначены районы Москвы (без Новой Москвы, в алфавитном порядке): 1 – Академический; 2 – Алексеевский; 3 – Алтуфьевский; 4 – Арбат; 5 – Аэропорт; 6 – Бабушкинский; 7 – Басманный; 8 – Беговой; 9 – Бескудниковский; 10 – Бибирево; 11 – Бирюлёво Восточное; 12 – Бирюлёво Западное; 13 – Богородское; 14 – Братеево; 15 – Бутырский; 16 – Вешняки; 17 – Внуково; 18 – Войковский; 19 – Восточное Дегунино; 20 – Восточное Измайлово; 21 – Восточный; 22 – Выхино – Жулебино; 23 – Гагаринский; 24 – Головинский; 25 – Гольяново; 26 – Даниловский; 27 – Дмитровский; 28 – Донской; 29 – Дорогомиллово; 30 – Замоскворечье; 31 – Западное Дегунино; 32 – Зюзино; 33 – Зябликово; 34 – Ивановское; 35 – Измайлово; 36 – Капотня; 37 – Коньково; 38 – Коптево; 39 – Косино – Ухтомский; 40 – Котловка; 41 – Красносельский; 42 – Крылатское; 43 – Крюково; 44 – Кузьминки; 45 – Кунцево; 46 – Куркино; 47 – Левобережный; 48 – Лефортово; 49 – Лианозово; 50 – Ломоносовский; 51 – Лосиноостровский; 52 – Люблино; 53 – Марфино; 54 – Марьяна Роша; 55 – Марьино; 56 – Матушкино; 57 – Метрогородок; 58 – Мещанский; 59 – Митино; 60 – Можайский; 61 – Молжаниновский; 62 – Москворечье – Сабурово; 63 – Нагатинский Затон; 64 – Нагатинский Затон; 65 – Нагорный; 66 – Некрасовка; 67 – Нижегородский; 68 – Ново-Переделкино; 69 – Новогиреево; 70 – Новокосино; 71 – Обручевский; 72 – Орехово – Борисово Северное; 73 – Орехово – Борисово Южное; 74 – Останкинский; 75 – Отрадное; 76 – Очаково – Матвеевское; 77 – Перово; 78 – Печатники; 79 – Покровское – Стрешнево; 80 – Преображенское; 81 – Пресненский; 82 – Проспект Вернадского; 83 – Раменки; 84 – Ростокино; 85 – Рязанский; 86 – Савёлки; 87 – Савёловский; 88 – Свиблово; 89 – Северное Бутово; 90 – Северное Измайлово; 91 – Северное Медведково; 92 – Северное Тушино; 93 – Северный; 94 – Силино; 95 – Сокол; 96 – Соколиная Гора; 97 – Сокольники; 98 – Солнцево; 99 – Старое Крюково; 100 – Строгино; 101 – Таганский; 102 – Тверской; 103 – Текстильщики; 104 – Тёплый Стан; 105 – Тимирязевский; 106 – Тропарёво – Никулино; 107 – Филёвский Парк; 108 – Фили – Давыдково; 109 – Хамовники; 110 – Ховрино; 111 – Хорошёво-Мнёвники; 112 – Хорошёвский; 113 – Царицыно; 114 – Черёмушки; 115 – Чертаново Северное; 116 – Чертаново Центральное; 117 – Чертаново Южное; 118 – Щукино; 119 – Южное Бутово; 120 – Южное Медведково; 121 – Южное Тушино; 122 – Южнопортовый; 123 – Якиманка; 124 – Ярославский; 125 – Ясенево

Fig. 1. Index of susceptibility of the population of Moscow regions to natural hazards in 2017

Numbers are for the following districts of Moscow (not including New Moscow, in Russian alphabetic order): 1 – Akademicheskyy; 2 – Alekseevskyy; 3 – Altufyevskyy; 4 – Arbat; 5 – Aeroport; 6 – Babushkinsky; 7 – Basmanny; 8 – Begovoy; 9 – Beskudnikovskyy; 10 – Bibirevo; 11 – Biryulyovo Vostochnoye; 12 – Biryulyovo Zapadnoye; 13 – Bogorodskoye; 14 – Brateevo; 15 – Butyrskyy; 16 – Veshnyaki; 17 – Vnukovo; 18 – Vojkovskyy; 19 – Vostochnoye Degunino; 20 – Vostochnoye Izmailovo; 21 – Vostochnyy; 22 – Vykhino–Zhulebino; 23 – Gagarinskyy; 24 – Golovinskyy; 25 – Goljyanovo; 26 – Danilovskyy; 27 – Dmitrovskyy; 28 – Donskoy; 29 – Dorogomilovo; 30 – Zamoskvorechie; 31 – Zapadnoye Degunino; 32 – Zyuzino; 33 – Zyablikovo; 34 – Ivanovskoye; 35 – Izmailovo; 36 – Kapotnya; 37 – Kon’kovo; 38 – Koptevo; 39 – Kosino–Ukhtomskyy; 40 – Kotlovka; 41 – Krasnosel’skyy; 42 – Krylatskoye; 43 – Kryukovo; 44 – Kuz’minki; 45 – Kuntsevo; 46 – Kurkino; 47 – Levoberezhny; 48 – Lefortovo; 49 – Lianozovo; 50 – Lomonosovskyy; 51 – Losinoostrovskyy; 52 – Lyublino; 53 – Marfino; 54 – Marjina Roscha; 55 – Marjino; 56 – Matushkino; 57 – Metrogorodok; 58 – Meschanskyy; 59 – Mitino; 60 – Mozhayskyy; 61 – Molzhaninovskyy; 62 – Moskvorechie–Saburovo; 63 – Nagatino–Sadovniki; 64 – Nagatinskyy Zaton; 65 – Nagorny; 66 – Nekrasovka; 67 – Nizhegerodskyy; 68 – Novo-Peredelkino; 69 – Novogireevo; 70 – Novokosino; 71 – Obruchevskyy; 72 – Orekhovo-Borisovo Severnoye; 73 – Orekhovo-Borisovo Yuzhnoye; 74 – Oostankinskoye; 75 – Otradnoye; 76 – Ochakovo-Matveevskoye; 77 – Perovo; 78 – Pechatniki; 79 – Pokrovskoye-Streshnevo; 80 – Preobrazhenskoye; 81 – Presnensky; 82 – Prospekt Vernadskogo; 83 – Ramenki; 84 – Rostokino; 85 – Ryazanskyy; 86 – Savyolki; 87 – Savyolovskyy; 88 – Sviblovo; 89 – Severnoye Butovo; 90 – Severnoye Izmailovo; 91 – Severnoye Medvedkovo; 92 – Severnoye Tushino; 93 – Severnyy; 94 – Silino; 95 – Sokol; 96 – Sokolinaya Gora; 97 – Sokol’niki; 98 – Solntsevo; 99 – Staroye Kryukovo; 100 – Strogino; 101 – Taganskyy; 102 – Tverskoy; 103 – Tekstil’schiki; 104 – Tyoply Stan; 105 – Timiryazevskyy; 106 – Troparyovo-Nikulino; 107 – Filyovskyy Park; 108 – Fili-Davydkovo; 109 – Khamovniki; 110 – Khovrino; 111 – Khoroshevo-Mnevniky; 112 – Khoroshevskyy; 113 – Tsarityno; 114 – Cheryomushki; 115 – Chertanovo Severnoye; 116 – Chertanovo Tsentral’noye; 117 – Chertanovo Yuzhnoye; 118 – Schukino; 119 – Yuzhnoye Butovo; 120 – Yuzhnoye Medvedkovo; 121 – Yuzhnoye Tushino; 122 – Yuzhnoportovyy; 123 – Yakimanka; 124 – Yaroslavskyy; 125 – Yasenevo

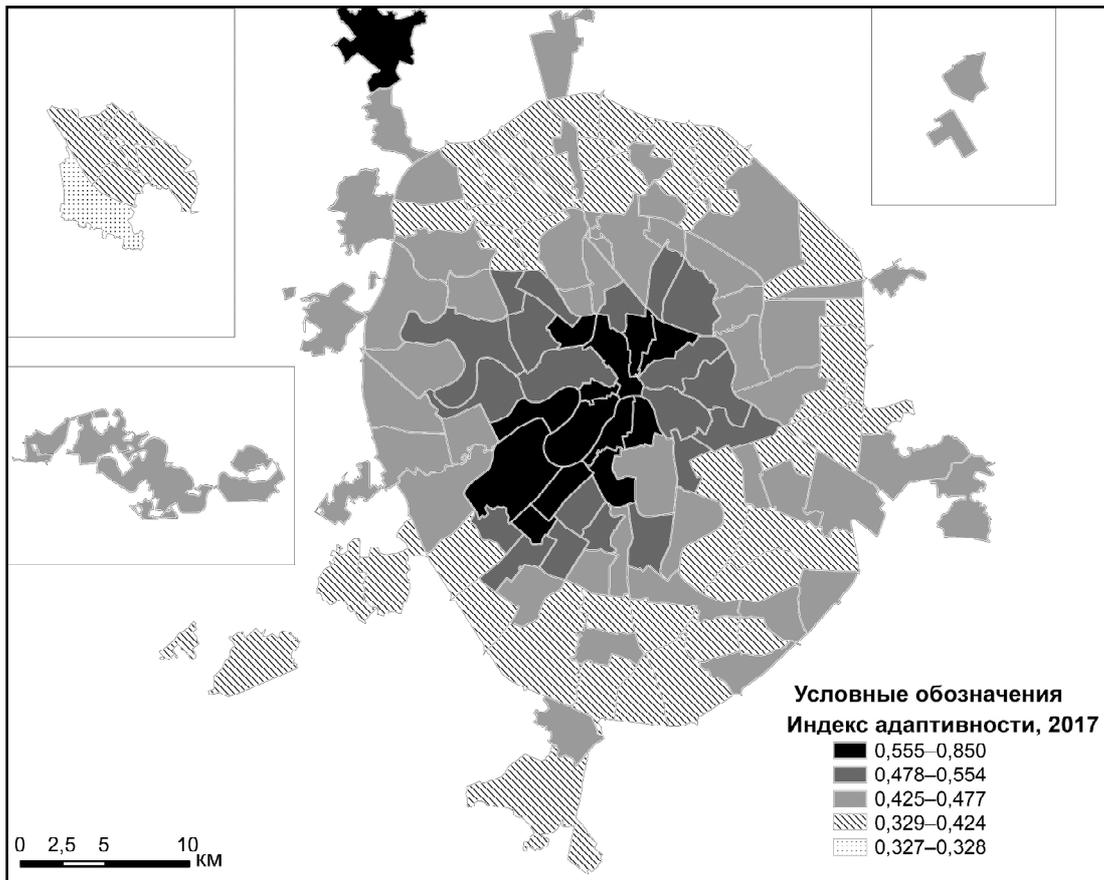


Рис. 2. Индекс адаптивности населения районов Москвы к опасным природным явлениям в 2017 г.

Fig. 2. Index of adaptability of the population of Moscow regions to natural hazards in 2017

*Индекс адаптивности* населения (рис. 2) выше и растет в наиболее дорогих для проживания районах Москвы: Арбат, Тверское, Якиманка, Хамовники, Красносельский, что связано с идущими процессами джентрификации<sup>9</sup> [Махрова, Голубчиков, 2012]. При этом индекс в среднем для Москвы вырос за рассматриваемый период, но только в 54 районах из 125. В результате начинающегося кризиса 2020 г. адаптивность в большинстве районов Москвы может существенно сократиться из-за общего падения доходов.

Максимальная *уязвимость* населения к опасным природным явлениям наблюдается (рис. 3): в Зеленограде (Матушкино, Савёлки, Старое Крюково, Крюково, Силино), на юго-востоке (Некрасовка, Вешняки), северо-востоке Москвы (Северное Измайлово, Метрогородок, Гольяново), во Внуково. Преимущественно это старосвоенные районы с малобюджетным и устаревшим жильем, большой долей маломобильных и пожилых граждан с низкими доходами и пенсиями.

При этом в 2017 г. в сравнении с 2010 г. (см. рис. 3) выявлено повышение индекса уязвимости населения в 104 из 125 районов Москвы, связанное с увеличением доли пожилых и маломобильных

граждан, миграционным приростом. Повысило уязвимость населения наблюдавшееся с 2014 г. сокращение доходов [Баринова, Земцов, 2019]. В 2017 г. средние доходы были ниже, чем в 2010 г. на 13%, хотя неравенство в доходах несколько снизилось [Barinova, Zemtsov, 2020]. Сохраняются риски роста неравенства, имущественной и этнической сегрегации населения наиболее уязвимых районов Москвы [Вендина, 2009; Махрова, Голубчиков, 2012], что может снизить возможности их адаптации в будущем.

В результате джентрификации снизилась уязвимость благополучных районов вблизи центра города, где проживает наиболее обеспеченное население: Арбат, Якиманка, Хамовники, Тверское, Дорогомилово, Хорошёво-Мнёвники.

**Выводы и рекомендации.** Выявлена существенная дифференциация территории Москвы с точки зрения уязвимости населения к опасным явлениям. В периферийных районах с максимальной уязвимостью в Зеленограде, во Внуково, на юго-востоке и северо-востоке столицы (см. рис. 3) необходимы дополнительные меры по адаптации пожилых и маломобильных граждан, информированию мигрантов.

<sup>9</sup> Реконструкция (ревитализация) пришедших в упадок центральных городских кварталов путем благоустройства и последующего привлечения более состоятельных жителей.

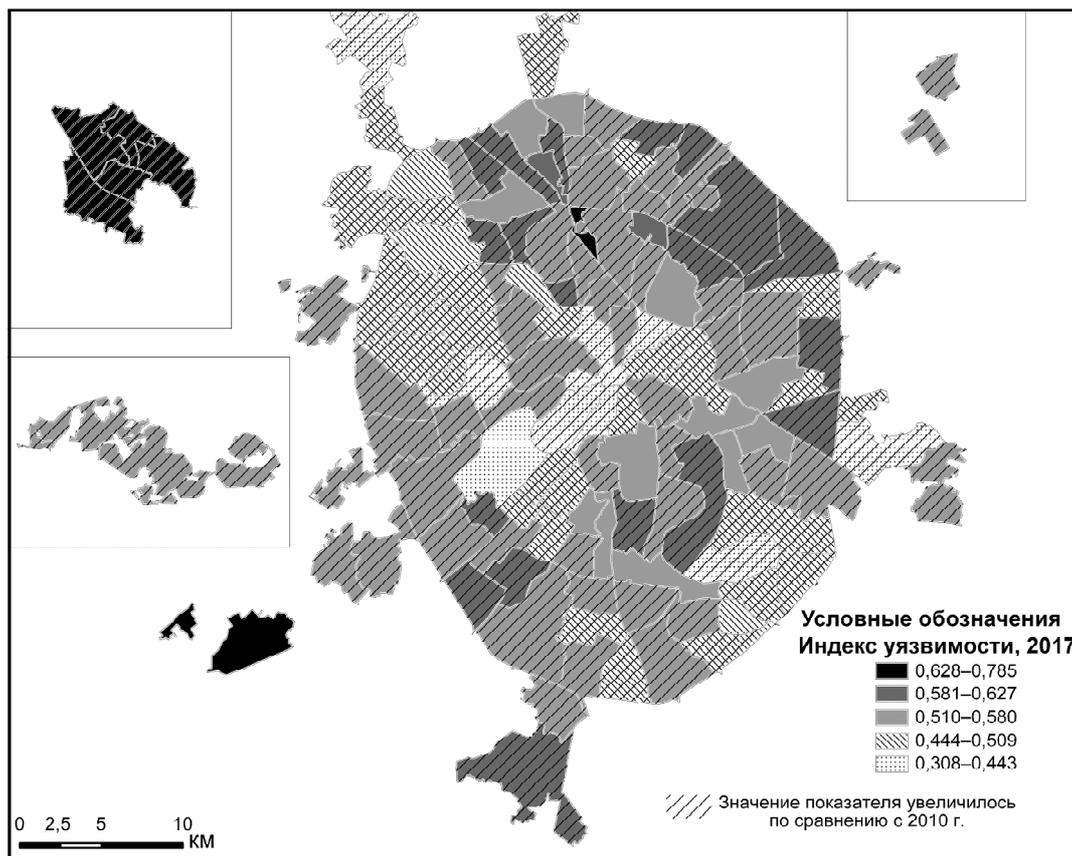


Рис. 3. Индекс уязвимости населения районов Москвы к опасным природным явлениям в 2017 г. в сравнении с 2010 г.

Fig. 3. Index of vulnerability of the population of Moscow regions to natural hazards in 2017 in comparison to 2010

С 2010 г. уязвимость населения выросла в 104 из 125 районов Москвы, в первую очередь, за счет роста численности пожилых и маломобильных граждан, сокращения доходов населения в районах с неблагоприятной социально-экономической ситуацией. Рост неравенства и социального расслоения в районах Москвы ведет к повышению уязвимости перед опасными природными явлениями. Проводимая в городе социальная политика (дополнительные льготы и субсидии пожилым гражданам, семьям с детьми) в некоторой степени сдерживает рост негативных тенденций.

В результате экономического кризиса 2020 г., связанного с пандемией коронавируса и падением цен на нефть, сокращение доходов населения может привести к росту уязвимости жителей большинства районов Москвы, но наибольшие негативные последствия ожидаются в более уязвимых районах. В дальнейшем на рост уязвимости окажет влияние старение и рост мобильности жителей, повышение плотности застройки. Увеличение плотности населения приведет к сокращению зеленых зон, повышенному загрязнению от личного автотранспорта и, соответственно, ухудшению здоровья жителей в отдельных районах столицы.

Полученные результаты могут использоваться для дальнейшего развития системы мониторинга и предупреждения опасных природных явлений, а так-

же позволят точно применять инструменты адаптации населения к ним. Например, для снижения последствий волн жары и эпидемий в наиболее уязвимых районах необходимо обеспечение своевременного доступа скорой помощи, проведение разъяснительной работы с местным населением пожилого возраста и мигрантами и т. д. Также в связи с резким ростом числа пациентов возможно временное увеличение персонала местных поликлиник, больниц и скорой помощи за счет студентов местных медуниверситетов [Knowlton et al., 2006].

Предложенный авторами индекс с необходимыми дополнениями может использоваться в исследованиях массовых опасных явлений как природного (волны жары и холода, ураганы, эпидемии), так и антропогенного (задымления и загрязнения воздушной среды) характера. Схожие индикаторы использовались в более ранних работах для оценки уязвимости к наводнениям и изменениям климата в Арктике [Земцов и др., 2012; Zemtsov et al., 2016; Бабурин и др., 2016].

Актуален предложенный подход и для оценки последствий эпидемий, подобной распространению коронавирусной инфекции. Крупные агломерации более интегрированы в глобальные потоки людей, в них выше плотность и средний возраст населения, а потому в целом жители Москвы более подвержены и восприимчивы к эпидемиям в сравнении с другими регионами России. Внутри крупных агломе-

раций в районах, где проживает более богатое население, уровень заболеваемости может быть выше, так как они чаще посещают зарубежные страны. В то же время в этих районах выше возможности для борьбы с инфекцией: покупка медикаментов, получение качественной и своевременной медицинской помощи, использование онлайн-услуг и удаленных форм занятости. А в районах с более возрастным населением последствия, в том числе смертность, при массовом заражении будут более существенны, так как именно пожилые, маломобильные граж-

дане с ослабленным иммунитетом более подвержены инфекциям дыхательных путей, не способны им противостоять из-за меньших финансовых возможностей, отсутствия интернет-компетенций и возможностей соблюдения карантина. Представленная методика может являться основой для разработки модифицированных индексов оценки уязвимости населения в зависимости от воздействия конкретного события. Так, в случае эпидемии индекс следует дополнить уровнем развития медицинских услуг и рядом эпидемиологических параметров.

**Благодарности.** Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект № 17-77-20070 «Оценка и прогноз биоклиматической комфортности городов России в условиях изменения климата в XXI веке»).

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Бабурин В.Л., Бадина С.В., Горячко М.Д., Земцов С.П., Колтерманн К.П. Оценка уязвимости социально-экономического развития Арктической территории России // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5. Геогр. 2016. № 6. С. 71–77.

Барина В.А., Земцов С.П. Инклюзивный рост и устойчивость регионов России // Регион: экономика и социология. 2019. № 1(101). С. 23–46.

Вендина О.И. Культурное разнообразие и побочные эффекты этнокультурной политики в Москве // Иммигранты в Москве / Под ред. Ж.А. Зайончковской. М.: Три квадрата, 2009. С. 45–148.

Земцов С.П., Крыленко И.Н., Юмина Н.М. Социально-экономическая оценка риска наводнений в прибрежных зонах Азово-Черноморского побережья Краснодарского края // Природные и социальные риски в береговой зоне Черного и Азовского морей / Под ред. К.П. Колтерманна, С.А. Добролюбова, Н.И. Алексеевского. М.: Триумф, 2012. С. 86–96.

Махрова А.Г. Сезонная субурбанизация в регионах России // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5. Геогр. 2015. № 4. С. 60–68.

Махрова А.Г., Голубчиков О.Ю. Российский город в условиях капитализма: социальная трансформация внутригородского пространства // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5. Геогр. 2012. № 2. С. 26–31.

Махрова А.Г., Кириллов П.Л., Бочкарев А.Н. Маятниковые трудовые миграции населения в Московской агломерации: опыт оценок потоков с использованием данных сотовых операторов // Региональные исследования. 2016. № 3. С. 71–82.

Махрова А.Г., Ноздрина Н.Н. Дифференциация на рынке жилья в Москве как проявление социального расслоения населения // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5. Геогр. 2002. № 3. С. 44–50.

Попов А.А. Территориальная дифференциация качества городской среды в Москве // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5. Геогр. 2007. № 4. С. 29–36.

Порфирьев Б.Н. Экономическая оценка людских потерь в результате чрезвычайных ситуаций. Вопросы экономики. 2013. № 1. С. 48–68. DOI: 10.32609/0042-8736-2013-1-48-68.

РД 52.88.699-2008 Положение о порядке действий учреждений и организаций при угрозе возникновения и возникновении опасных природных явлений.

Ревич Б.А. Волны жары, качество атмосферного воздуха и смертность населения европейской части России летом 2010 года: результаты предварительной оценки // Экология человека. 2011. № 7. С. 3–9.

Ревич Б.А., Шапошников Д.А., Першаген Г. Новая эпидемиологическая модель по оценке воздействия аномальной жары и загрязненного атмосферного воздуха на смертность населения (на примере Москвы 2010 г.) // Профилактическая медицина. 2015. Т. 18. № 56. С. 29–33.

Barinova V., Zemtsov S. Inclusive growth and regional sustainability of Russia. *Regional Research of Russia*, 2020, vol. 10, no 1, pp. 10–19.

Barnett A., Hajat S., Gasparrini A., Rocklöv J. Cold and heat waves in the United States. *Environmental research*, 2012, vol. 112, p. 218–224.

Burkart K., Meier F., Endlicher W. Modification of heat-related mortality in an elderly urban population by vegetation (urban green) and proximity to water (urban blue): evidence from Lisbon, Portugal. *Environmental health perspectives*, 2015, vol. 124, no. 7, p. 927–934.

Chen N., Zhou M., Dong X., Qu J., Gong F., Han Y., Qiu Y., Wang J., Liu Y., Wei Y., Xia J., Yu T., Zhang X., Zhang L. Epidemiological and clinical characteristics of 99 cases of 2019 novel coronavirus pneumonia in Wuhan, China: a descriptive study. *The Lancet*, 2020, vol. 10223, no. 395, p. 507–513. DOI: 10.1016/S0140-6736(20)30211-7.

Conlon K., Monaghan A., Hayden M., Wilhelmi O. Potential impacts of future warming and land use changes on intra-urban heat exposure in Houston, Texas. *PloS one*, 2016, vol. 11, no. 3, p. e0151226.

Curriero F., Heiner K., Samet J., Zeger S., Strug L., Patz J. Temperature and mortality in 11 cities of the eastern United States. *American journal of epidemiology*, 2002, vol. 155, no. 1, p. 80–87.

Cutter S.L., Boruff B.J., Shirley W.L. Social vulnerability to environmental hazards. *Social science quarterly*, 2003, vol. 84, no. 2, p. 242–261.

Dong W., Liu Z., Zhang L., Tang Q., Liao H., Li X. Assessing heat health risk for sustainability in Beijing's urban heat island. *Sustainability*, 2014, vol. 6, no. 10, p. 7334–7357.

Fuchs S., Glade T. *Foreword: Vulnerability assessment in natural hazard risk – a dynamic perspective*. New York: Springer, 2016.

Garschagen M., Hagenlocher M., Comes M., Dubbert M., Sabelfeld R., Lee Y., Birkmann J. *World risk report 2016*. Bonn: UNU, 2016.

Hansen A., Bi L., Saniotis A., Nitschke M. Vulnerability to extreme heat and climate change: is ethnicity a factor? *Global health action*, 2013, vol. 6, no. 1, p. 21364.

Hauser A., Counotte M., Margossian C., Konstantinoudis G., Low N., Althaus C., Riou J. Estimation of SARS-CoV-2 mortality during the early stages of an epidemic: a modelling study in Hubei, China and northern Italy, 2020. *medRxiv*. DOI: 10.1101/2020.03.04.20031104.

Ho H., Knudby A., Walker B., Henderson S. Delineation of spatial variability in the temperature–mortality relationship on extremely hot days in greater Vancouver, Canada. *Environmental health perspectives*, 2016, vol. 125, no. 1, p. 66–75.

Huynen M., Martens P., Schram D., Weijenberg M., Kunst A. The impact of heat waves and cold spells on mortality rates in the

Dutch population. *Environmental health perspectives*, 2011, vol. 109, no. 5, p. 463–470.

Jänicke B., Holtmann A., Kim K., Kang M., Fehrenbach U., Scherer D. Quantification and evaluation of intra-urban heat-stress variability in Seoul, Korea. *International Journal of Biometeorology*, 2019, vol. 63. DOI: 10.1007/s00484-018-1631-2.

Jones T., Liang A., Kilbourne E., Griffin M., Patriarca P., Wassilak S., Thacker S. Morbidity and mortality associated with the July 1980 heat wave in St. Louis and Kansas City, Mo. *Jama*, 1982, vol. 247, no. 24, p. 3327–3331.

Kim H., Ha J.S., Park J. High temperature, heat index, and mortality in 6 major cities in South Korea. *Archives of environmental & occupational health*, 2006, vol. 61, no. 6, p. 265–270.

Knowlton K., Rotkin-Ellman M., King G., Margolis H., Smith D., Solomon G., English P. The 2006 California heat wave: impacts on hospitalizations and emergency department visits. *Environmental health perspectives*, 2008, vol. 117, no. 1, p. 61–67.

Kosatsky T., Henderson S.B., Pollock S.L. Shifts in mortality during a hot weather event in Vancouver, British Columbia: rapid assessment with case-only analysis. *American journal of public health*, 2012, vol. 102, no. 12, p. 2367–2371.

Kovats R.S., Hajat S. Heat stress and public health: a critical review. *Annu. Rev. Public Health*, 2008, vol. 29, p. 41–55.

Massetti L., Petralli M., Orlandini S. An approach to evaluate the intra-urban thermal variability in summer using an urban indicator. *Environmental Pollution*, 2014, vol. 192, p. 259–265. DOI: 10.1016/j.envpol.2014.04.026.

Rosenthal K.J., Kinney P.L., Metzger K.B. Intra-urban vulnerability to heat-related mortality in New York City, 1997–2006. *Health and Place*, 2014, vol. 30, p. 45–60. DOI: 10.1016/j.healthplace.2014.07.014.

Semenza J.C., Rubin C.H., Falter K.H., Selanikio J.D., Flanders W.D., Howe H.L., Wilhelm J.L. Heat-related deaths during the July 1995 heat wave in Chicago. *New England journal of medicine*, 1996, vol. 335, no. 2, p. 84–90.

Shaposhnikov D., Revich B., Bellander T., Bedada G.B., Bottai M., Lind T., Pershagen G., Kharkova T., Kvasha E., Lezina E., Semutnikova E. Mortality related to air pollution with the Moscow heat wave and wildfire of 2010. *Epidemiology*, 2014, vol. 25, no. 3, p. 359–364.

Shi Y., Ren C., Wong W.K. Assessing spatial variability of extreme hot weather conditions in Hong Kong: A land use regression approach. *Environmental Research*, 2019, p. 403–415. DOI: 10.1016/j.envres.2019.01.041.

Vedev A., Drobyshevsky S., Knobel A., Sokolov I., Trunin P. Scenarios of development of economic situation in Russia in 2020 and offers on macroeconomic policy. *Monitoring of Russia's Economic Outlook: trends and challenges of socio-economic development*. Special Issue, 2020, vol. 105, p. 1–9.

Wachinger G., Renn O., Begg C., Kuhlicke C. The risk perception paradox – implications for governance and communication of natural hazards. *Risk analysis*, 2013, vol. 33, no. 6, p. 1049–1065.

Wolf T., McGregor G. The development of a heat wave vulnerability index for London, United Kingdom. *Weather and Climate Extremes*, 2013, vol. 1, p. 59–68.

Zemtsov S., Baburin V., Koltermann K., Krylenko I., Yumina N., Litvinov V. Social risk and vulnerability assessment of the hazardous hydrological phenomena in Russia. *Geography, Environment, Sustainability*, 2014, vol. 4, no. 7, p. 95–117.

Zemtsov S.P., Goryachko M.D., Baburin V.L., Krylenko I.N., Yumina N.M. Integrated assessment of socio-economic risks of hazardous hydrological phenomena in Slavyansk municipal district. *Natural Hazards*, 2016, vol. 82, no. 1, p. 43–61.

*Электронные ресурсы*

Мосгорстат, 2019. Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по городу Москве : URL: <http://moscow.gks.ru/> (дата обращения 01.04.2020).

Индикаторы рынка недвижимости, 2019 : URL: <https://www.irm.ru/> (дата обращения 01.04.2020).

IPCC. Fifth Assessment Report (AR5). 2014 : URL: <https://www.ipcc.ch/assessment-report/ar5/>.

Поступила в редакцию 12.07.2019

После доработки 25.12.2019

Принята к публикации 06.03.2020

S.P. Zemtsov<sup>1,2</sup>, N.V. Shartova<sup>3</sup>, P.I. Konstantinov<sup>4</sup>,  
M.I. Varentsov<sup>5,6</sup>, V.M. Kidyayeva<sup>7</sup>

#### VULNERABILITY OF THE POPULATION OF MOSCOW DISTRICTS TO NATURAL HAZARDS

The frequency of natural hazards, such as heat waves, epidemics, floods, hurricanes etc. tends to increase both in Russia and abroad. Under the climate change, population aging and accelerating mobility, increased urban density and environment degradation the residents of large cities are becoming more vulnerable to the consequences of such events. According to experts, more than 11 thousand people became victims of 2010 extreme summer temperatures in Moscow. The effects of the coronavirus epidemic are yet to be assessed, and it is important to study the socio-economic differences of Moscow districts in the context of crisis and expanding pandemic, considering the negative consequences for health and life of residents.

<sup>1</sup> Russian Presidential Academy of National Economy and Public Administration, Leading Scientific Researcher; e-mail: spzemtsov@gmail.com

<sup>2</sup> Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Department of Economic and Social Geography of Russia, Lecturer, PhD. in Geography; e-mail: spzemtsov@gmail.com

<sup>3</sup> Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Department of Landscape Geochemistry and Soil Geography, Researcher, PhD. in Geography; e-mail: shartova@yandex.ru

<sup>4</sup> Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Department of Meteorology and Climatology, Senior Lecturer, PhD. in Geography; e-mail: kostadini@mail.ru

<sup>5</sup> Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Department of Biogeography, Researcher, PhD. in Geography; e-mail: mvar91@gmail.com

<sup>6</sup> Lomonosov Moscow State University; Research Computer Center, Scientific Researcher; e-mail: mvar91@gmail.com

<sup>7</sup> Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Research Laboratory of Avalanches and Debris Flows, Engineer, PhD. in Geography; e-mail: veramkid@gmail.com

The authors propose a natural hazard vulnerability index for Moscow districts. The index accounts for the proportion of the most susceptible part of the population, as well as the possibility of adaptation of residents. Such social strata as pensioners, disabled persons, residents of poorer areas and migrants are the most vulnerable, i.e. incapable of self-protection or leaving a disaster area because of physical or financial restrictions. It was found that since 2010 the vulnerability of population has increased in 104 of 125 Moscow districts, as a result of increasing numbers of elderly and disabled people, and decreasing incomes in the depressed areas. Priority territories for implementing the policy of adaptation to hazardous events are in Zelenograd (Matushkino, Savelki, Staroe Kryukovo, Kryukovo, Silino), in the southeast (Nekrasovka, Veshnyaki) and the northeast (Northern Izmailovo, Metrogorodok, Golyanovo) parts of the capital. The adaptability in central districts, subjected to gentrification, is increasing due to the growing proportion of wealthy citizens.

As a result of the 2020 crisis, associated with the pandemic and the fall in oil prices, a decrease in household incomes could further aggravate the vulnerability of residents of the majority of Moscow districts; the most negative consequences are expected in more vulnerable areas. The results allow more precise application of natural hazards monitoring, warning and adaptation tools. For example, the above-mentioned vulnerable areas are in need of providing the timely ambulance access and raising awareness of the elderly locals and migrants.

**Key words:** climate change, urban environment, Moscow, heat waves, population aging, income inequality, migrants, adaptation to climate change, coronavirus epidemic, economic crisis

**Acknowledgments.** The research was financially supported by the Russian Science Foundation (Project No. 17-77-20070 «Assessment and Forecast of the Bioclimatic Comfort of Russian Cities under Climate Change in the 21<sup>st</sup> Century»).

## REFERENCES

- Baburin V.L., Badina S.V., Goryachko M.D., Zemtsov S.P., Koltermann K.P. Ocenka uyazvivosti social'no-ekonomicheskogo razvitiya Arkticheskoy territorii Rossii [Vulnerability assessment of socio-economic development of the Russian Arctic territories]. *Vestn. Mosk. un-ta. Ser. 5. Geogr.*, 2016, no. 6, p. 71–77. (In Russian)
- Barinova V., Zemtsov S. Inclusive growth and regional sustainability of Russia. *Regional Research of Russia*, 2020, vol. 10, no. 1, p. 10–19.
- Barnett A., Hajat S., Gasparrini A., Rocklöv J. Cold and heat waves in the United States. *Environmental research*, 2012, vol. 112, p. 218–224.
- Burkart K., Meier F., Endlicher W. Modification of heat-related mortality in an elderly urban population by vegetation (urban green) and proximity to water (urban blue): evidence from Lisbon, Portugal. *Environmental health perspectives*, 2015, vol. 124, no. 7, p. 927–934.
- Chen N., Zhou M., Dong X., Qu J., Gong F., Han Y., Qiu Y., Wang J., Liu Y., Wei Y., Xia J., Yu T., Zhang X., Zhang L. Epidemiological and clinical characteristics of 99 cases of 2019 novel coronavirus pneumonia in Wuhan, China: a descriptive study. *The Lancet*, 2020, vol. 10223, no. 395, p. 507–513. DOI: 10.1016/S0140-6736(20)30211-7.
- Conlon K., Monaghan A., Hayden M., Wilhelmi O. Potential impacts of future warming and land use changes on intra-urban heat exposure in Houston, Texas. *PloS one*, 2016, vol. 11, no. 3, p. e0151226.
- Curriero F., Heiner K., Samet J., Zeger S., Strug L., Patz J. Temperature and mortality in 11 cities of the eastern United States. *American journal of epidemiology*, 2002, vol. 155, no. 1, p. 80–87.
- Cutter S.L., Boruff B.J., Shirley W.L. Social vulnerability to environmental hazards. *Social science quarterly*, 2003, vol. 84, no. 2, p. 242–261.
- Dong W., Liu Z., Zhang L., Tang Q., Liao H., Li X. Assessing heat health risk for sustainability in Beijing's urban heat island. *Sustainability*, 2014, vol. 6, no. 10, p. 7334–7357.
- Fuchs S., Glade T. *Foreword: Vulnerability assessment in natural hazard risk – a dynamic perspective*. New York: Springer, 2016.
- Garschagen M., Hagenlocher M., Comes M., Dubbert M., Sabelfeld R., Lee Y., Birkmann J. *World risk report 2016*. Bonn: UNU, 2016.
- Hansen A., Bi L., Saniotis A., Nitschke M. Vulnerability to extreme heat and climate change: is ethnicity a factor? *Global health action*, 2013, vol. 6, no. 1, p. 21364.
- Hauser A., Couston M., Margossian C., Konstantinoudis G., Low N., Althaus C., Riou J. Estimation of SARS-CoV-2 mortality during the early stages of an epidemic: a modelling study in Hubei, China and northern Italy. 2020. *medRxiv*. DOI: 10.1101/2020.03.04.20031104.
- Ho H., Knudby A., Walker B., Henderson S. Delineation of spatial variability in the temperature–mortality relationship on extremely hot days in greater Vancouver, Canada. *Environmental health perspectives*, 2016, vol. 125, no. 1, p. 66–75.
- Huynen M., Martens P., Schram D., Weijenberg M., Kunst A. The impact of heat waves and cold spells on mortality rates in the Dutch population. *Environmental health perspectives*, 2011, vol. 109, no. 5, p. 463–470.
- Jänicke B., Holtmann A., Kim K., Kang M., Fehrenbach U., Scherer D. Quantification and evaluation of intra-urban heat-stress variability in Seoul, Korea. *International Journal of Biometeorology*, 2019, vol. 63. DOI: 10.1007/s00484-018-1631-2.
- Jones T., Liang A., Kilbourne E., Griffin M., Patriarca P., Wasilak S., Thacker S. Morbidity and mortality associated with the July 1980 heat wave in St. Louis and Kansas City, Mo. *Jama*, 1982, vol. 247, no. 24, p. 3327–3331.
- Kim H., Ha J.S., Park J. High temperature, heat index, and mortality in 6 major cities in South Korea. *Archives of environmental & occupational health*, 2006, vol. 61, no. 6, p. 265–270.
- Knowlton K., Rotkin-Ellman M., King G., Margolis H., Smith D., Solomon G., English P. The 2006 California heat wave: impacts on hospitalizations and emergency department visits. *Environmental health perspectives*, 2008, vol. 117, no. 1, p. 61–67.
- Kosatsky T., Henderson S.B., Pollock S.L. Shifts in mortality during a hot weather event in Vancouver, British Columbia: rapid assessment with case-only analysis. *American journal of public health*, 2012, vol. 102, no. 12, p. 2367–2371.
- Kovats R.S., Hajat S. Heat stress and public health: a critical review. *Annu. Rev. Public Health*, 2008, vol. 29, p. 41–55.
- Makhrova A.G., Golubchikov O.Yu. Rossijskij gorod v usloviyah kapitalizma: social'naya transformaciya

vnutrigorodskogo prostranstva [Russian city under capitalism: social transformation of the intraurban space]. *Vestn. Mosk. un-ta. Ser. 5. Geogr.*, 2012, no. 2, p. 26–31. (In Russian)

Makhrova A.G. Sezonnaya suburbanizatsiya v regionah Rossii [Seasonal suburbanization in the regions of Russia]. *Vestn. Mosk. un-ta. Ser. 5. Geogr.*, 2015, no. 4, p. 60–68. (In Russian)

Makhrova A.G., Kirillov P.L., Bochkarev A.N. Mayatnikovye trudovye migratsii naseleniya v Moskovskoy aglomeratsii: opyt ocenok potokov s ispol'zovaniem dannyh sotovykh operatorov [Labour commuting in Moscow metropolitan area: evaluation of flows using data from mobile network operators]. *Regional'nye issledovaniya*, 2016, no. 3, p. 71–82. (In Russian)

Makhrova A.G., Nozdrina N.N. Differentsiatsiya na rynke zhil'ya v Moskve kak proyavlenie social'nogo rassloeniya naseleniya [Differentiation in the housing market in Moscow as an exposure of the social stratification of population]. *Vestn. Mosk. un-ta. Ser. 5. Geogr.*, 2002, no. 3, p. 44–50. (In Russian)

Masseti L., Petralli M., Orlandini S. An approach to evaluate the intra-urban thermal variability in summer using an urban indicator. *Environmental Pollution*, 2014, vol. 192, p. 259–265. DOI: 10.1016/j.envpol.2014.04.026.

Popov A.A. Territorial'naya differentsiatsiya kachestva gorodskoy sredy v Moskve [Territorial differentiation of the urban environment quality in Moscow]. *Vestn. Mosk. un-ta. Ser. 5. Geogr.*, 2007, no. 4, p. 29–36. (In Russian)

Porfiryev B.N. Ekonomicheskaya ocenka lyudskikh poter' v rezul'tate chrezvychajnykh situatsiy [Economic evaluation of casualties caused by emergencies], *Voprosy Ekonomiki*, 2013, no. 1, p. 48–68. DOI: 10.32609/0042-8736-2013-1-48-68. (In Russian)

RD 52.88.699-2008 *Polozheniye o poryadke deystviy uchrezhdenij i organizatsiy pri ugroze vozniknoveniya i vozniknovenii opasnykh prirodnykh yavlenij* [Regulations on the procedure for actions of institutions and organizations in the face and in the event of natural hazards] (In Russian)

Revich B.A. Volny zhary, kachestvo atmosfernogo vozdukhha i smertnost' naseleniya yevropejskoj chasti Rossii letom 2010 goda: rezul'taty predvaritel'noj ocenki [Heat waves, air quality and population mortality in the European part of Russia in the summer of 2010: the results of preliminary assessment]. *Ekologiya cheloveka*, 2011, no. 7, p. 3–9. (In Russian)

Revich B.A., Shaposhnikov D.A., Pershagen G. Novaya epidemiologicheskaya model' po ocenke vozdeystviya anomal'noj zhary i zagryaznennogo atmosfernogo vozdukhha na smertnost' naseleniya (na primere Moskvy 2010 g.) [A new epidemiological model for assessing the impact of abnormal heat and polluted atmospheric air on the population mortality (2010 case study of Moscow)]. *Profilakticheskaya medicina*, 2015, vol. 18, no. 5b, p. 29–33. (In Russian)

Rosenthal K.J., Kinney P.L., Metzger K.B. Intra-urban vulnerability to heat-related mortality in New York City, 1997–2006. *Health and Place*, 2014, vol. 30, p. 45–60. DOI: 10.1016/j.healthplace.2014.07.014.

Semenza J.C., Rubin C.H., Falter K.H., Selanikio J.D., Flanders W.D., Howe H.L., Wilhelm J.L. Heat-related deaths during the July 1995 heat wave in Chicago. *New England journal of medicine*, 1996, vol. 335, no. 2, p. 84–90.

Shaposhnikov D., Revich B., Bellander T., Bedada G.B., Bottai M., Lind T., Pershagen G., Kharkova T., Kvasha E., Lezina E., Semutnikova E. Mortality related to air pollution with the Moscow heat wave and wildfire of 2010. *Epidemiology*, 2014, vol. 25, no. 3, p. 359–364.

Shi Y., Ren C., Wong W.K. Assessing spatial variability of extreme hot weather conditions in Hong Kong: A land use regression approach. *Environmental Research*, 2019, p. 403–415. DOI: 10.1016/j.envres.2019.01.041.

Vedev A., Drobyshvsky S., Knobel A., Sokolov I., Trunin P. Scenarios of development of economic situation in Russia in 2020 and offers on macroeconomic policy. *Monitoring of Russia's Economic Outlook: trends and challenges of socio-economic development*. Special Issue, 2020, vol. 105, p. 1–9.

Vendina O.I. Cultural diversity and side effects of ethnocultural policy in Moscow, *Immigranty v Moskve* [Immigrants in Moscow], Zayonchkovskaya J.A. (Ed.), Moscow, Three squares Publ., 2009, p. 45–148. (In Russian)

Wachinger G., Renn O., Begg C., Kuhlickeet C. The risk perception paradox – implications for governance and communication of natural hazards. *Risk analysis*, 2013, vol. 33, no. 6, p. 1049–1065.

Wolf T., McGregor G. The development of a heat wave vulnerability index for London, United Kingdom. *Weather and Climate Extremes*, 2013, vol. 1, p. 59–68.

Zemtsov S., Baburin V., Koltermann K., Krylenko I., Yumina N., Litvinov V. Social risk and vulnerability assessment of the hazardous hydrological phenomena in Russia. *Geography, Environment, Sustainability*, 2014, vol. 4, no. 7, p. 95–117.

Zemtsov S.P., Goryachko M.D., Baburin V.L., Krylenko I.N., Yumina N.M. Integrated assessment of socio-economic risks of hazardous hydrological phenomena in Slavyansk municipal district. *Natural Hazards*, 2016, vol. 82, no. 1, p. 43–61.

Zemtsov S.P., Krylenko I.N., Yumina N.M. Socio-economic assessment of the risk of floods in the coastal zones of the Azov-Black Sea coast in the Krasnodar region, *Prirodnye i social'nye riski v beregovoj zone Chernogo i Azovskogo morei* [Natural and social risks in the coastal zone of the Black and Azov Seas], Koltermann K.P., Dobrolyubov S.A., Alekseevsky N.I. (Eds.), Moscow, Triumph Publ., 2012, p. 86–96. (In Russian)

#### Web sources

Indikatory rynka nedvizhimosti [Indicators of Real Estate Market], 2019, URL: <https://www.irm.ru/> (access date 01.04.2020).

IPCC. Fifth Assessment Report (AR5). 2014, URL: <https://www.ipcc.ch/assessment-report/ar5/> (access date 01.04.2020).

Mosgorstat. 2019 [Moscow branch of the Federal State Statistic Service. 2019], URL: <http://moscow.gks.ru/> (access date 01.04.2020).

Received 12.07.2019

Revised 25.12.2019

Accepted 06.03.2020

УДК 551.464.618(262.5+262.54)

В.И. Рябушко<sup>1</sup>, А.Ф. Козинцев<sup>2</sup>, А.М. Тоичкин<sup>3</sup>**ПРОСТРАНСТВЕННОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ МЫШЬЯКА В ПРИБРЕЖЬЕ КРЫМСКОГО ПОЛУОСТРОВА (ЧЕРНОЕ И АЗОВСКОЕ МОРЯ)**

Металлоид мышьяк при повышенных концентрациях представляет опасность из-за способности вызывать острые и хронические токсические воздействия на организмы, в связи с чем его необходимо рассматривать как важный загрязнитель. Цель работы – исследование распределения мышьяка в воде, донных осадках и мягких тканях мидии *Mytilus galloprovincialis* в прибрежных акваториях Крымского полуострова в Черном и Азовском морях. Отбор проб воды, донных осадков и моллюсков проведены в 2016–2018 гг. в период рейсов НИС «Профессор Водяницкий». Анализ концентрации мышьяка в минерализате раствора проводили методом инверсионной вольтамперометрии с использованием анализатора АВА-3. Средние значения концентраций мышьяка можно расположить в порядке убывания по районам исследований: Ялтинский залив > взморье г. Севастополя > м. Тарханкут, Каламитский залив, Ласпинская бухта > акватории г. Алушта и Карадагского заповедника, Феодосийский залив, Керченский пролив, Азовское море, прибрежные воды северо-западного побережья Кавказа > Каркинитский залив. На взморье г. Севастополя и в Ялтинском заливе в воде зафиксировано превышение ПДК мышьяка в 2,0–3,5 раза. В донных осадках максимальное содержание мышьяка отмечено в районах южного берега Крыма от Ласпинской бухты до акватории Карадагского заповедника, превышающее допустимый уровень концентрации (ДК) мышьяка в 2–4 раза. Минимальная концентрация мышьяка зафиксирована в мидии из Каламитского залива и взморья г. Севастополя, максимальная – в Каркинитском заливе и у м. Тарханкут. Концентрация мышьяка в моллюсках почти на порядок ниже ПДК, установленных для пищевых продуктов. По этому показателю мидии, выращиваемые в акваториях Крымского побережья, пригодны в пищу. Широкая вариабельность содержания мышьяка в среде не приводит к значительному накоплению токсиканта в мягких тканях мидии.

*Ключевые слова:* мышьяк, донные отложения, мидия *Mytilus galloprovincialis*, внутренние моря, акватория

**Введение.** Металлоид мышьяк при повышенных концентрациях представляет опасность из-за способности вызывать острые и хронические токсические воздействия на организмы, в связи с чем его необходимо рассматривать как важный загрязнитель [Smedley, Kinniburgh, 2002; Akter et al., 2005]. Международное агентство по изучению рака Всемирной организации здравоохранения классифицирует соединения мышьяка как канцерогенные для человека [International ..., 2012]. Изучение распределения As в компонентах экосистем морского побережья, где расположены города, промышленные, судоремонтные и сельскохозяйственные предприятия, является важным направлением мониторинговых исследований. Прибрежные районы Крымского полуострова являются зоной интенсивного природопользования, поэтому комплексные исследования распределения As в воде, донных осадках и видах-биоиндикаторах могут дать представление об антропогенном воздействии на морские акватории Крыма. Двустворчатые моллюски мидии уже более 40 лет являются общепризнанными объектами для мониторинговых исследований загрязнения морской среды поллютантами в соответствии с

Международной программой «International Mussel Watch», которая не потеряла актуальность до наших дней [Goldberg, 1975; Христофорова, 1989; Rainbow, Phillips, 1993; Beliaeff et al., 1997; Goldberg, Bertine, 2000; Farrington et al., 2016; Рябушко и др., 2017а,б; Beyer et al., 2017; Azizi et al., 2018]. Используя данные о концентрации As в среде и моллюсках-биоиндикаторах, можно дать оценку состояния исследуемых акваторий по этому токсичному элементу.

Цель работы – исследование пространственного распределения мышьяка в воде, донных осадках и мягких тканях мидии *Mytilus galloprovincialis* Lam., широко распространенного двустворчатого моллюска в прибрежных акваториях Крымского полуострова в Черном и Азовском морях.

**Материалы и методы исследований.** Отбор проб моллюсков и донных осадков проведен в 2016–2018 гг. в период 83, 84, 93, 96, 102 рейсов НИС «Профессор Водяницкий» дночерпателями «ОКЕАН-50» и «Бокс-корер», воды – кассетой батометров «Rozetta» на 256 станциях (рис. 1). Количество станций отбора проб: воды – 107, донных осадков – 128, моллюсков *Mytilus galloprovincialis* – 21 на глубинах от 20 до 106 м. Ткани мидии удаляли из ракови-

<sup>1</sup> Институт биологии южных морей им. А.О. Ковалевского РАН, Отдел аквакультуры и морской фармакологии, докт. биол. н., гл. науч. с.; e-mail: rabushko2006@yandex.ru

<sup>2</sup> Институт биологии южных морей им. А.О. Ковалевского РАН, Отдел аквакультуры и морской фармакологии, канд. биол. н., науч. с.; e-mail: armog33@mail.ru

<sup>3</sup> Институт биологии южных морей им. А.О. Ковалевского РАН, Отдел аквакультуры и морской фармакологии, вед. инженер; e-mail: toichkin80@mail.ru



Рис. 1 Станции отбора проб

Fig. 1. Sampling stations

ны и высушивали при температуре 105°C. Массу мягких тканей мидии измеряли до и после высушивания. Массу сырых тканей определяли взвешиванием на аналитических весах с точностью до 0,01 г, сухих тканей – с точностью до 0,001 г. Подготовку проб для определения концентрации мышьяка в них осуществляли методом сухого сжигания образцов в муфельной печи согласно [ГОСТ 26929-94]. Анализ концентрации As в минерализате раствора проводили методом инверсионной вольтамперометрии с использованием анализатора АВА-3 [Методика ..., 2017]. Определение массовой концентрации ионов мышьяка в пробах проведено с использованием метода добавок градуировочных растворов As, полученных из стандартного образца концентрацией 1,0 мг/л. Погрешность определения As в воде составляет 40%, в грунте – 10%, в мягких тканях – 15% при доверительной вероятности  $P=0,95$ . Пределы воспроизводимости  $R$  (%) при  $P=0,95$  равны для воды – 35%, в грунте – 25%, в мягких тканях – 26%. Концентрацию мышьяка в моллюсках выражали в мкг на 1 г сухой массы. Для сравнения полученных данных с нормой предельно допустимых концентраций (ПДК) [Технический регламент ..., 2011] концентрацию As рассчитывали в мкг на 1 г сырой массы, используя коэффициент перехода от сырой массы к сухой, который для мягких тканей мидий, в среднем, равен 5,3 [Козинцев, 2006].

**Результаты исследований и их обсуждение.**  
**Мышьяк в морских водах.** Черное море в целом не является водоемом рыбохозяйственного назначения, но для оценки качества прибрежных вод можно использовать данные по нормативам ПДК и безопасных уровней вредных веществ, растворенных в воде, влияющих на гидробионты [Приказ ..., 2018]. ПДК мышьяка в морской воде по этим нормативам составляет 10 мкг/л.

Следует отметить, что концентрации As в прибрежных водах Крыма имеют большой разброс значений и зачастую не повторяются в разных рейсах

в одних и тех же точках отбора проб. По содержанию As в воде Крымское побережье от Каркинитского залива до Азовского моря можно разделить на три группы акваторий (рис. 2).

Самые низкие концентрации As отмечены в Каркинитском заливе: от 1,1 до 2,9 мкг/л при среднем значении  $1,6 \pm 0,3$  мкг/л. Столь низкие показатели содержания As в воде обусловлены, вероятно, резким снижением хозяйственной активности в этом регионе после перекрытия Северокрымского канала. В акватории м. Тарханкут концентрации As в воде варьировали от 3,2 до 18,3 мкг/л, в среднем –  $10,0 \pm 3,0$  мкг/л. В Каламитском заливе и Ласпинской бухте концентрации As имели близкие или немного превышающие ПДК значения: от 1,7 до 23,4 мкг/л, в среднем –  $9,0 \pm 3,0$  мкг/л.

Наибольшее влияние на содержание As в морской воде оказывают прибрежные города. На взморье г. Севастополя его концентрации варьировали от 2,6 до 38,8 мкг/л, составляя, в среднем,  $16,4 \pm 9,9$  мкг/л. Сходные значения были получены нами ранее при изучении гидрохимических характеристик воды морской фермы по выращиванию моллюсков в Карантинной бухте близ г. Севастополя, где содержание As варьировало в диапазоне от 4,3 до 16,7 мкг/л [Рябушко и др., 2017a]. В Ялтинском заливе соответствующие показатели изменялись от 7,7 до 97,0 мкг/л, в среднем –  $36,4 \pm 12,7$  мкг/л. Максимально высокое содержание As обнаружено в районе расположения глубоководного выпуска хозяйственно-бытовых и сточных вод г. Ялты (превышение ПДК почти в 10 раз).

Для акваторий Карадагского заповедника, Феодосийского залива, Керченского пролива, северо-западного побережья Кавказа и Азовского моря концентрации As имеют близкие значения: от  $4,7 \pm 1,8$  до  $8,1 \pm 2,2$  мкг/л, практически не превышающие ПДК. В целом прибрежные воды Крымского полуострова можно расположить в порядке убывания в них средних значений концентраций As: Ялтинский залив, взмо-

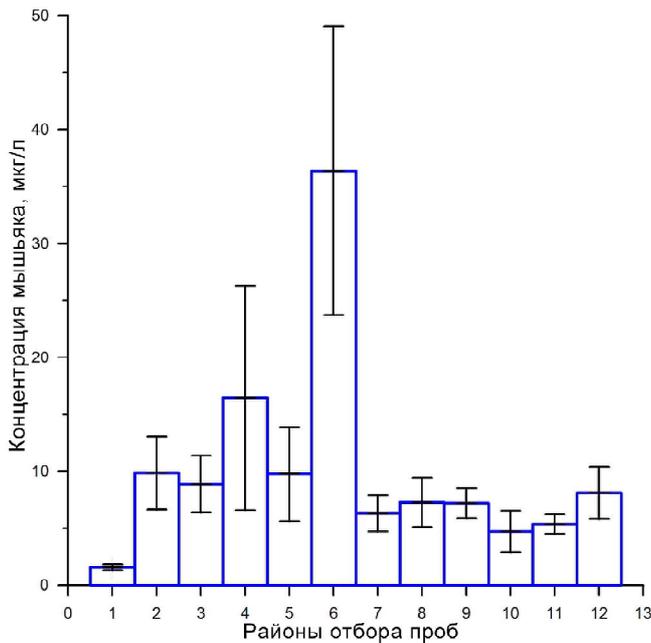


Рис. 2. Концентрация мышьяка в воде: 1 – Каркинитский залив, 2 – м. Тарханкут, 3 – Каламитский залив, 4 – взморье г. Севастополя, 5 – Ласпинская бухта, 6 – Ялтинский залив, 7 – акватория г. Алушта, 8 – акватория Карадагского заповедника, 9 – Феодосийский залив, 10 – Керченский пролив, 11 – Азовское море, 12 – северо-западное побережье Кавказа. На гистограммах приведены доверительные интервалы, содержащие ошибку среднего

Fig. 2. Arsenic concentration in sea water: 1 – Karkinit Bay, 2 – Cape Tarhankut, 3 – Kalamita Bay, 4 – Seaside of Sevastopol, 5 – Laspi Bay, 6 – Yalta Gulf, 7 – Seaside of Alushta, 8 – Seaside of Karadag nature reserve, 9 – Feodosiya Gulf, 10 – Kerch Strait, 11 – Sea of Azov, 12 – Northwestern seaside of Caucasus. The histograms show confidence intervals including the error of mean

рье г. Севастополя > м. Тарханкут, Каламитский залив, Ласпинская бухта, акватории г. Алушта и Карадагского заповедника, Феодосийский залив, Керченский пролив, Азовское море, прибрежные воды северо-западного побережья Кавказа > Каркинитский залив. Таким образом, антропогенное влияние, вероятно, является наиболее существенным фактором в распределении As в прибрежных водах Крыма.

Если сравнить наши данные со средними значениями концентрации мышьяка в прибрежной (1,3 мкг/л) и центральной частях (1,4 мкг/л) Черного моря [Митропольский и др., 1982; Митропольский и др., 2006], то видно, что в водах Крыма содержание As (около 10 мкг/л) в несколько раз выше. Высокие концентрации металлоида в прибрежье в большей степени связаны, возможно, с антропогенным влиянием и локальными вариациями содержания элемента в водной среде, чем с повышением общего пула As в море. Причина локальных вариаций может быть также связана с характером течений в прибрежной части моря, например, с апвеллингом, то есть подъемом глубинных вод к поверхности. Кроме того, сгонно-нагонные явления, наряду с апвеллингом, создают разнообразные течения, изменяя тем самым степень загрязненности вод в

прибрежных районах моря. Таким образом, концентрация As в воде остается на относительно безопасном уровне для организмов, лишь в некоторых акваториях побережья локально превышая ПДК.

**Мышьяк в донных отложениях.** Более консервативным показателем длительного воздействия токсикантов на окружающую среду является их содержание в донных осадках. По международным нормам, так называемым «голландским листам», допустимый уровень концентрации (ДК) мышьяка в донных отложениях водоемов составляет 29 мкг/г<sub>сух</sub> [Neue ..., 1995]. По концентрации мышьяка в донных отложениях все акватории побережья Крыма можно разделить на три группы (рис. 3).

Первая группа – от Каркинитского залива до взморья г. Севастополя, где концентрации As статистически достоверно не различаются, заведомо ниже ДК и имеют близкие значения (от  $18,91 \pm 2,21$  до  $21,79 \pm 3,58$  мкг/г<sub>сух</sub>). Для второй группы – южного берега Крыма от Ласпинской бухты до акватории Карадагского заповедника – концентрации мышьяка в 2–4 раза превышают ДК (от  $39,57 \pm 7,68$  до  $96,04 \pm 8,77$  мкг/г<sub>сух</sub>). Феодосийский залив, Керченский пролив и Азовское море составляют третью

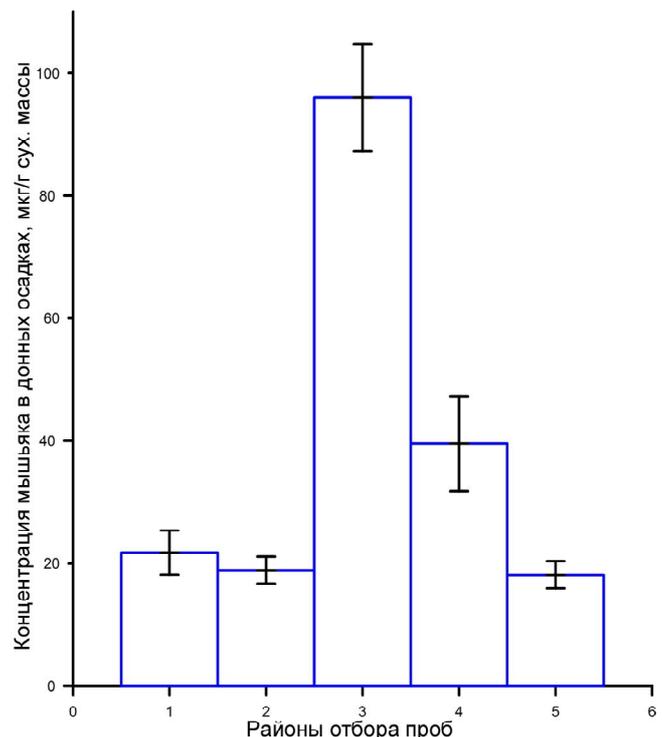


Рис. 3. Концентрация мышьяка в донных отложениях: 1 – Каркинитский залив, м. Тарханкут; 2 – Каламитский залив, взморье г. Севастополя; 3 – Ласпинская бухта; 4 – Ялтинский залив, акватории г. Алушта и Карадагского заповедника; 5 – Феодосийский залив, Керченский пролив, Азовское море. На гистограммах приведены доверительные интервалы, содержащие ошибку среднего

Fig. 3. Arsenic concentration in bottom sediments: 1 – Karkinit Bay, Cape Tarhankut, 2 – Kalamita Bay, Seaside of Sevastopol, 3 – Laspi Bay; 4 – Yalta Gulf, Seaside of Alushta, Seaside of Karadag nature reserve; 5 – Feodosiya Gulf, Kerch Strait, the Sea of Azov. The histograms show confidence intervals including the error of mean

группу, в которой концентрации As имеют уровни, сходные с первой группой ( $18,16 \pm 2,22$  мкг/г<sub>сух</sub>). Следует отметить, что в большинстве случаев отбор проб донных осадков на станциях, где были зафиксированы превышения допустимого уровня концентрации As, осуществляли с глубины более 40 м.

По нашим данным, концентрация As в донных отложениях Крымского шельфа от Каркинитского залива до Азовского моря варьирует в пределах от 10,5 до 117,3 мкг/г<sub>сух</sub>. Для рыхлых грунтов Крымского побережья ранее установлены границы изменения содержания As – 0,02 – 130 мкг/г<sub>сух</sub> [Игнатова и др., 2005; Романов и др., 2007; Котельянец, Коновалов, 2008; 2012; Овсяный и др., 2009; Котельянец и др., 2017; Рябушко и др., 2017а; Тихонова и др., 2018]. В целом по Черному морю содержание As в верхнем слое донных отложений варьирует от 2,3 до 145 мкг/г<sub>сух</sub> [Митропольский и др., 1982].

Прибрежные донные отложения Крымского полуострова по средним значениям концентраций As в них можно расположить в порядке убывания по районам исследований: Ласпинская бухта > Ялтинский залив > Каркинитский залив, м. Тарханкут, Каламитский залив, взморье г. Севастополя, акватория Карадагского заповедника, Феодосийский залив, Керченский пролив, Азовское море. Высокие концентрации As в грунте Ласпинской бухты могут быть обусловлены разгрузкой субмаринных пресных вод на южном берегу Крыма, либо выносом природного As вместе со струйными газовыделениями, которые присутствуют в этом регионе [Артемов и др., 2018]. Но это только предположение, требующее аналитического подтверждения.

**As в мягких тканях мидий.** Для морских организмов, в том числе двусторчатых моллюсков, используемых в пищевых целях, разработаны нормативы ПДК токсикантов, в частности As. По данным Технического регламента Таможенного союза «О безопасности пищевой продукции» (ТР ТС 021/2011), ПДК мышьяка в продовольственном сырье для моллюсков составляет 5 мкг/г сырой массы [Технический регламент ..., 2011].

Диапазон изменения концентраций As в мидиях, собранных на шельфе Крымского полуострова, составляет от 0,66 до 8,20 мкг/г<sub>сух</sub> или в пересчете на сырую массу – от 0,132 до 1,64 мкг/г<sub>сыр</sub>, что значительно меньше ПДК. В среднем, уровень концентрации As в мягких тканях мидий составляет  $2,59 \pm 0,83$  мкг/г<sub>сух</sub>. Минимальное значение средних концентраций As зафиксировано в мидии из Каламитского залива и взморья г. Севастополя ( $1,84 \pm 0,28$  мкг/г<sub>сух</sub>), максимальное – в Каркинитском заливе и у м. Тарханкут ( $3,58 \pm 0,39$  мкг/г<sub>сух</sub>) (рис. 4). Концентрации As в мидии из марихозяйства, расположенного в Карантинной бухте (г. Севастополь), составляет в среднем  $2,89 \pm 0,12$  мкг/г<sub>сух</sub>, что почти в 9 раз ниже ПДК для морепродуктов [Рябушко и др., 2017а]. Концентрации As в мягких тканях мидий, отобранных в районе г. Геленджик, составляют  $6,03 \pm 1,15$  мкг/г<sub>сух</sub> [Романов и др., 2007]. Турецкие ученые установили, что концентрации As

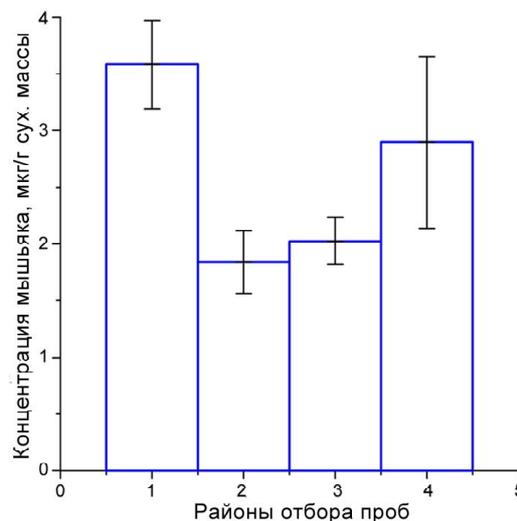


Рис. 4. Концентрация мышьяка в мягких тканях мидий: 1 – Каркинитский залив, м. Тарханкут; 2 – Каламитский залив, взморье г. Севастополя; 3 – акватория г. Алушта, м. Опук и Карадагского заповедника; 4 – Керченский пролив. На гистограммах приведены доверительные интервалы, содержащие ошибку среднего

Fig. 4. Arsenic concentration in the soft tissues of mussels: 1 – Karkinit Bay, Cape Tarhankut, 2 – Kalamita Bay, Seaside of Sevastopol, 3 – Seaside of Alushta, Cape Opuk, Seaside of Karadag nature reserve, 4 – Kerch Strait. The histograms show confidence intervals including the error of mean

в мягких тканях мидий изменяются от 2,64 до 3,57 мкг/г<sub>сух</sub> [Тере, Süer, 2016].

Таким образом, концентрации As в мидиях Черного моря, в том числе и у обитателей Крымского побережья, не превышают ПДК As в моллюсках, отнесенных к пищевой продукции. Исходя из этих данных, можно утверждать, что мидии, культивируемые у берегов Крыма, пригодны в пищу по концентрации такого токсичного элемента, как мышьяк. Тем не менее, в некоторых районах, в том числе в акваториях крупных городов, концентрации As в морской воде и донных осадках могут достигать высоких значений из-за интенсивной антропогенной нагрузки. Поэтому в этих регионах, особенно в Ласпинской бухте и Ялтинском заливе, необходим дальнейший мониторинг загрязнения биоты и среды токсикантами, в том числе и мышьяком.

**Выводы:**

– в водах Крымского полуострова концентрации мышьяка имеют значительную вариабельность. В Каркинитском заливе его содержание в 3–10 раз ниже ПДК. На взморье г. Севастополя и в Ялтинском заливе в воде в среднем зафиксировано превышение ПДК As в 2–3,5 раза, достигающее в местах расположения глубоководного выпуска хозяйственно-бытовых вод в Ялтинском заливе почти пяти раз. Вероятно, высокие концентрации As в морской воде связаны с антропогенным влиянием крупных городов, в то время как акватории, находящиеся за пределами воздействия населенных пунктов, имеют значительно более низкое его содержание;

– в донных осадках максимальное количество мышьяка отмечено в районах южного берега Крыма от Ласпинской бухты до акватории Карадагского заповедника (в 2–4 раза выше допустимых концентраций). От Каркинитского залива до взморья г. Севастополя, в Феодосийском заливе, Керченском проливе и Азовском море концентрации As в осадках заведомо ниже ДК и имеют близкие значения. В большинстве случаев отбор проб грунта на станциях, где были зафиксированы превышения допустимого уровня, производился на глубинах более 40 м, исключение составила только Ласпинская бухта. Хотя концентрации As в морских донных осадках в большинстве районов не

превышают ДК, необходимо более детально обследовать отдельные акватории южного берега Крыма (Ласпинская бухта, район г. Ялта);

– концентрация мышьяка в моллюсках почти на порядок ниже ПДК, установленных для пищевых продуктов. По этому показателю мидии, выращиваемые в акваториях Крымского побережья, пригодны в пищу. Широкая вариабельность содержания As в среде не приводит к значительному накоплению токсиканта в мягких тканях мидии. Акватории с низкой концентрацией мышьяка в среде являются наиболее пригодными для создания марихозяйств по выращиванию моллюсков.

**Благодарности.** Работа выполнена в рамках государственного задания ФИЦ ИнБЮМ № АААА-А18-118021350003-6.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Артемов Ю.Г., Евтушенко Д.Б., Мосейченко И.Н. Локализация струйных газовых выходов из дна бухты Ласпи // Системы контроля окружающей среды. 2018. Вып. 11(31). С. 69–73. DOI: 10.33075/2220-5861-2018-1-69-73.
- ГОСТ 26929-94. Сырье и продукты пищевые. Подготовка проб. Минерализация для определения содержания токсичных элементов: Сб. ГОСТов. М.: ИПК Издательство стандартов, 2002. 16 с.
- Игнатъева О.Г., Орехова Н.А., Романов А.С., Котельянец Е.А. Физико-химические характеристики донных отложений бухты Казачьей (Черное море) как показатели ее экологического состояния // Уч. зап. Таврического нац. ун-та им. В.И. Вернадского. Сер. Биология, химия. 2005. Т. 18(58). № 2. С. 43–48.
- Козинцев А.Ф. Сезонная динамика содержания тяжелых металлов в мидии (*Mytilus galloprovincialis*) из бухты Казачья Черного моря // Морской экологический журнал. 2006. Т. 5. № 4. С. 41–47.
- Котельянец Е.А., Гуров К.И., Тихонова Е.А., Соловьева О.В. Некоторые геохимические показатели донных отложений прибрежной акватории под влиянием антропогенного фактора (на примере бухты Казачья, г. Севастополь) // Вестн. Удмурт. ун-та. Биология. Науки о Земле. 2017. Т. 27. Вып. 1. С. 5–13.
- Котельянец Е.А., Коновалов С.К. Распределение тяжелых металлов в донных отложениях Феодосийского залива // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа. Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2008. Вып. 17. С. 171–175.
- Котельянец Е.А., Коновалов С.К. Тяжелые металлы в донных отложениях Керченского пролива // Морской гидрофизический журнал. 2012. № 4. С. 50–60.
- Методика измерений массовой концентрации ионов мышьяка методом инверсионной вольтамперометрии. М 03-АРВЦ-2017, № 223.0006/RA.RU.311866/2017 от 30.01.2017.
- Митропольский А.Ю., Безбородов А.А., Овсяный Е.И. Геохимия Черного моря. К.: Наукова думка, 1982. 114 с.
- Митропольский О.Ю., Наседкин С.И., Осокина Н.П. Экогеохімія Чорного моря. К.: Академперіодика, 2006. 279 с. (на украинском языке)
- Овсяный Е.И., Котельянец Е.А., Орехова Н.А. Мышьяк и тяжелые металлы в донных отложениях Балаклавской бухты (Черное море) // Морской гидрофизический журнал. 2009. № 4. С. 67–80.
- Приказ Министерства сельского хозяйства Российской Федерации от 13 декабря 2016 года № 552. Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения. Документ с изменениями, внесенными приказом Минсельхоза России от 12 октября 2018 года № 454. 2018.
- Романов А.С., Орехова Н.А., Игнатъева О.Г., Коновалов С.К., Овсяный Е.И. Влияние физико-химических характеристик донных осадков на распределение микроэлементов на примере бухт Севастополя (Черное море) // Экология моря. 2007. Вып. 73. С. 85–90.
- Рябушко В.И., Козинцев А.Ф., Тоичкин А.М. Концентрация мышьяка в тканях культивируемой мидии *Mytilus galloprovincialis* Lam., воде и донных осадках (Крым, Черное море) // Морской биол. журнал. 2017а. Т. 2. № 3. С. 68–74. DOI: 10.21072/mbj.2017.02.3.06.
- Рябушко В.И., Козинцев А.Ф., Тоичкин А.М. Концентрация мышьяка в мидии *Mytilus galloprovincialis* Lam. 1819 из бухт Крымского полуострова (Черное море) // Вода: химия и экология. 2017б. № 10(112). С. 30–36.
- Технический регламент Таможенного союза «О безопасности пищевой продукции» (ТР ТС 021/2011). Утвержден Решением Комиссии Таможенного союза от 9 декабря 2011 г. № 880. 2011. 276 с.
- Тихонова Е.А., Котельянец Е.А., Волков Н.Г. Характеристика загрязнения донных отложений прибрежной акватории Севастополя на примере Стрелецкой бухты (Черное море) // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон моря. 2018. № 1. С. 74–80. DOI: 10.22449/2413-5577-2018-1-74-80.
- Христофорова Н.К. Биоиндикация и биомониторинг загрязнения морских вод тяжелыми металлами. Л.: Наука, 1989. 192 с.
- Akter K.F., Owens G., Davey D.E., Naidu R. Arsenic speciation and toxicity in biological systems. *Reviews of Environmental Contamination and Toxicology*, 2005, vol. 184, p. 97–149. DOI: 10.1007/0-387-27565-7\_3.
- Azizi G., Akodad M., Baghour M., Layachi M., Moumen A. The use of *Mytilus* spp. mussels as bioindicators of heavy metal pollution in the coastal environment. A review. *J. Mater. Environ. Sci.*, 2018, vol. 9(4), p. 1170–1181. DOI: 10.26872/jmes.2018.9.4.129.
- Beliaeff B., O'Connor T.P., Daskalakis D.K., Smith P.J. U.S. Mussel Watch data from 1986 to 1994: temporal trend detection at large spatial scales. *Environ. Sci. Technol.*, 1997, vol. 31(5), p. 1411–1415. DOI: 10.1021/es9606586.
- Beyer J., Green N.W., Brooks S., Allan I.J., Ruus A., Gomes T., Bråte I.L.N., Schøyen M. Blue mussels (*Mytilus edulis* spp.) as sentinel organisms in coastal pollution monitoring: A review. *Mar. Environ. Res.*, 2017, vol. 130, p. 338–365. DOI: 10.1016/j.marenvres.2017.07.024.
- Farrington J.W., Tripp B.W., Tanabe Sh., Subramanian A., Sericano J.L., Wade T.L., Knap A.H., Edward D. Goldberg's proposal of «the Mussel Watch»: Reflections after 40 years. *Mar. Pollut. Bull.*, 2016, vol. 110(1), p. 501–510. DOI: 10.1016/j.marpolbul.2016.05.074.

Goldberg E.D. The mussel watch – a first step in global marine monitoring. *Mar. Pollut. Bull.*, 1975, vol. 6, iss. 7, p. 111. DOI: 10.1016/0025-326X(75)90271-4.

Goldberg E.D., Bertine K.K. Beyond the Mussel Watch – new directions for monitoring marine pollution. *Sci. Total Environ.*, 2000, vol. 247(2–3), p. 165–174. DOI: 10.1016/S0048-9697(99)00488-X.

International Agency for Research on Cancer. Arsenic, metals, fibres, and dusts. Volume 100C – a review of human carcinogens. *IARC Monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans*, IARC: Lyon, 2012, 501 p.

Neue Niederlandische Liste. *Atlanten Spektrum*, 1995, 3/95, 200 p.  
Rainbow P.S., Phillips D.J.H. Cosmopolitan biomonitors of trace metals. *Mar. Pollut. Bull.*, 1993, vol. 26(11), p. 593–601. DOI: 10.1016/0025-326X(93)90497-8

Smedley P.L., Kinniburgh D.G. A review of the source, behavior and distribution of arsenic in natural waters. *Applied Geochemistry*, 2002, vol. 17, iss. 5, p. 517–568. DOI: 10.1016/S0883-2927(02)00018-5.

Tepe Y., Süer N. The levels of heavy metals in the Mediterranean mussel (*Mytilus Galloprovincialis* Lamarck 1819); Example of Giresum coast of the Black Sea, Turkey. *Indian Journal of Geo-Marine Sciences*, 2016, vol. 45(2), p. 283–289.

Поступила в редакцию 12.07.2019

После доработки 20.11.2019

Принята к публикации 06.03.2020

V.I. Ryabushko<sup>1</sup>, A.F. Kozintsev<sup>2</sup>, A.M. Toichkin<sup>3</sup>

SPATIAL DISTRIBUTION OF ARSENIC IN THE COASTAL AREAS  
OF THE CRIMEAN PENINSULA  
(THE BLACK SEA AND THE SEA OF AZOV)

Higher concentrations of arsenic are dangerous because they are able to cause acute and chronic toxic effects on organisms, and therefore it must be considered as an important pollutant. The aim of this work is to monitor the distribution of arsenic in seawater, bottom sediments and soft tissues of mussels *Mytilus galloprovincialis* in the coastal areas of the Crimean Peninsula in the Black and Azov seas. The sampling of seawater, bottom sediments, and mollusks was carried out during 2016–2018 expeditions of the R/V *Professor Vodyanitsky*. The concentration of arsenic in mineralized solutions was determined by inversion voltammetry using the AVA-3 analyzer. Coastal areas of the Crimean Peninsula could be arranged in the following order in terms of descending mean concentrations of arsenic in seawater: Yalta Gulf>Sevastopol area>Cape Tarhankut, Gulf of Kalamita, Laspi Bay>coastal areas of Alushta and Karadag Nature Reserve, Feodosia Gulf, the Kerch Strait, the Sea of Azov, north-western coast of the Caucasus>Karkinit Bay. In the coastal waters of Sevastopol and in the Yalta Gulf, the concentrations of arsenic exceed its maximum permissible concentration (MPC) by 2.0–3.5 times. The highest content of arsenic in bottom sediments is observed near the southern coast of Crimea from the Laspi Bay to the Karadag Nature Reserve, exceeding the permissible levels by 2–4 times. The lowest concentration of arsenic is recorded in mussels from the coastal areas of Sevastopol and the Gulf of Kalamita, and the highest one is in those collected in the Karkinita Bay and near Cape Tarhankut. It was almost an order of magnitude lower in mollusks than the maximum permissible concentration established for food products. With respect to this value, mussels grown in the Crimean coastal waters could be considered suitable for food use. The wide variability of arsenic concentration in the environment does not lead to significant accumulation of this toxicant in soft tissues of the mussels.

*Key words:* arsenic, bottom sediments, mussel *Mytilus galloprovincialis*, inland seas, water area

*Acknowledgements.* The work was performed as a part of the state assignment of the FRC IBSS RAS No. AAAA-A18-118021350003-6.

REFERENCES

Akter K.F., Owens G., Davey D.E., Naidu R. Arsenic speciation and toxicity in biological systems. *Reviews of Environmental Contamination and Toxicology*, 2005, vol. 184, p. 97–149. DOI:10.1007/0-387-27565-7\_3.

Artemov Yu.G., Evtushenko D.B., Mosejchenko I.N. Lokalizaciya strujnyh gazovyh vyhodov iz dna buhty Laspi [Localization of gas bubble streams from the bottom of the Laspi Bay]. *Sistemy kontrolya okruzhayushchej sredy*, 2018, vol. 11(31), p. 69–73. (In Russian)

Azizi G., Akodad M., Baghour M., Layachi M., Moumen A. The use of *Mytilus* spp. mussels as bioindicators of heavy metal pollution in the coastal environment. A review. *J. Mater. Environ. Sci.*, 2018, vol. 9(4), p. 1170–1181. DOI: 10.26872/jmes.

Beliaeff B., O'Connor T.P., Daskalakis D.K., Smith P.J. U.S. Mussel Watch data from 1986 to 1994: temporal trend detection at large spatial scales. *Environ. Sci. Technol.*, 1997, vol. 31(5), p. 1411–1415. DOI: 10.1021/es9606586.

<sup>1</sup> The A.O. Kovalevsky Institute of Biology of the Southern Seas of RAS, Department of Aquaculture and Marine Pharmacology, Chief Scientific Researcher, D.Sc. in Biology; e-mail: rabushko2006@yandex.ru

<sup>2</sup> The A.O. Kovalevsky Institute of Biology of the Southern Seas of RAS, Department of Aquaculture and Marine Pharmacology, Scientific Researcher, PhD. in Biology; e-mail: armor33@mail.ru

<sup>3</sup> The A.O. Kovalevsky Institute of Biology of the Southern Seas of RAS, Department of Aquaculture and Marine Pharmacology, Leading Engineer; e-mail: toichkin80@mail.ru

- Beyer J., Green N.W., Brooks S., Allan I.J., Ruus A., Gomes T., Bråte I.L.N., Schøyen M. Blue mussels (*Mytilus edulis* spp.) as sentinel organisms in coastal pollution monitoring: A review. *Mar. Environ. Res.*, 2017, vol. 130, p. 338–365. DOI: 10.1016/j.marenvres.2017.07.024.
- Farrington J.W., Tripp B.W., Tanabe Sh., Subramanian A., Sericano J.L., Wade T.L., Knap A.H., Edward D. Goldberg's proposal of «the Mussel Watch»: Reflections after 40 years. *Mar. Pollut. Bull.*, 2016, vol. 110(1), p. 501–510. DOI: 10.1016/j.marpolbul.2016.05.074.
- Goldberg E.D. The mussel watch – a first step in global marine monitoring. *Mar. Pollut. Bull.*, 1975, vol. 6, iss. 7, p. 111. DOI: 10.1016/0025-326X(75)90271-4.
- Goldberg E.D., Bertine K.K. Beyond the Mussel Watch – new directions for monitoring marine pollution. *Sci. Total Environ.*, 2000, vol. 247(2–3), p. 165–174. DOI: 10.1016/S0048-9697(99)00488-X.
- GOST 26929-94. Syr'yo i produkty pischevye. Podgotovka prob. Mineralizacija dlya opredeleniya sodержaniya toksichnyh elementov [State Standard 26929-94. Raw materials and food products. Sample preparation. Mineralization to determine the content of toxic elements]. Collection of GOSTs, Moscow, IPK Standards Publishing, 2002. 16 p. (In Russian)
- Ignat'eva O.G., Orekhova N.A., Romanov A.S., Kotel'yanec E.A. Fiziko-himicheskie karakteristiki donnyh otlozhenij buhty Kazach'ej (Chernoe more) kak pokazateli eyo ekologicheskogo sostoyaniya [Physical-chemical characteristics of bottom sediments of the Kazachya Bay (the Black Sea) as indicators of its ecological state]. *Uch. zap. Tavricheskogo nac. un-ta im. V.I. Vernadskogo, Ser. Biologiya, himiya*, 2005, vol. 18(58), no. 2, p. 43–48. (In Russian)
- International Agency for Research on Cancer. Arsenic, metals, fibres, and dusts. Volume 100C – a review of human carcinogens. In *IARC Monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans*. IARC: Lyon, 2012, 501 p.
- Khristorova N.K. Bioindikatsiya i biomonitoring zagryazneniya morskikh vod tyazhelymi metallami [Bioindication and biomonitoring of sea water pollution with heavy metals]. Leningrad, Nauka Publ., 1989, 192 p. (In Russian)
- Kotel'yanets E.A., Gurov K.I., Tihonova E.A., Solov'yova O.V. Nekotorye geohimicheskie pokazateli donnyh otlozhenij pribrezhnoj akvatorii pod vliyaniem antropogennogo faktora (na primere buhty Kazach'ya, g. Sevastopol') [Some geochemical indicators of sea bottom sediments in coastal waters under the influence of anthropogenic factor (using Kazachya Bay, Sevastopol, as an example)]. *Vestnik Udmurtskogo universiteta, Biologiya, Nauki o Zemle*, 2017, vol. 27, iss. 1, p. 5–13. (In Russian)
- Kotel'yanec E.A., Konvalov S.K. The distribution of heavy metals in bottom sediments of the Feodosiya Bay. *Ekologicheskaya bezopasnost' pribrezhnoj i shel'fovoj zon i kompleksnoe ispol'zovanie resursov shel'fa* [Environmental safety of coastal and shelf zones and the complex use of shelf resources], Sevastopol', EHKOSI-Gidrofizika Publ., 2008, iss. 17, p. 171–175. (In Russian)
- Kotel'yanec E.A., Konvalov S.K. Tyazhyolye metally v donnyh otlozheniyah Kerchenskogo proliva [Heavy metals in bottom sediments of the Kerch Strait]. *Morskoy gidrofizicheskij zhurnal*, 2012, no. 4, p. 50–60. (In Russian)
- Kozintsev A.F. Sezonnaya dinamika sodержaniya tyazhyolykh metallov v midii (*Mytilus galloprovincialis*) iz buhty Kazach'ya Chernogo moray [Seasonal dynamics of the content of heavy metals in the mussel from the Kazachya Bay of the Black Sea]. *Morskoy ekologicheskij zhurnal*, 2006, vol. 5, no. 4, p. 41–47. (In Russian)
- Metodika izmerenij massovoj koncentracii ionov mysh'yaka metodom inversionnoj vol'tamperometrii [Technique of measuring the mass concentration of arsenic ions by inversion voltammetry]. M 03-ARVC-2017. № 223.0006/RA.RU.311866/2017 ot 30.01.2017. (In Russian)
- Mitropol'skij A. Yu., Bezborodov A.A., Ovsyanyj E.I. Geohimiya Chernogo moray [Geochemistry of the Black Sea]. Kiev, Naukova dumka Publ., 1982, 114 p. (In Russian)
- Mitropol's'kij O.Ju., Nasedkin E.I., Osokina N.P. Ekogeohimiya Chornogo morja [Ecogeochemistry of the Black Sea]. Kiev, Akademiya Publ., 2006, 279 p. (In Ukrainian)
- Neue Niederlandische Liste. *Altlasten Spektrum*, 1995, 3/95, 200 p.
- Ovsyanyj E.I., Kotel'yanec E.A., Orekhova N.A. Mysh'yak i tyazhelye metally v donnyh otlozheniyah Balaklavskoj buhty (Chernoe more) [Arsenic and heavy metals in bottom sediments of the Balaklava Bay (the Black Sea)]. *Morskoy gidrofizicheskij zhurnal*, 2009, no. 4, p. 67–80. (In Russian)
- Prikaz Ministerstva sel'skogo hozjajstva Rossijskoj Federacii ot 13 dekabrya 2016 goda № 552. *Ob utverzhdenii normativov kachestva vody vodnyh ob'ektov rybohozjajstvennogo znacheniya, v tom chisle normativov predel'no dopustimyh koncentracij vrednyh veshchestv v vodah vodnyh ob'ektov rybohozjajstvennogo znacheniya*. Dokument s izmeneniyami, vnesennymi prikazom Minsel'hoza Rossii ot 12 oktyabrya 2018 goda № 454 [Order of the Ministry of Agriculture of the Russian Federation of December 13, 2016, no. 552. On approval of water quality standards for water bodies of fishery importance, including standards of maximum permissible concentrations of harmful substances in the waters of water bodies of fishery importance. Document as amended by the order of the Ministry of Agriculture of Russia of October 12, 2018, no. 454]. (In Russian)
- Rainbow P.S., Phillips D.J.H. Cosmopolitan biomonitors of trace metals. *Mar. Pollut. Bull.*, 1993, vol. 26(11), p. 593–601. DOI: 10.1016/0025-326X(93)90497-8.
- Romanov A.S., Orekhova N.A., Ignatyeva O.G., Konvalov S.K., Ovsyany E.I. Vliyanie fiziko-himicheskikh karakteristik donnyh osadkov na raspredelenie mikroelementov na primere buht Sevastopolya (Chernoe more) [Influence of physico-chemical characteristics of the bottom sediments on the trace elements' distribution by the example of Sevastopol bays (Black Sea)]. *Ekologiya morya*, 2007, iss. 73, p. 85–90. (In Russian)
- Ryabushko V.I., Kozintsev A.F., Toichkin A.M. Koncentraciya mysh'yaka v tkanyah kul'tivirovannoj midii *Mytilus galloprovincialis* Lam., vode i donnyh osadkah (Krym, Chernoe more) [Arsenic concentration in tissues of cultivated mussel *Mytilus galloprovincialis* Lam., water and bottom sediments (Crimea, the Black Sea)]. *Morskoy biol. zhurnal*, 2017a, vol. 2, no. 3, p. 68–74. (In Russian)
- Ryabushko V.I., Kozintsev A.F., Toichkin A.M. Koncentraciya mysh'yaka v midii *Mytilus galloprovincialis* Lam. 1819 iz buht Krymskogo poluoostrova (Chyornoe more) [Arsenic concentration in mussel 1819 from the bays of the Crimean Peninsula (the Black Sea)]. *Voda: himiya i ekologiya*, 2017b, no. 10(112), p. 30–36. (In Russian)
- Smedley P.L., Kinniburgh D.G. A review of the source, behavior and distribution of arsenic in natural waters. *Applied Geochemistry*, 2002, vol. 17, iss. 5, p. 517–568. DOI: 10.1016/S0883-2927(02)00018-5.
- Tekhnicheskij reglament Tamozhennogo soyuza «O bezopasnosti pischevoj produkcii» (TR TS 021/2011). Utverzhden Resheniem Komissii Tamozhennogo soyuza ot 9 dekabrya 2011 g., № 880 [Technical regulation of the Customs Union «On the safety of food products» (TR CU 021/2011). Approved by the Decision of the Customs Union Commission of December 9, 2011, neo. 880]. (In Russian)
- Tepe Y., Süer N. The levels of heavy metals in the Mediterranean mussel (*Mytilus Galloprovincialis* Lamarck 1819); Example of Giresun coast of the Black Sea, Turkey. *Indian Journal of Geo-Marine Sciences*, 2016, vol. 45(2), p. 283–289.
- Tihonova E.A., Kotel'yanec E.A., Volkov N.G. Harakteristika zagryazneniya donnyh otlozhenij pribrezhnoj akvatorii Sevastopolya na primere Streleckoj buhty (Chernoe more) [The description of pollution of bottom sediments of the coastal waters of Sevastopol (case study of the Streletskaya Bay, the Black Sea)]. *Ekologicheskaya bezopasnost' pribrezhnoj i shel'fovoj zon morya*, 2018, no. 1, p. 74–80. (In Russian)

Received 12.07.2019  
 Revised 20.11.2019  
 Accepted 06.03.2020

## МЕТОДЫ ГЕОГРАФИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

УДК 911.375

Д.Ю. Землянский<sup>1,2</sup>, А.Г. Махрова<sup>3,4</sup>, Д.М. Медведникова<sup>5,6</sup>

## МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К СОСТАВЛЕНИЮ КОМПЛЕКСНЫХ ИНДЕКСОВ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ ГОРОДОВ

В статье приводится подробный обзор методик составления комплексных международных и российских индексов социально-экономического развития городов. Рассмотрены методические особенности расчета и подбора показателей, формирующих интегральную оценку, по 12 международным и 8 российским индексам. Все они разделены авторами на три типа: 1) индексы устойчивого развития, 2) индексы, оценивающие положение городов в глобальных системах, 3) индексы качества жизни. Определено, что в преобладающем числе случаев для построения комплексного индекса социально-экономического развития городов как в России, так и за рубежом используется 20–30 показателей, которые агрегируются в 5–6 групп (субиндексов). Нормирование индексных показателей чаще всего проводится с помощью метода линейного масштабирования, а итоговая интегральная оценка формируется как среднее арифметическое или среднее взвешенное значение и представляется в балльной шкале (от 0 до 1, 10 или 100).

В ходе анализа показано, что как в мире, так и в России в настоящее время общепринятые методики составления индексов социально-экономического развития городов отсутствуют: существуют заметные методические разночтения в выборе сфер социально-экономического развития города, которые будут включены в комплексную оценку, а также в подборе показателей для оценки этих сфер. При этом если в международной практике имеется ограниченный ряд аспектов городского развития (экономическое развитие, человеческий капитал), для которых показатели и подходы к оценке стали общеупотребимыми, то в российской практике ни один показатель нельзя назвать устоявшимся.

Российская практика составления городских индексов существенно отстает от мировой. Авторами были выделены ключевые ограничения составления российских индексов социально-экономического развития городов, важнейшими из которых являются: 1) отсутствие большинства общеупотребимых показателей оценки развития для городов, имеющих муниципальный статус городских поселений; 2) непроработанность методик оценки ряда важнейших компонентов социально-экономического развития городов (транспорта, социальной инфраструктуры, экологической ситуации, человеческого капитала). Существующие барьеры ограничивают возможность составления комплексных индексов социально-экономического развития городов России лишь до небольшой выборки городов, а также обуславливают низкую представленность российских городов в международных индексах, что не позволяет проводить сравнения городов нашей страны с другими городами мира.

*Ключевые слова:* индекс городского развития, социально-экономическое развитие, городская инфраструктура, человеческий капитал, демографическое развитие, экологическая ситуация

**Введение.** В последние годы в России растет внимание к развитию городов как со стороны государственной власти, так и со стороны экспертного сообщества. В рамках федеральной повестки много говорится о важности развития в них благоустройства, улучшения качества социальной инфраструктуры, модернизации систем коммунального хозяйства и прочих сфер. Развитие городов и круп-

нейших городских агломераций особо выделено в Стратегии пространственного развития, согласно которой решение разнообразных унаследованных социально-экономических проблем городов является приоритетной задачей пространственного развития страны [Стратегия ..., 2019].

В контексте мирового тренда, направленного на повышение внимания к городскому развитию, все

<sup>1</sup> Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет, кафедра экономической и социальной географии России, канд. геогр. н., науч. с.; *e-mail:* geozema@mail.ru

<sup>2</sup> Совет по изучению производительных сил Всероссийской академии внешней торговли при Министерстве экономического развития Российской Федерации, Председатель;

<sup>3</sup> Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет, кафедра экономической и социальной географии России, канд. геогр. н., вед. науч. с.; *e-mail:* almah@mail.ru

<sup>4</sup> Совет по изучению производительных сил Всероссийской академии внешней торговли при Министерстве экономического развития Российской Федерации, вед. науч. с.;

<sup>5</sup> Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет, кафедра экономической и социальной географии России, магистрант; *e-mail:* dagina.medvednikova@yandex.ru

<sup>6</sup> Совет по изучению производительных сил Всероссийской академии внешней торговли при Министерстве экономического развития Российской Федерации, лаборант-исследователь

более актуальным инструментом оценки становится составление комплексных индексов социально-экономического развития городов. К преимуществам индексного подхода можно отнести возможность сопоставлять различные по размерности параметры и получать понятную и доступную широкой аудитории оценку конечного результата, производить межстрановые и межрегиональные сравнения городов и отслеживать их развитие в динамике. Составление многомерных интегральных индексов городов уже широко распространилось и успешно зарекомендовало себя в мире, тогда как в России число работ по построению индексов городов остается небольшим [Зубаревич, 2013].

Тем не менее, в разное время к составлению комплексных оценок социально-экономического развития городов обращались не только российские журналисты и представители аналитических агентств, но и ученые. Одна из первых комплексных типологий с разделением городов России по уровню экономического развития на «сильные» и «слабые» проведена Т.Г. Нефедовой и А.И. Трейвишем на рубеже XX–XXI вв., особая ценность которой связана с максимально широким охватом городов (940 центров из 1090 существовавших в 1996 г.) [Нефедова, Трейвиш, 1998]. Кроме работ этих авторов [Нефедова, Трейвиш, 2010] исследование социально-экономической ситуации по столь же широкому набору городов провести никому не удалось, однако было осуществлено немало работ по более ограниченному выборкам. Например, мониторингом социально-экономического развития крупных городов (с численностью населения более 100 тыс. жителей) активно занимались Н.В. Зубаревич и С.Г. Сафронов [Зубаревич, Сафронов, 2019], столичных городов – специалисты фонда «Институт экономики города» [Институт экономики города, 2017], малых городов – М.С. Гунько [Гунько, 2015], городов Урала, Сибири и Дальнего Востока – Е.В. Антонов [Antonov, 2018]. Довольно много исследованый было написано по проблемам моногородов [Любовный, 2009; Тургель, 2010; Землянский, Ламанов, 2016 и др.].

Внимание российских исследователей не раз было уделено проведению обзоров уже существующих интегральных индексных оценок развития городов. Однако большинство таких работ посвящено ограниченному набору индексов, характеризующих положение городов преимущественно с позиций устойчивого развития с акцентом на анализ методики расчета экологической компоненты [Касимов и др., 2014; Битюкова, 2014; Добролюбова, 2015]. При этом данные обзоры освещают в большинстве случаев только зарубежные городские индексы и рейтинги и не содержат подробного анализа особенностей методик расчета тех или иных индексов и составляющих их субиндексов (агрегированных групп показателей, отвечающих за оценку одной определенной сферы/аспекта). Детального обзора методик составления индексов, комплексно характеризующих социально-экономическое развитие го-

родов, с учетом российского опыта до сих пор не представлено.

В этих условиях актуальным представляется проведение подробной инвентаризации подходов к комплексной оценке городов по уровню социально-экономического развития, существующих в мире и в России. В данной статье особое внимание уделено индексному подходу к оценке городов как наиболее общепотребимому и зарекомендовавшему себя в мировой практике. Обзор комплексных индексов социально-экономического развития городов для России представляется особенно важным в условиях федеральной повестки развития городов, которая предполагает разработку единого индикатора, позволяющего проводить сравнение всех городов страны по уровню социально-экономического развития и способствующего в дальнейшем выработке мер государственной политики для решения проблем различных типов городов страны.

**Материалы и методы исследований.** Обзор методик современных комплексных индексов социально-экономического развития городов, имеющих в мире и в России, был составлен на основе материалов, подготавливаемых международными организациями (ООН-Хабитат), консалтинговыми организациями (ARCADIS, PWC, A.T. Kearney и др.), исследовательскими институтами («Урбаника» и др.) и популярными изданиями («The Economist», «Monocle», «Русский Репортер» и др.). Всего было проанализировано 12 зарубежных и 8 отечественных комплексных индексов социально-экономического развития городов. Все они были рассмотрены на предмет целевого назначения, используемых показателей и интегрируемых на их основе субиндексов, а также особенностей методики расчета интегрального значения индекса.

Важно отметить, что в исследовательскую выборку были включены только комплексные индексы социально-экономического развития городов, дающие оценку по наиболее широкому спектру социально-экономических показателей. Индексы, оценивающие состояние какой-либо одной социально-экономической сферы (экологические индексы, индексы инвестиционной привлекательности, инновационности среды и другие) не представляли первоочередный интерес и в работе рассмотрены не были.

**Результаты исследования и их обсуждение.** *Международные индексы социально-экономического развития городов.* Первые индексы, оценивающие городское развитие, появились в 1990-е гг. – после проведения второй международной конференции программы ООН по населенным пунктам «Хабитат II». По ее результатам было принято решение об организации мониторинга развития городов мира посредством составления интегральных индексов городского развития [The state ..., 2001]. Широкое распространение подсчет таких индексов получил на рубеже 2000–2010 гг., а с конца 2000-х гг. их разработкой активно занялись органы государственной власти, рейтинговые, аналитические и

консалтинговые агентства. В настоящее время существует 12 наиболее известных международных индексов, позволяющих комплексно оценить социально-экономическое развитие городов мира. В данных индексах используются различные подходы к оценке уровня развития городов. В соответствии с ними авторы предлагают разделить рассмотренные индексы на три группы: устойчивого развития городов (I), оценки места городов в глобальных системах (II) и качества жизни в городах (III) (табл. 1).

В первую группу включены индексы, комплексно и всесторонне оценивающие социально-экономическое положение городов с позиций концепции устойчивого развития. Генеральной идеей каждого из них является ранжирование городов по показателям целей устойчивого развития и возможности их достижения в будущем. При этом понятие устойчивости каждым разработчиком интерпретируется по-разному, поэтому в каждом индексе используются качественно различные наборы показателей. Тем не менее, каждый из индексов включает индикаторы, с помощью которых оценивается современное состояние базовых компонентов благосостояния города: экономическое развитие и доходы населения, человеческий капитал, развитость инфраструктуры, системы здравоохранения и образования, экологическая ситуация и состояние окружающей среды. Опциональ-

но в индексах оценивается уровень социального неравенства, деятельность городских властей (City Prosperity Index) [Global ..., 2002], здоровье и безопасность населения, рекреационные и иные ресурсы (ARCADIS Sustainable Cities Index) [ARCADIS, 2016].

Индексы, включенные в данную группу, являются наиболее признанными в мировом сообществе интегральными индикаторами оценки социально-экономической ситуации в городах и сравнения их между собой по уровню развития. Наиболее известный индекс – City Development Index (CDI) комиссии ООН по вопросам населенных пунктов «Хабитат» – строится на основе минимального и доступного практически в каждой стране перечня муниципальных показателей. Ежегодно он рассчитывается для 237 городов 113 стран мира, а сравнительная простота методики позволяет применять его для любого города любой страны и проводить международные сравнения [Global ..., 2002].

Во вторую группу отнесены индексы, оценивающие социально-экономическое положение городов в глобальной системе материальных, денежных и информационных потоков, которые с помощью различных показателей динамики измеряют потенциал мировых центров по привлечению человеческих, финансовых и прочих ресурсов развития. Обычно данные индексы составляются для небольшого числа наиболее развитых городов, концентри-

Таблица 1

Международные индексы социально-экономического развития городов

Индекс	Разработчик	Число показателей	Число субиндексов
I. Индексы устойчивого развития городов			
1. City Development Index	ООН (в рамках программы ООН-Хабитат)	11	5
2. City Prosperity Index (CPI)	ООН (в рамках программы ООН-Хабитат)	72	6
3. The Urban Sustainability Index	Институт «McKinsey Global Institute» совместно с «Urban China Initiative»	18	4
4. ARCADIS Sustainable Cities Index	Консалтинговая компания «ARCADIS»	32	3
II. Индексы, оценивающие место городов в глобальных системах			
5. Global City Competitiveness Index	Аналитическое подразделение «The Economist»	32	8
6. Global Cities Index	Консалтинговая компания «A. T. Kearney»	27	5
7. Global Power City Index (GPCI)	Токийский институт городских стратегий при Мемориальном фонде Мори	70	6
8. Global Economic Power Index (GEPI)	Консалтинговая компания «Pricewaterhouse Coopers and the Partnership» (PWC)	60	10
III. Индексы качества жизни городов			
9. Индекс качества жизни компании «Mercer»	Транснациональная консалтинговая компания «Mercer Human Resource Consulting»	39	10
10. World's Most Liveable City Index	Аналитическое подразделение «The Economist Intelligence Unit» медиаиздания «The Economist»	30	5
11. Monocle's «Most Liveable Cities Index»	Британское издательство «Monocle»	22	11
12. NUMBEO Quality of Life City Index	Онлайн-сервис для оценки различных компонентов стоимости жизни краудсорсингового международного статистического проекта NUMBEO	20	8

Источник: составлено авторами по материалам сайтов компаний-составителей индексов [The state ..., 2001; Global ..., 2002; NUMBEO, 2018; Mercer, 2018; The Economist Intelligence Unit, 2017; McKinsey&Company, 2011; ARCADIS, 2016; AT Kearney, 2017; Monocle, 2010; PWC, 2012].

рующих большую долю ресурсов и населения мира. Отличительной особенностью этих индексов является то, что в их состав входят показатели, оценивающие близость городов к тем или иным объектам мировой значимости (международным транспортным коридорам, крупнейшим банкам, штаб-квартирам мировых сообществ и транснациональных корпораций), торговые и транспортные связи с другими городами мира, расположение рейтинговых вузов, научно-исследовательских центров и других институтов мирового значения.

В третьей группе объединены индексы, оценивающие социально-экономическое развитие городов с позиции оценки качества жизни населения. Они включают оценку различных условий проживания в городе: экономических (уровня дохода, занятости), социально-культурной и городской среды, качества систем здравоохранения и образования, инженерных коммуникаций и транспортной инфраструктуры. Отличительной особенностью индексов данной группы является наличие в числе субиндексов качественных оценок, полученных в результате опросов населения или представителей городских экспертных сообществ (например, индексы качества жизни онлайн-сервиса NUMBEO и компании «Mercer» [NUMBEO, 2018; Mercer, 2018]).

Методически международные индексы социально-экономического развития городов составляются с использованием довольно простых схем расчета. Наиболее распространено нормирование входящих переменных и приведение их к единой шкале (от 0 до 1, 10 или 100) методом линейного масштабирования. Субиндексы и итоговые значения индекса наиболее часто рассчитываются как среднее арифметическое или среднее взвешенное (в случае,

если отдельным переменным в рамках субиндекса или субиндексам в рамках индекса были присвоены веса) значение нормированных показателей. Подобным образом рассчитываются 9 из 12 анализируемых индексов. Весовые значения, как правило, определяются методом экспертной оценки (учитываются мнения около 50 экспертов) как для субиндексов, так и для каждого показателя.

В большинстве случаев для построения интегрального индекса социально-экономического развития города используется 20–30 исходных показателей. Примерно четверть индексов строится на основе 60 и более индикаторов, что занимает больше времени и существенно удорожает расчеты. Индекс с наименьшим числом входящих переменных – упомянутый ранее City Development Index (CDI) ООН-Хабитат, который построен на 11 показателях.

Анализ также показал, что число субиндексов, равное 5–6, наиболее оптимально для репрезентации результатов интегральных индексов развития городов. Тем не менее, при составлении ряда индексов число категорий расширяется до 8 или 10 (при этом число категорий не зависит от числа входящих в индекс показателей).

Несмотря на расхождения в концептуальных подходах и различия в основных целях построения международных комплексных индексов социально-экономического развития городов, ряд субиндексов в них повторяется. В большинстве из них наиболее часто учитываются такие компоненты, как человеческий капитал (включающий в себя оценку образованности населения, здоровья жителей и др.), состояние окружающей среды (экологическая ситуация), инфраструктуры, уровень экономического развития (рис. 1).

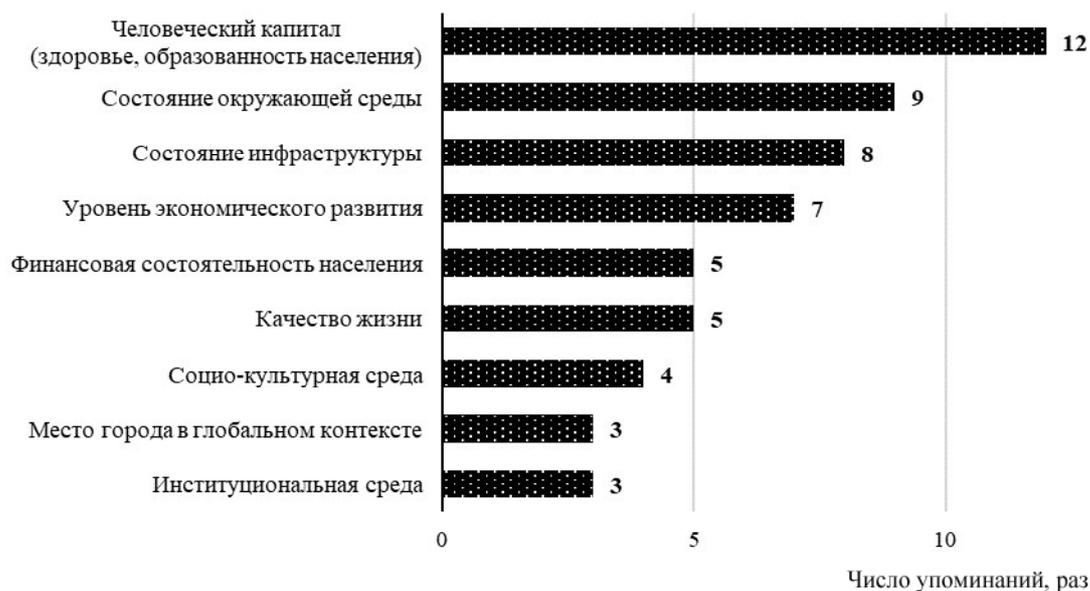


Рис. 1. Частота упоминания категорий показателей (субиндексов) в международных индексах социально-экономического развития городов. *Источник:* составлено авторами по материалам сайтов компаний-составителей индексов

Fig. 1. Frequency of mentioning different sub-indexes in the international city socio-economic development indexes. *Source:* compiled by the authors according to materials of websites of index-developing companies

Рассмотренные субиндексы социально-экономического развития городов оцениваются преимущественно с помощью устоявшихся наборов показателей. Так, состояние окружающей среды в городах оценивается с помощью индикаторов, отражающих загрязнение атмосферы; изредка дополнительно используется ряд показателей, характеризующих экологическую эффективность хозяйственной деятельности. Состояние городской инфраструктуры оценивается преимущественно показателями обеспеченности горожан услугами ЖКХ (главным образом, водоснабжением и водоотведением) и зачастую – показателями развитости системы общественного транспорта. Набор показателей для субиндексов экономического развития и человеческого капитала к настоящему времени наиболее устоялся, а альтернативные показатели практически не используются (табл. 2).

Проведенный анализ зарубежных индексов и имеющихся в них различий показывает, что единой совершенной методики комплексной оценки городов по уровню социально-экономического развития в мире еще не сложилось. Даже наиболее широко используемая и простая модель расчета индекса городского развития по примеру City Development Index (CDI) ООН-Хабитат не применяется для всех городов мира главным образом из-за различий в национальных особенностях ведения статистики (в особенности по экологическим и инфраструктурным показателям). Одним из наиболее спорных остается способ оценки экономического развития города, в частности – методика расчета валового городского продукта, по которой наблюдаются наиболее значимые различия между странами. Зачастую экономическое развитие городов из-за непроработанности методики оценки остается недоучтенным при составлении индексов.

**Российские индексы социально-экономического развития городов.** В России практика составления индексов городов распространилась довольно широко, однако индексов, пытающихся полно и всесторонне охарактеризовать их социально-экономическое развитие, менее 10 (табл. 3). Из них самым проработанным и приближенным к зарубежным аналогам является «индекс устойчивого раз-

вития городов РФ» рейтингового агентства «SGM» (составляется с 2013 г.) [SGM, 2013]. Он содержит пять ключевых субиндексов, соответствующих выделяемым на международном уровне базовым компонентам городского развития. Несмотря на то, что формирование индекса проводилось с учетом иностранного опыта, авторами были включены показатели, имеющие особую значимость в реалиях России: демографические характеристики, индикаторы сбалансированности бюджетной системы, развития социальной инфраструктуры.

Ценность индекса компании «SGM» заключается в том, что все отобранные данные имеются в открытом доступе (на сайте Росстата, его региональных подразделений и официальных сайтах муниципальных образований) для большинства городов России с населением свыше 100 тыс. чел. Тем не менее, общее число городов, для которых рассчитывается этот индекс, составляет всего 185 (17% от общего числа всех российских городов).

Менее совершенными альтернативными аналогами являются индекс качества жизни городов, разработанный институтом планирования «Урбаника» [Урбаника, 2010], а также Генеральный индекс привлекательности российских городов Российского Союза Инженеров [Финансовый университет, 2017]. Субиндексы, учитываемые при расчете индекса качества жизни городов «Урбаники», практически полностью соответствуют основным компонентам устойчивого развития. Однако, во-первых, отсутствуют показатели, характеризующие население и уровень развития человеческого капитала, и, во-вторых, за счет использования показателей наполнения бюджета и текущего объема инвестиций субиндекс экономического развития зачастую оказывается переоцененным. Так, Сочи, в который осуществлялись колоссальные вложения в связи с организацией Олимпийских игр, до 2014 г. являлся лидером рейтинга, после чего сильно снизил свои позиции за счет резкого падения потока инвестиций.

Достоинством Генерального индекса привлекательности российских городов Российского Союза Инженеров в сравнении с индексом агентства «SGM» является учет привлекательности города как для населения, так и для бизнеса, а также исполь-

Таблица 2

**Устоявшиеся показатели для оценки базовых компонентов городского развития в международных индексах социально-экономического развития городов**

Категория (субиндекс)	Показатели
Уровень экономического развития	Валовой городской продукт, ден. ед. Валовой городской продукт, ден. ед. на душу населения Уровень безработицы, % Коэффициент Джини по доходам населения, ед.
Человеческий капитал	Средняя ожидаемая продолжительность жизни, лет Смертность детей в возрасте до 5 лет, % Обеспеченность врачами, врачей на 1000 чел. Грамотность населения, % Среднее число лет обучения, лет

Источник: составлено авторами по материалам сайтов компаний-составителей индексов.

Таблица 3

## Российские индексы социально-экономического развития городов

Индекс	Разработчик	Число показателей	Число субиндексов	Число учтенных городов
1. Индекс устойчивого развития городов РФ	Рейтинговое агентство «SGM»	42	5	185
2. Индекс качества жизни городов России	Институт территориального планирования «Урбаника»	53	5	20
3. Индекс интегрального рейтинга крупнейших городов России	Институт территориального планирования «Урбаника» совместно с Союзом архитекторов России	14	2	100
4. Генеральный индекс привлекательности российских городов	Российский Союз Инженеров	70	13	164
5. Индекс качества жизни в крупных городах России	департамент социологии Финансового университета при Правительстве РФ	19	6	37
6. Индекс развития городов	российский интернет-бизнес-журнал «Секрет фирмы»	13	5	150
7. Индекс качества жизни «Домофонд»	платформа для подбора недвижимости «Домофонд»	10	10	250
8. Индекс мегаполисов	издательство «Русский Репортер» и исследовательский центр портала вакансий SuperJob.ru	25	–	26

*Источник:* составлено авторами по материалам сайтов российских компаний/агентств-составителей индексов [SGM, 2013; Урбаника, 2010; Финансовый университет, 2017; Коммерсантъ, 2018; Domofond, 2017].

зование более широкого набора показателей, характеризующих социально-экономическое развитие городов. Однако его существенным недостатком является отсутствие данных по большому числу городов России и сложность их сбора. Слабо проработана оценка экологической составляющей городского развития (проводится с использованием единственного показателя объема выбросов в атмосферу).

Остальные индексы отнести к комплексным можно лишь с натяжкой: в большинстве из них нет всесторонней оценки социально-экономического состояния оцениваемых городов (см. табл. 3). По ряду наиболее важных категорий (субиндексов) расчетная оценка не осуществляется, а если и выполняется, то не всегда с помощью показателей, способных достоверно отразить реальную социально-экономическую ситуацию в городе. Часть индексов построена исключительно на данных массовых опросов населения (индекс качества жизни в крупных городах России Финансового университета при Правительстве РФ [Финансовый университет, 2017], индекс качества жизни Domofond.ru [Domofond, 2017], индекс мегаполисов издательства «Русский Репортер» [Коммерсантъ, 2018]), что приводит к завышенной субъективности оценки компонентов городского развития и искажению результатов.

В России, в отличие от зарубежной практики, число показателей, входящих в индекс, сильно варьируется. Используется либо большой перечень показателей (40 и более), либо сокращенный (до 15 показателей), тогда как при составлении иностранных индексов социально-экономического развития

городов оптимальным считается промежуточное число показателей (20–30). Среднее число субиндексов соответствует значениям зарубежной практики, составляя 5–6.

Методики расчета российских городских индексов в большинстве случаев просты, однако они не являются типовыми. Помимо использования общепринятой схемы расчета (нормирования показателей методом линейного масштабирования и расчета их среднего арифметического), в России распространен метод агрегации итогового значения в виде среднего геометрического (хотя в индексе интегрального рейтинга крупнейших городов России института «Урбаника» для представления результатов используется балльная оценка).

Индексные шкалы также различаются, но большинство из них представляются в виде от 0 до 100. Однако в российской практике имеются и индексы, в которых итоговая шкала значений не имеет верхнего предела или округлена до десятков значения верхней границы, что является следствием использования необычных методик расчета. Введение весов характерно для трех наиболее устоявшихся российских индексов (первые три, см. табл. 3). Веса вводятся согласно зарубежным методикам через проведение опросов экспертного сообщества. Число экспертов, как и в зарубежной практике, обычно составляет 50 человек.

Анализ субиндексов показал, что наибольшее внимание в России при формировании интегральных индексов социально-экономического развития городов уделяется компоненту городской инфра-

структуры (преимущественно – ЖКХ), а также экономическому развитию и экологической ситуации (рис. 2). Тем не менее, оценка экологической ситуации, хотя и присутствует в большинстве индексов, но проводится с помощью очень ограниченно набора показателей и потому зачастую остается недооцененной.

В российских индексах заметен уклон к интегрированной оценке такого компонента социально-экономического развития города, как социальная инфраструктура: уровень развития образования, здравоохранения и других услуг оценивается преимущественно одним общим субиндексом, тогда как за рубежом более распространена практика их раздельного учета. Кроме того, в российской практике составления индексов недоучитываются показатели качества населения – как демографические характеристики, так и человеческий капитал.

Анализ показателей на предмет частоты использования в индексах социально-экономического развития городов России показывает несостоятельность и слабую проработку статистической базы. Отсутствует устоявшаяся методика измерения такого компонента городской инфраструктуры, как транспорт. Показатели, используемые для оценки экономического развития, также не способны дать достоверного представления о благосостоянии города. Ни в одном российском индексе не сделано попытки оценить развитость экономики города с помощью расчета валового городского продукта, который в зарубежной практике считается основополагающим показателем.

Оценка экологической ситуации в российских индексах городов ведется обыкновенно только по загрязнению атмосферного воздуха. Загрязнение

других сред, которые в зависимости от положения города и набора предприятий, работающих в нем, могут испытывать большее загрязнение, в индексах не отражается. Экологический потенциал измеряется с помощью среднегодовой температуры воздуха, которая состояние природной среды описывает очень косвенно. Устоявшихся оценок экологической напряженности, эффективности и емкости в российских индексах не представлено.

Показатели, наиболее часто используемые для оценки состояния социальной инфраструктуры (показатели обеспеченности), не позволяют оценить качество предоставляемых услуг. Не проработан набор показателей, оценивающих систему образования, – в ряде индексов она остается без оценки.

Главной причиной отсутствия устоявшегося репрезентативного набора показателей для всесторонней оценки городского развития и слабой проработки методик составления городских индексов в России является низкое качество статистики. Одной из главных проблем является то, что учет показателей, с помощью которых можно дать грамотную оценку того или иного аспекта городского развития, в России не ведется. Существенным ограничением является и частая смена методик сбора исходных показателей.

Ключевой недостаток российской статистики для исследования городов – недоступность большого перечня данных по городам, имеющим статус «городских поселений» как единиц муниципального деления. Это главное препятствие составления индекса городского развития для полного списка городов России: ни один индекс городского развития не был составлен для всех городов страны. Максимальное число городов, на которое был рассчитан

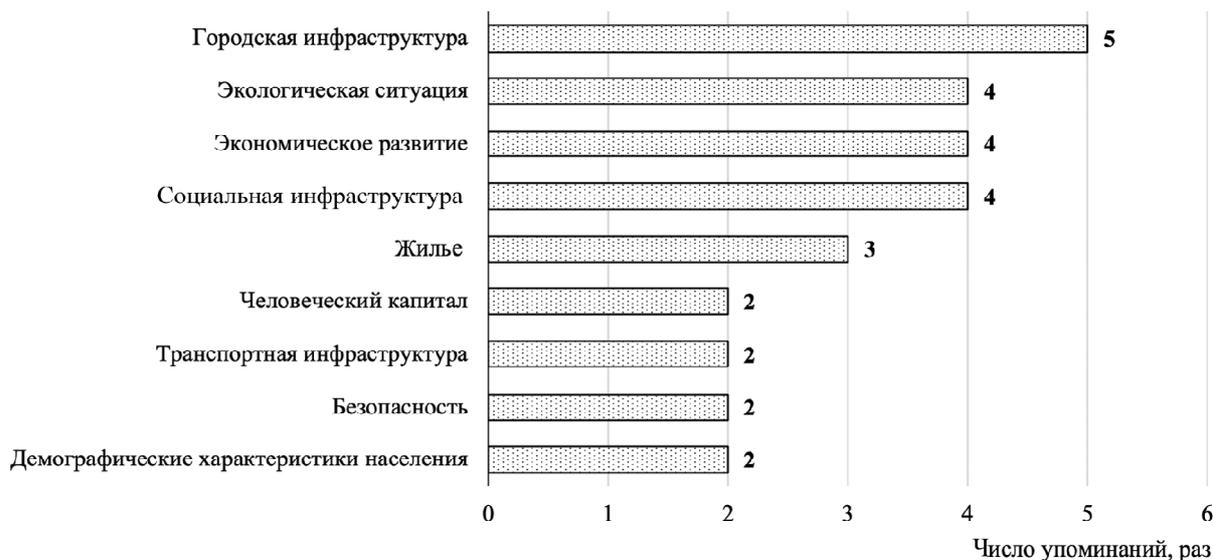


Рис. 2. Частота упоминания категорий показателей (субиндексов) в российских индексах социально-экономического развития городов. Источник: составлено авторами по материалам сайтов российских компаний/агентств-составителей индексов

Fig. 2. Frequency of mentioning different sub-indexes in the Russian city socio-economic development indexes. Source: compiled by the authors according to materials of websites of the Russian index-developing companies and agencies

какой-либо российский индекс, наблюдалось у индекса SGM, но и он составлен для 185 центров из 1117 имеющихся.

#### **Выводы:**

– единой устоявшейся методики индексной оценки социально-экономического развития городов не сложилось ни в международной, ни в российской практике. Как среди зарубежных, так и среди российских индексов существуют заметные методические различия в выборе сфер социально-экономического развития города (отражаемых в субиндексах), которые будут включены в комплексную оценку, а также в подборе показателей для оценки этих сфер. При этом если в международной практике все же имеется ограниченный ряд аспектов социально-экономического развития города, для которых показатели и подходы к оценке сложились (к таким относятся экономическое развитие, человеческий капитал), то в российской практике ни один показатель нельзя назвать устоявшимся;

– в сравнении с международной практикой российский опыт проведения индексной оценки социально-экономического развития городов может расцениваться как крайне скудный. Слабая проработка и использование индексных оценок социально-экономической ситуации в городах в российской практике связана, прежде всего, с отсутствием большого спектра статистических данных по городам, имеющим муниципальный статус городских поселений,

что делает невозможным расчет интегрального индикатора социально-экономического развития городов по полному перечню городов страны;

– нерешенными в российской практике остаются проблемы индексной оценки ряда важнейших компонентов городского развития (транспортной и социальной инфраструктуры, экологической ситуации, человеческого капитала), связанные со слабостью статистической базы и отсутствием сбора соответствующих показателей на муниципальном уровне. Это сокращает возможность составления индексов только до небольшой выборки городов и приводит к крайне ограниченной представленности российских городов в международных индексных оценках, что не позволяет проводить сравнения городов России с другими городами мира;

– в современных условиях разработка комплексного индекса социально-экономического развития по всему перечню российских городов, сравнимого по уровню детальности с международными аналогами, возможна только в случае расширения перечня статистических показателей, рассчитываемых для городов (прежде всего, для городов, являющихся городскими поселениями), а также дополнения этого перечня показателями, аналогичными устоявшимся в международной практике (таким как валовой городской продукт, средняя ожидаемая продолжительность жизни и пр.), позволяющих обеспечить сопоставление российских городов с зарубежными в будущем.

**Благодарности.** Раздел «Российские индексы развития городов» написан Д.Ю. Землянским и А.Г. Махровой в рамках госбюджетной научно-исследовательской работы МГУ им. М.В. Ломоносова (проект № 0148-2019-0008 «Социально-экономические факторы трансформации территориальной организации общества в России и сопредельных странах» (ГЗ) (НИОКР № АААА-А16-116032810087-1).

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

*Битюкова В.Р.* Интегральная оценка экологической ситуации городов России // Региональные исследования. 2014. № 4. С. 49–57.

*Гулько М. С.* Малые города центральной части Европейской России: состояние и роль в организации пространства // Известия РАН. Серия географическая. 2015. № 2. С. 43–52.

*Добролюбова Ю.С.* Обзор зарубежных социально-экологических рейтингов городов и их сравнение с российскими аналогами // Региональные исследования. 2015. № 4. С. 65–75.

*Землянский Д.Ю., Ламанов С.В.* Сценарии развития монопрофильных городов России // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5. Геогр. 2015. № 4. С. 69–74.

*Зубаревич Н.В., Сафронов С.Г.* Развитие больших городов России в 2010-х годах // Региональные исследования. 2019. № 1. С. 39–51.

*Касимов Н.С., Битюкова В.Р., Малхазова С.М., Кошелева Н.Е., Никифорова Е.М., Шартова Н.В., Власов Д.В., Тимошин С.А., Краинов В.Н.* Регионы и города России: интегральная оценка экологического состояния. М.: ИП Филимонов МВ, 2014. 560 с.

*Любовный В.Я.* Монопрофильные города в условиях кризиса: состояние, проблемы, возможности реабилитации. М.: ЗАО «Дортранспечать», 2009. 104 с.

*Нефедова Т.Г., Трейвиш А.И.* «Сильные» и «слабые» города России. Полуса и центры роста в региональном развитии. М. 1998. С. 135–145.

*Нефедова Т.Г., Трейвиш А.И.* Города и сельская местность: состояние и соотношение в пространстве России // Региональные исследования. 2010. № 2(28). С. 42–57.

*Тургель И.Д.* Проблемы формирования государственной политики поддержки моногородов России // Идеи и идеалы. 2010. Т. 1. № 2. С. 94–105.

*Antonov E.V.* Demographic and economic asymmetry of urban development in the Urals, Siberia, and the Far East in 1991–2014. *Regional Research of Russia*, 2018, vol. 8, no. 1, p. 16–33.

Global urban indicators database, version 2 / Global Urban Observatory, United Nations Human Settlements Programme. Nairobi, Kenya: UN-Habitat Publ. 2002. 41 p.

The state of the world's cities 2001 / United Nations for Human Settlements. Nairobi, Kenya: UN-Habitat Publ. 2001. 125 p.

#### *Электронные ресурсы*

*Зубаревич Н.В.* Крупные города России: лидеры и аутсайдеры // Демоскоп Weekly. 2013. № 551–552 : URL: <http://www.demoscope.ru/weekly/2013/0551/demoscope551.pdf> (дата обращения 15.01.2020).

Институт экономики города. Рейтинг столичных городов России от Фонда «Институт экономики города»: URL: [http://www.urbanecomomics.ru/research/analytics/rating\\_city\\_IUE](http://www.urbanecomomics.ru/research/analytics/rating_city_IUE) (дата обращения 16.07.2018).

Коммерсантъ. 100 лучших городов России : URL: <https://www.kommersant.ru/doc/2158894> (дата обращения 20.07.2018).

Стратегия пространственного развития Российской Федерации на период до 2025 года. Распоряжение Правительства РФ от 13.02.2019 N 207-р «Об утверждении Стратегии пространственного развития Российской Федерации на период до 2025 года» : URL: <http://government.ru/docs/35733/> (дата обращения 15.01.2020).

Урбаника. Интегральный рейтинг ста крупнейших городов России (Топ – 100) по данным 2010 года : URL: <http://urbanica.spb.ru/research/ratings/integralnyj-rejting-sta-krupnejshih/> (дата обращения 25.07.2018).

Финансовый университет. Итоги исследований качества жизни в крупных и средних российских городах : URL: [http://www.fa.ru/News/2017-11-27-life\\_quality.aspx](http://www.fa.ru/News/2017-11-27-life_quality.aspx) (дата обращения 26.07.2018).

ARCADIS. Sustainable Cities Index 2016 Putting people at the heart of city sustainability : URL: <https://www.arcadis.com/media/0/6/6/%7B06687980-3179-47AD-89FD-F6AFA76EBB73%7DSustainable%20Cities%20Index%202016%20Global%20Web.pdf> (дата обращения 25.07.2018).

AT Kearney. Global Cities 2017. Leaders in a World of Disruptive Innovation : URL: <https://www.atkearney.com/global-cities/full-report> (дата обращения 26.07.2018).

Domofond.ru. Рейтинг 250 крупнейших городов России 2017 года: URL: <https://www.domofond.ru/city-ratings> (дата обращения 28.07.2018).

EASYPARK. 2017 Smart Cities Index: URL: <https://easyparkgroup.com/smart-cities-index/> (дата обращения 26.07.2018).

McKinsey&Company. 2011 Urban Sustainability Index: URL: <https://ru.scribd.com/document/97173744/McKinsey-2011-Urban-Sustainability-Index> (дата обращения 26.07.2018).

Mercer. Quality of living city ranking: URL: <https://mobilityexchange.mercer.com/Insights/quality-of-living-rankings> (дата обращения 27.07.2018).

Monocle. THE LIVEABLE CITIES INDEX 2010 – Global: URL: <https://monocle.com/magazine/issues/35/the-liveable-cities-index-2010/> (дата обращения 28.07.2018).

NUMBEO. About Quality of Life Indices At This Website: URL: [https://www.numbeo.com/quality-of-life/indices\\_explained.jsp](https://www.numbeo.com/quality-of-life/indices_explained.jsp) (дата обращения 28.07.2018).

PWC. Cities of Opportunity: URL: <https://www.pwc.com/us/en/cities-of-opportunity/assets/cities-opp-2012.pdf> (дата обращения 12.07.2018).

SGM. Рейтинг устойчивого развития городов РФ за 2013 год: URL: <http://www.agencysgm.com/projects/Rating2013.pdf> (дата обращения 12.07.2018).

SGM. Составление рейтингов устойчивого развития городов России: URL: <http://www.agencysgm.com/projects/sostavlenie-reytinga-gorodov-rossii-v-oblasti-ustoychivogo-razvitiya/> (дата обращения 06.07.2018).

The Economist Intelligence Unit. Global Liveability Index 2018: URL: [https://www.eiu.com/public/topical\\_report.aspx?campaignid=Liveability2018](https://www.eiu.com/public/topical_report.aspx?campaignid=Liveability2018) (дата обращения 10.07.2018).

Поступила в редакцию 29.01.2020

После доработки 15.02.2020

Принята к публикации 06.03.2020

**D.Yu. Zemlyanskii<sup>1,2</sup>, A.G. Makhrova<sup>3,4</sup>, D.M. Medvednikova<sup>5,6</sup>**

#### **METHODOLOGICAL APPROACHES TO THE ELABORATION OF COMPLEX INDEXES OF THE SOCIO-ECONOMIC DEVELOPMENT OF CITIES**

The article provides a detailed overview of methods applied for compiling complex city indexes of socio-economic development (both international and Russian). Specific methodological features of indexes computation and selection of indicators and categories (subindexes) are analyzed basing on 12 international and 8 Russian city indexes. All of them are divided into three types: 1) sustainable development indexes, 2) indexes assessing the position of cities in the global systems, and 3) quality of life indexes. It is determined that in most cases 20–30 indicators are used both in Russia and abroad to compile a comprehensive index of socio-economic development of cities; these are usually aggregated into 5–6 groups (subindexes). The linear scaling method is most often applied to normalize index indicators, and the final integral score is formed as an arithmetic mean or weighted average and is presented in a point scale (from 0 to 1, 10 or 100).

The analysis shows that at present there are no generally accepted methods for compiling indexes of socio-economic development of cities, either in the world or in Russia. There are noticeable methodological discrepancies in the selection of areas of socio-economic development of a city that are included in the comprehensive assessment, as well as indicators for their evaluation. However, there are a limited number of aspects of urban development, e. g. economic development, human capital etc., for which indicators and assessment approaches have become common in the international practice, while not a single indicator could be considered established in Russian practice.

<sup>1</sup> Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Department of Economic and Social Geography of Russia, Scientific Researcher, PhD. in Geography; *e-mail*: [geozema@mail.ru](mailto:geozema@mail.ru)

<sup>2</sup> SOPS VAVT of the Ministry of Economic Development of the Russian Federation, Director;

<sup>3</sup> Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Department of Economic and Social Geography of Russia, Leading Scientific Researcher, PhD. in Geography; *e-mail*: [almah@mail.ru](mailto:almah@mail.ru)

<sup>4</sup> SOPS VAVT of the Ministry of Economic Development of the Russian Federation, Leading Scientific Researcher;

<sup>5</sup> Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Department of Economic and Social Geography of Russia, master student; *e-mail*: [darina.medvednikova@yandex.ru](mailto:darina.medvednikova@yandex.ru)

<sup>6</sup> SOPS VAVT of the Ministry of Economic Development of the Russian Federation, Research Assistant

Russian practice of compiling urban indexes falls significantly behind the world one. The authors identified principal limitations of compiling Russian indexes of socio-economic development of the cities, the most important of them being: 1) the absence of most commonly used indicators for assessing the development for cities having the «urban settlements» municipal status (in Russian «*gorodskoe poselenie*» – the lowest level of municipalities hierarchy); 2) poor development of methods for assessing a number of important components of the socio-economic development of cities (transport, social infrastructure, environmental situation, human capital). The existing barriers limit possible compilation of complex indexes of socio-economic development of Russian cities to only a small sample of cities, and also cause the low representation of Russian cities in international indexes, thus making it impossible to compare the cities of this country with other cities in the world.

*Key words:* city development index, socio-economic development, urban infrastructure, human capital, demographic development, ecological situation

**Acknowledgments.** The section «Russian city indexes development» was prepared by D.Yu. Zemlyanskii and A.G. Makhrova under the state-ordered research theme of the Lomonosov Moscow State University (project no. 0148-2019-0008 «Socio-economic factors of the transformation of the territorial organization of society in Russia and adjoining states» R&D no. AAAA-A16-116032810087-1).

## REFERENCES

- Antonov E.V. Demographic and economic asymmetry of urban development in the Urals, Siberia, and the Far East in 1991–2014, *Regional Research of Russia*, 2018, vol. 8, no. 1, p. 16–33.
- Bitukova V.R. Integral'naja ocenka jekologicheskoy situacii gorodov Rossii [The integral estimation of ecological situation of Russian cities and towns], *Regional'nye issledovanija*, 2014, no. 4, p. 49–57. (In Russian)
- Dobrolyubova Y.S. Obzor zarubezhnyh social'no-ekologicheskikh rejtingov gorodov i ih sravnenie s rossijskimi analogami [Review of foreign socio-environmental city ratings and their comparison with the Russian analogues], *Regional'nye issledovanija*, 2015, no. 4, p. 65–75. (In Russian)
- Global urban indicators database, version 2, Global Urban Observatory, United Nations Human Settlements Programme Ed., Nairobi, Kenya, UN-Habitat Publ., 2002, 41 p.
- Gun'ko M.S. Malye goroda central'noj chasti Evropejskoj Rossii: sostojanie i rol' v organizacii prostranstva [Small Towns of Central Part of European Russia: Current Situation and Role in Organization of Space], *Izvestiya RAN. Seriya geograficheskaya*, 2015, no. 2, p. 43–52. (In Russian)
- Kasimov N.S., Bitukova V.R., Malhazova S.M., Kosheleva N.E., Nikiforova E.M., Shartova N.V., Vlasov D.V., Timonin S.A., Kraynov V.N. *Regiony i goroda Rossii: integral'naja ocenka ekologicheskogo sostojanija* [Regions and cities of Russia: the integrated assessment of the state of the environment], Moscow: IP Filimonov MV Publ., 2014, 560 p. (In Russian)
- Lyubovnyi V.Ya. *Monoprofil'nye goroda v uslovijah krizisa: sostojanie, problemy, vozmozhnosti reabilitacii* [Monotowns under crisis: actual state, problems and opportunities for rehabilitation], Moscow: ZAO «Dortranspechat» Publ., 2009, 104 p. (In Russian)
- Nefyodova T.G., Treivish A.I. Goroda i sel'skaya mestnost': sostoyanie i sootnoshenie v prostranstve Rossii [Cities and countryside in Russia: their state and correlation], *Regional'nye issledovanija*, 2010, no. 2(28), p. 42–57. (In Russian)
- Nefyodova T.G., Treivish A.I. «Powerful» and «sick» cities of Russia, *Poljusa i centry rosta v regional'nom razvitii* [Poles and centres of growth in regional development], Moscow, 1998, p. 135–145. (in Russian)
- The state of the world's cities 2001*, United Nations for Human Settlements Ed., Nairobi, Kenya, UN-Habitat Publ., 2001, 125 p.
- Turgel' I.D. Problemy formirovaniya gosudarstvennoj politiki podderzhki monogorodov Rossii [Problems of developing the state policy of supporting Russian monotowns], *Ideji i idealy*, 2010, vol. 1, no. 2, p. 94–105. (In Russian)
- Zemlyanskij D.Yu., Lamanov S.V. Scenarii razvitiya monoprofil'nyh gorodov Rossii [Scenarios of development for the mono-functional towns in Russia], *Vestn. Mosk. un-ta. Ser. 5. Geogr.*, 2015, no. 4, p. 69–74. (In Russian)
- Zubarevich N.V., Safronov S.G. Razvitie bol'shix gorodov Rossii v 2010-h godah [Russia largest cities development in the 2010s], *Regional'nye issledovanija*, 2019, no. 1, p. 39–51. (In Russian)
- Web sources*
- ARCADIS. Sustainable Cities Index 2016 Putting people at the heart of city sustainability, URL: <https://www.arcadis.com/media/0/6/6/%7B06687980-3179-47AD-89FD-F6AFA76EBB73%7D%20Sustainable%20Cities%20Index%202016%20Global%20Web.pdf> (access date 07.2018).
- AT Kearney. Global Cities 2017. Leaders in a World of Disruptive Innovation, URL: <https://www.atkearney.com/global-cities/full-report> (access date 07.2018).
- Domofond.ru. Rejting 250 krupnejshix gorodov Rossii 2017 goda. [Rating of 250 largest cities of Russia 2017] (in Russian), URL: <https://www.domofond.ru/city-ratings> (access date 07.2018).
- EASYPARK. 2017 Smart Cities Index, URL: <https://easyparkgroup.com/smart-cities-index/> (access date 07.2018).
- Finkansovyi universitet. Itogi issledovanij kachestva zhizni v krupnyh i srednih rossijskix goroda [The results of the analysis of quality of life in large and medium cities of Russia] (in Russian), URL: [http://www.fa.ru/News/2017-11-27-life\\_quality.aspx](http://www.fa.ru/News/2017-11-27-life_quality.aspx) (access date 07.2018).
- Institut ekonomiki goroda. Rejting stolichnyh gorodov Rossii ot Fonda «Institut jekonomiki goroda» [Rating of regional capital cities of Russia by the Institute for urban economics] (in Russian), URL: [http://www.urbanomics.ru/research/analytics/rating\\_city\\_IUE](http://www.urbanomics.ru/research/analytics/rating_city_IUE) (access date 07.2018).
- Kommersant. 100 luchshix gorodov Rossii. [The best 100 cities of Russia] (in Russian), URL: <https://www.kommersant.ru/doc/2158894> (access date 07.2018).
- McKinsey & Company. 2011 Urban Sustainability Index, URL: <https://ru.scribd.com/document/97173744/McKinsey-2011-Urban-Sustainability-Index> (access date 07.2018).
- Mercer. Quality of living city ranking, URL: <https://mobilityexchange.mercer.com/Insights/quality-of-living-rankings> (access date 07.2018).
- Monocle. THE LIVEABLE CITIES INDEX 2010 – Global, URL: <https://monocle.com/magazine/issues/35/the-liveable-cities-index-2010/> (access date 07.2018).

NUMBEO. About Quality of Life Indices At This Website, URL: [https://www.numbeo.com/quality-of-life/indices\\_explained.jsp](https://www.numbeo.com/quality-of-life/indices_explained.jsp) (access date 07.2018).

PWC. Cities of Opportunity, URL: <https://www.pwc.com/us/en/cities-of-opportunity/assets/cities-opp-2012.pdf> (access date 07.2018).

SGM. Rejting ustojchivogo razvitija gorodov RF za 2013 god. [Rating of urban sustainable development in the Russian Federation 2013. A report of rating agency «SGM»] (in Russian), URL: <http://www.agencysgm.com/projects/Rating2013.pdf> (access date 07.2018).

SGM. Sostavlenie rejtingov ustojchivogo razvitija gorodov Rossii [Development of urban sustainable development ratings for Russian cities] (in Russian), URL: <http://www.agencysgm.com/projects/sostavlenie-reytinga-gorodov-rossii-v-oblasti-ustoychivogo-razvitiya/> (access date 07.2018).

Strategija prostranstvennogo razvitija Rossijskoj Federacii na period do 2025 goda [Strategy of Russian Federation spatial

development until 2025 year], [Electronic resource]: Rasporjazhenie Pravitel'stva RF ot 13.02.2019 N 207-r <Ob utverzhdenii Strategii prostranstvennogo razvitija Rossijskoj Federacii na period do 2025 goda [About the approval of the Strategy of Russian Federation spatial development until 2025 year]> (in Russian), URL: <http://government.ru/docs/35733/> (access date 01.2020).

The Economist Intelligence Unit. Global Liveability Index 2018, URL: [https://www.eiu.com/public/topical\\_report.aspx?campaignid=Liveability2018](https://www.eiu.com/public/topical_report.aspx?campaignid=Liveability2018) (access date 07.2018).

Urbanika. Integral'nyj rejting sta krupnejshih gorodov Rossii (Top-100) po dannym 2010 goda [Integral rating of 100 largest cities of Russia (Top-100) by 2010 data] (in Russian), URL: <http://urbanica.spb.ru/research/ratings/integralnyj-rejting-sta-krupnejshih/> (access date 07.2018).

Zubarevich N.V. Krupnye goroda Rossii: lidery i autsajdery [Large cities in Russia: leaders and outsiders], *Demoskop Weekly*, 2013, no. 551–552 (in Russian), URL: <http://www.demoscope.ru/weekly/2013/0551/demoscope551.pdf> (access date 01.2020).

Received 29.01.2020

Revised 15.02.2020

Accepted 06.03.2020

УДК 911.375.6.

В.А. Крюков<sup>1</sup>, Е.И. Голубева<sup>2,3</sup>

## ОЦЕНКА ВКЛАДА ЭКОЛОГИЧЕСКИХ И СОЦИАЛЬНЫХ ФАКТОРОВ В КОМФОРТНОСТЬ ПРОЖИВАНИЯ В МОСКВЕ

В современном мире с высокой активностью процессов урбанизации все большее внимание уделяется вопросам качества городской среды и комфортной жизни в городах. Комфортность проживания – это объективное состояние и субъективное ощущение физического и психологического здоровья, безопасности и удобства жителя в настоящем состоянии города. Для оценки комфортности проживания на примере модельной территории, состоящей из нескольких районов Москвы (в том числе и Новой Москвы), был применен метод анализа иерархий, широко применяемых в научных исследованиях различной тематики. Для усовершенствования методики попарного сравнения факторов комфортности проживания использовались результаты социологических опросов и натурных исследований. Шесть групп экологических и социальных факторов были ранжированы в соответствии с полученными количественными значениями их веса. В целом, жителям модельной территории более важны социальные факторы с общим весом 65,5% (транспортная доступность с весом 39,1% и доступность объектов инфраструктуры с весом 26,4%), чем экологические с общим весом 34,5% (акустическое загрязнение с весом 11,7%, доступность и качество зеленых зон с весом 11,5%, загрязнение окружающей среды с весом 8,9%, неблагоприятные геоморфологические процессы с весом 2,4%). Результаты этой оценки могут использоваться в градостроительном проектировании различных территорий. С использованием ГИС-технологий были проанализированы пространственные особенности комфортности проживания для каждого жилого дома модельной территории. С учетом рассчитанного веса факторов каждое жилое строение было оценено по комфортности проживания. Для каждого фактора комфортности проживания были построены оценочные схемы модельной территории. Новая Москва и Москва в старых границах (до 01.07.2012) имеют значительные различия: присоединенные территории менее комфортны для проживания из-за более низкой транспортной и инфраструктурной доступности, более сильного акустического воздействия и большего загрязнения компонентов окружающей среды. Исследование показало, что наиболее комфортны для проживания районы многоэтажной застройки районов Солнцево и Ново-Переделкино, в то время как участки малоэтажной застройки в окрестностях района Внуково и поселка Внуково наименее комфортны.

*Ключевые слова:* метод анализа иерархий, городская экология, интегральная оценка комфортности, Москва, Новая Москва

**Введение.** Понятия комфортности проживания в городе, качества и комфортности городской среды и устойчивого развития города довольно близки. В данной работе оценивается понятие, которое в последние годы активно используется как специалистами, так и в быту – комфортность проживания в городе. Социально-экологическая комфортность проживания в городе – это объективное состояние и субъективное ощущение физического и психологического здоровья, безопасности и удобства жителя в настоящем состоянии города, определяемом природно-экологическими и социальными факторами [Болысов, Харченко, 2016; Лободанова и др., 2013; Маслов, 2003; Реймерс, 1990].

Комфортность городской среды также можно определить как «субъективное чувство и объективное состояние полного здоровья при данных условиях окружающей человека городской среды, включая ее природные и социально-экономические показатели» [Тетиор, 2008]. Качество городской среды –

это возможности городской среды удовлетворять объективным и субъективным потребностям жителей в соответствии с установленными стандартами и нормами жизнедеятельности [Маслов, 2003], а устойчивое развитие города – совокупность процессов, благодаря которым поддерживается высокое качество городской среды [Глазычев, 2008].

Тем не менее, многие исследователи часто смешивают эти понятия, упоминая в качестве синонимов комфортность города, устойчивость его развития и качество среды, описывая всевозможные благоприятные для жизни города аспекты/элементы/характеристики (микроклиматическая обстановка, шумовое воздействие, загрязнение компонентов окружающей среды, доступность объектов инфраструктуры, транспортная обеспеченность, доступность качественного жилья, наличие и качество рабочих мест, доходы населения, безопасность, эстетические и рекреационные качества городских пространств и т. д.) [Ильина, 2015; Тетиор, 2006].

<sup>1</sup> Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова, географический факультет, кафедра рационального природопользования, аспирант; *e-mail:* vitkryukov@gmail.com

<sup>2</sup> Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова, географический факультет, кафедра рационального природопользования, докт. биол. н., профессор; *e-mail:* egolubeva@gmail.com

<sup>3</sup> Балтийский федеральный университет им. И. Канта, докт. биол. н., профессор

Факторы, которые исследователи перечисляют в качестве определяющих то или иное вышеупомянутое понятие, часто пересекаются, хотя их итоговый набор всегда различается в зависимости от рассматриваемого понятия, цели и задач исследования, доступности данных, их актуальности, достоверности, точности и полноты. И если в рамках концепции устойчивого развития равновесность трех главных составляющих (экономической, социальной и экологической) кажется обоснованной, то при оценке комфортности проживания, учитывающей субъективное мнение самих жителей, неизбежно возникает проблема количественного определения вклада каждого фактора в интегральную комфортность проживания.

В этой связи чрезвычайно важной становится не столько проблема выбора объекта исследования – комфортности города или качества городской среды, сколько проблема выбора факторов, определяющих комфортную жизнь, и удельного веса (вклада) в комфортность проживания. Существует целый ряд попыток таких оценок, как в России, так и за рубежом, представленных в виде рейтингов [Индекс качества ..., 2019; The Global Liveability Index, 2019; Quality ..., 2019; Arcadis ..., 2018], охватывающих экономическую, социальную и экологическую составляющие с использованием различных источников информации.

Цель исследования – оценка вклада экологических и социальных факторов в комфортность проживания. Такая оценка потребовала анализа результатов научных исследований и социологических опросов, касающихся вопроса комфортности проживания в российских городах; количественного определения вклада различных факторов в комфортность проживания и ранжирование факторов по степени их приоритетности методом анализа иерархий (АНР); выделения пространственных особенностей комфортности проживания на модельной территории с использованием ГИС-технологий.

Оценка проводилась на модельной территории, включающей несколько районов города Москвы: Солнцево, Ново-Переделкино, Внуково (Западный административный округ) и поселения Московский и Внуковское (Новомосковский административный округ). Москва – крупный (>12,6 млн чел) мегаполис с расширяющейся агломерацией и высокой плотностью населения (в границах до присоединения территории Новой Москвы в 2012 г.) [Мосгорстат, 2019]. Новая Москва и Москва в старых границах значительно различаются по численности, плотности населения и техногенной нагрузке на компоненты окружающей среды. На территории Новой Москвы эти показатели заметно ниже, а темпы градостроительной деятельности – выше [Генеральный план ..., 2019].

Известны многочисленные работы с использованием метода анализа иерархий в области геоэкологии и природопользования: оценка негативного воздействия на окружающую среду [Rezaian, Seyed, 2011; Ying et al., 2007], воздействия неблагоприят-

ных природных процессов на город [Rezaei, Tahsili, 2018], возможностей применения отдельных мер экологической политики и оптимизации природопользования [Huenner et al., 2016; Malczewski et al., 1997; Stypka et al., 2016; Ramos-Quintana et al., 2019], комфортности городской среды [Arbab, 2017; Gurgam et al., 2015], «зрелости» системы экологического менеджмента [Bai et al., 2018].

Анализ литературных данных показал, что на постсоветском пространстве подобные оценки с использованием метода анализа иерархий в геоэкологических исследованиях активно не проводились, поэтому настоящее исследование имеет большое значение для апробации метода в отечественных реалиях. При наличии достаточной информации и экспертов в градостроительном планировании проведение таких оценок может стать повседневной практикой при разработке градостроительной документации.

**Материалы и методы.** *Интегральная оценка комфортности проживания.* Как было сказано ранее, для интегральной оценки необходимо количественно определить вклад каждого фактора или его вес. Для этого нами использовался широко применяемый в различных научных областях метод анализа иерархий Т. Саати [Saaty, 2008], который относится к группе методов мультикритериального анализа решений. Принятие определенного решения для достижения некоторой цели трактуется весьма широко. В частности, Т. Саати к этому процессу относит и выбор фактора, оказывающего наибольшее воздействие на тот или иной процесс. Процедура оценки степени важности (влияния) того или иного фактора (решения/объекта) происходит путем ряда попарных сравнений каждого фактора (решения/объекта) с другим. Существуют и другие менее популярные варианты применения метода анализа иерархий (ранжирование неограниченного количества объектов по факторам с известной относительной важностью/весом каждого из них; сопоставительный анализ всех факторов с одним). Однако в настоящем исследовании применялась первая вариация метода.

В математическом виде список факторов можно представить как матрицу, в первом столбце и первой строке которой расположены все выбранные для анализа факторы. Ячейки матрицы заполняются значениями в диапазоне от 1 до 9 или от 1/9 до 1, отражающими степень приоритетности одного фактора над другим по условной шкале сравнения.

Кроме того, использование этого метода позволяет ранжировать страны и их регионы, муниципальные образования города по тем или иным факторам для определения антропогенной нагрузки на окружающую среду, оптимизации системы природопользования, оптимизации градостроительного планирования или же ранжировать сами факторы.

В нашем исследовании анализ применялся для выявления иерархии факторов, оказывающих воздействие на комфортность проживания, по их важности. В качестве оцениваемых факторов с учетом

наличия, актуальности, достоверности, подробности информации о пространственном распространении их воздействия на комфортность проживания на территории Москвы были выбраны следующие:

- неблагоприятные геоморфологические процессы (преимущественно делювиально-солифлюкционные процессы, бороздовая эрозия и заболачивание без проявлений глубоких оползней, карстовых провалов и значительного подтопления). Такой набор геоморфологических процессов оказывает негативное воздействие на проходимость территории и ее привлекательность для жизни:

- шумовое загрязнение (автотранспортом с трех главных магистралей территории – Боровского, Киевского шоссе и МКАД; Киевского направления Московской железной дорогой; самолетами аэропорта «Внуково»);

- загрязнение компонентов окружающей среды (преимущественно учитывалось загрязнение атмосферного воздуха, в меньшей степени – поверхностных вод);

- наличие, доступность и качество зеленых зон (группа факторов, показывающих степень удовлетворения потребностей жителей в озелененных территориях, пригодных для осуществления рекреационной деятельности);

- транспортная доступность территории общественным и личным транспортом (на ключевой территории главным видом транспорта являются Солнцевская и Сокольническая линии метрополитена, вспомогательными – Киевское направление МЖД и автобусная сеть);

- доступность объектов инфраструктуры (образовательных, торговых, спортивных, медицинских, культурно-развлекательных).

Более точно оценить степень важности каждого фактора можно с помощью мнений самих жителей, т.е. специальных соцопросов, или экспертных оценок. Согласно существующим опросам, при выборе городской недвижимости, помимо характеристик дома и застройщика, покупатели уделяют большое внимание транспортной доступности территории, наличию и удаленности объектов инфраструктуры. Транспортный вопрос обычно оказывается важнее инфраструктурной обеспеченности, но оба фактора имеют значение для покупателя [Топ-5 ..., 2017; Факторы ..., 2019; Эксперты ..., 2017]. Среди факторов может упоминаться экологическая обстановка, которая в терминах настоящего исследования определяется жителями как степень загрязнения атмосферного воздуха и наличие рекреационных зеленых зон удовлетворительного качества. Фактор шумового загрязнения упоминается единично, фактор наличия проявлений неблагоприятных геоморфологических процессов не встречается. Возможная причина низкой «популярности» этого фактора связана с тем, что такие явления считаются составляющей неудовлетворительного благоустройства городской среды.

Согласно исследованию [Алексеевский, 2017], определяющим фактором для большинства покупателей является цена жилья, а социальные и экологи-

ческие аспекты второстепенны. Транспортная доступность обычно располагается на втором месте по приоритетности, наличие в пределах пешеходной доступности школ и детских садов – на третьем, медицинских учреждений – на четвертом. На экологическую обстановку обращают внимание в отдельных случаях, хотя этот фактор в последнее время вместе с доступностью и качеством зеленых зон постепенно становится более важным.

С учетом наличия крупного источника шумового загрязнения в виде аэропорта «Внуково» приоритетность этого фактора была повышена. Согласно рейтингу портала недвижимости domofond.ru [Полный рейтинг ..., 2018], обстановка с акустическим воздействием вызвала у жителей Солнцево большую, чем в целом по российским городам, обеспокоенность.

В исследовании А.А. Попова [2008] вес транспортной доступности в общей оценке комфортности проживания в Москве составил 1,31; доступности объектов инфраструктуры (за исключением культурных) – 1,03; а экологической обстановки (по данным выбросов загрязняющих веществ) – 0,94 (1 – средний показатель).

Согласно социологическим опросам жителей Ярославля [Пасхина, 2011], комфортные условия проживания – это также, прежде всего, хорошая транспортная доступность и инфраструктурные объекты. Москвичей также инфраструктурная и транспортная обеспеченность волнуют в целом больше, чем жителей других крупных мировых мегаполисов [Пространство города ..., 2019].

Анализ исследований по рассматриваемой проблеме позволил определить приоритетность каждой группы факторов для горожан. Для этого было проведено попарное сравнение важности каждой группы факторов (всего 6). Как и в классическом методе анализа иерархий, была применена условная безразмерная шкала от 1 до 9 (табл. 1).

Результаты попарного сравнения факторов приведены в табл. 2. Значение  $N$  в строке  $a$  и столбце  $b$  равно степени важности группы факторов в строке  $a$  по сравнению со степенью важности группы факторов в столбце  $b$ . Если значение  $N(a; b)$  больше 1, то вклад группы факторов в строке  $a$  в интегральную доступность выше, чем вклад группы факторов в столбце  $b$ . В противном случае роль группы факторов  $b$  выше.

Удельный вес каждой группы факторов был рассчитан как среднее геометрическое всех значений  $N$  в соответствующей группе факторов в строке:

$$W_a = \sqrt[6]{N_{a1}N_{a2}N_{a4}N_{a5}}, \quad (1)$$

где  $N_{a1-6}$  – значения степени важности группы факторов в строке  $a$  по сравнению со степенями важности остальных групп факторов.

После этого полученное значение веса для каждой группы факторов было нормализовано (с приведением суммы весов  $W_{1-6}$  к единице) путем деления среднего геометрического данной группы на сумму всех средних геометрических (2):

Т а б л и ц а 1

**Шкала степеней значимости факторов при попарном сравнении [Saaty, 2008]**

Степень значимости	Определение
1	Значимость факторов одинакова
3	Небольшое преобладание значимости первого фактора
5	Выраженное преобладание значимости
7	Сильно выраженное преобладание значимости
9	Максимально возможная степень преобладания значимости
Остальные значения >1	Промежуточные значения
Обратные значения степени значимости (<1)	Если группа факторов <i>a</i> значимее группы факторов <i>b</i> , то значимость группы факторов <i>b</i> по отношению к группе факторов <i>a</i> будет исчисляться значениями <1

Т а б л и ц а 2

**Матрица попарного сравнения факторов, оказывающих воздействие на комфортность проживания на ключевой территории, методом АНР**

Факторы	1	2	3	4	5	6	<i>W</i>	<i>W<sub>n</sub></i>	<i>W<sub>n</sub></i> , %	Ранг*
1. Неблагоприятные геоморфологические процессы	1	1/6	1/6	1/6	1/9	1/7	0,2	0,024	2,4	6
2. Шумовое загрязнение	6	1	2	1	1/4	1/3,5	0,97	0,117	11,7	3
3. Загрязнение компонентов окружающей среды	6	1/2	1	1/1,5	1/4	1/3	0,74	0,089	8,9	5
4. Доступность и качество зеленых зон	6	1	1,5	1	1/4	1/3	0,95	0,115	11,5	4
5. Транспортная доступность	9	4	4	4	1	2	3,24	0,391	39,1	1
6. Доступность объектов инфраструктуры	7	3,5	3	3	1/2	1	2,19	0,264	26,4	2
Итого:	—						1	100	—	

\* Примечание – место фактора в списке, проранжированном по величине вклада в комфортность проживания (от 1 – максимальный вклад до 6 – минимальный вклад).

$$W_{na} = \frac{W_a}{\sum_{W=1}^6 W_a} \quad (2)$$

*Пространственный анализ факторов комфортности проживания.* С помощью различных статистических данных, данных экологического мониторинга города Москвы ГПБУ «Мосэкомониторинг» о концентрациях загрязняющих веществ [Доклады о состоянии окружающей среды, 2010–2018], показателей государственных программ, нормативов доступности объектов инфраструктуры [СП 42.13330.2011, 2011], открытых данных [ИАИС ОГД, 2019; Портал открытых ..., 2019; Greenpeace ..., 2019] для каждого фактора в программной среде QGIS были построены схемы, отображающие распределение категорий комфортности проживания на модельной территории (на рис. показаны схемы для факторов 1 и 2 и интегральной

комфортности проживания). Для каждого фактора было выделено 3–4 категории: от 1 (комфортные условия) до 3 или 4 (неблагоприятные условия).

Итоговый коэффициент комфортности рассчитывался для центроидов каждого жилого здания (всего 19788) с использованием QGIS по следующей формуле:

$$K_n = W_{n1} \cdot K_1 + W_{n2} \cdot K_2 + \dots + W_{n6} \cdot K_n, \quad (3)$$

где *W<sub>n</sub>* – удельный нормированный вес фактора, *K<sub>n</sub>* – коэффициент комфортности проживания территории по фактору. *K<sub>n</sub>* принимал разные значения в зависимости от выделенных категорий. При оценке по трем категориям: 1 – для первой категории; 0,5 – для второй; 0 – для третьей. При оценке по четырем категориям: 1 – для первой категории; 0,67 – для второй; 0,33 – для третьей; 0 – для четвертой.

Итоговые категории выделялись по равным промежуткам значений:

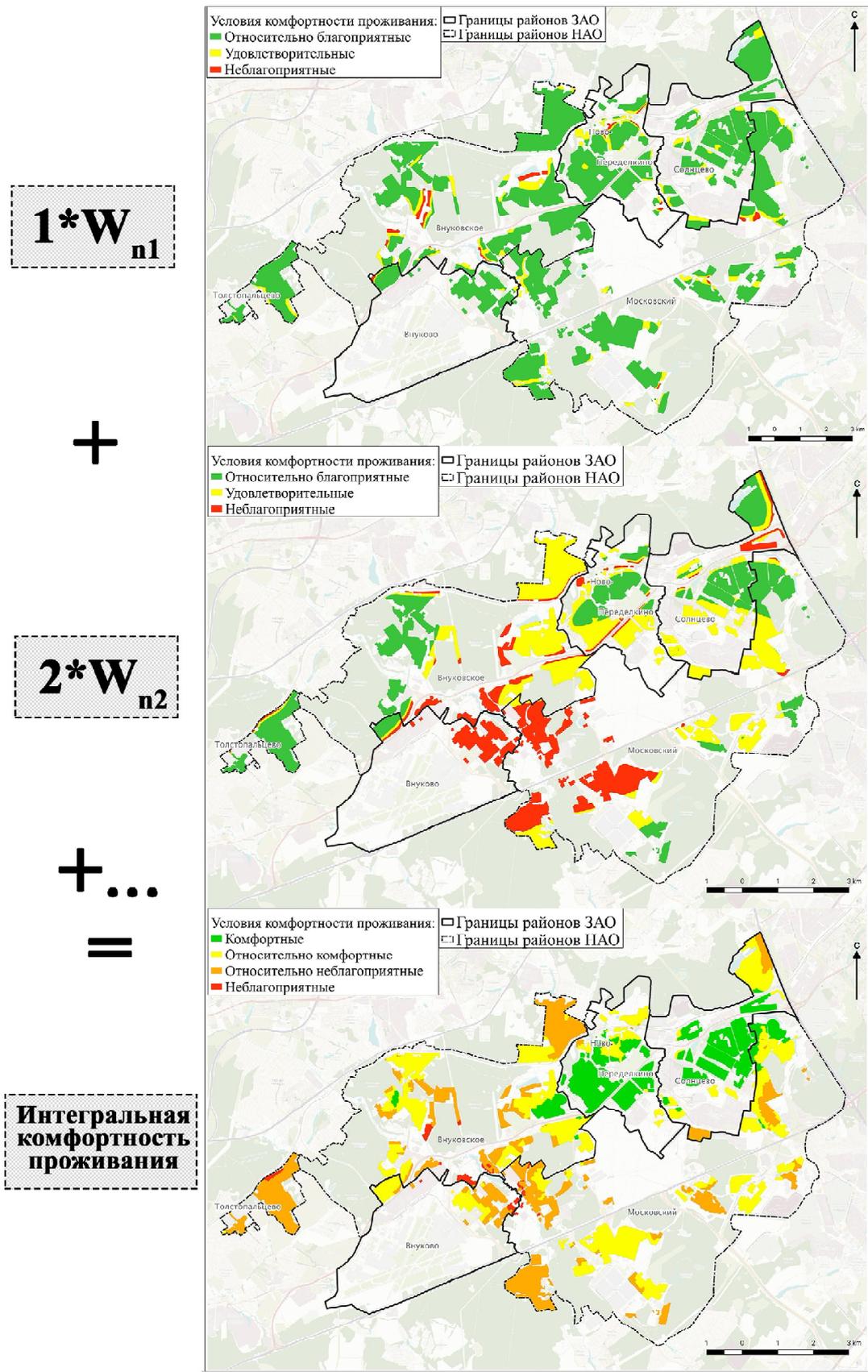


Рис. Пример картографических изображений пространственного распределения категорий комфортности проживания (НАО – Новомосковский административный округ г. Москвы)

Fig. The example of spatial distribution schemes of liveability categories (NAO – Novomoskovsky administrative okrug of Moscow)

1. Комфортные условия проживания:  $K_{ii} = 0,75-1$ ;
2. Относительно благоприятные условия проживания  $K_{ii} = 0,5-0,75$ ;
3. Относительно неблагоприятные условия проживания  $K_{ii} = 0,25-0,5$ ;
4. Неблагоприятные условия проживания ( $K_{ii} < 0,25$ ).

**Результаты исследований и их обсуждение.**

Итоговые значения веса каждого фактора комфортности проживания  $W_{ii}$  показаны в табл. 2 в дробном и процентном виде.

Дополнительной характеристикой приоритетности стало наличие или отсутствие экстремально неудовлетворительных условий на отдельных селитебных участках по тому или иному фактору. Например, группа факторов «неблагоприятные геоморфологические процессы» по имеющимся данным не имеет сильных проявлений, которые могут значительно влиять на комфортность проживания или пребывания на отдельном участке. Поэтому в ходе попарного сравнения эти факторы оценивались по приоритетности всегда низко.

Загрязнение атмосферного воздуха, наоборот, проявляется в виде конкретных экстремальных ситуаций (например, в окрестностях полигона ТБО «Саларьево»). Этот фактор получил более высокий приоритет, хотя, согласно опросам самих москвичей [Родионовская, Дорожкина, 2017], для большинства из них загрязнение атмосферного воздуха не является самым важным. Это же подтверждает и статистика жалоб на состояние атмосферного воздуха относительно многих других районов Москвы [Доклады о состоянии окружающей среды, 2010–2018].

Все факторы были ранжированы по их приоритетности в комфортности проживания (табл. 2). Наибольший вес получили социальные факторы (транспортная доступность и доступность объектов инфраструктуры). Их вклад в совокупности составляет почти 2/3 от эколого-социальной комфортности проживания. Среди экологических факторов наибольшую важность имеют акустическое загрязнение, доступность и качество зеленых зон (практически одинаковый вес), меньшую – загрязнение компонентов окружающей среды. Воздействие геоморфологических процессов было оценено ниже всего.

Безусловно, экономические факторы имеют большое значение в комфортности проживания, однако, в данном исследовании они не рассматривались.

Территория Новой Москвы по сравнению с Москвой в старых границах имеет следующие особенности:

- большая подверженность загрязнению атмосферного воздуха и акустическому воздействию (на ключевой территории), главными источниками которого являются воздушные суда;
- инфраструктурная обеспеченность присоединенных территорий ниже по причине больших нормативных значений доступности, задержке ввода объектов социальной инфраструктуры в эксплуатацию и высокой доли частной застройки;

- транспортная обеспеченность в целом ниже, как на общественном, так и на личном транспорте;
- интегральная комфортность проживания по экологическим и социальным факторам ниже.

Самые комфортные для проживания условия имеют: район Солнцево (за исключением северных и южных частей, занятых малоэтажной застройкой), район Ново-Переделкино, в том числе и дачный поселок Чоботы, ЖК «Городские истории» (частично), ЖК «Переделкино-Ближнее» (частично), ЖК «Мещерский лес» и прилегающие дачные территории (частично). Самые дискомфортные условия отмечаются на дачных участках и в деревнях в окрестностях поселка Внуково и района Внуково (поселок Писателей, Абабурово, Шельбутово, Пыхтино, Лапшинка).

**Выводы:**

- транспортная доступность и доступность объектов инфраструктуры для москвичей оказались важнее, чем экологические и природные факторы (загрязнение окружающей среды, акустическое загрязнение, доступность и качество зеленых зон, наличие проявлений геоморфологических процессов);
- исследуемые районы Новой Москвы, по сравнению с районами ЗАО, имеют более высокий уровень акустического воздействия и загрязнения атмосферного воздуха, низкую транспортную доступность и инфраструктурную обеспеченность. Как следствие, районы Новой Москвы обладают менее комфортными условиями проживания;

– итоговые значения веса относительно условны. Во-первых, трактовка степени приоритетности одного фактора над другим в методе АНР субъективна. Как следствие, оценка носит не количественный, а квазиколичественный характер.

Кроме того, нами не учитывался половозрастной состав жителей по причине отсутствия детальных данных. В зависимости от структуры населения в том или ином районе (квартале, доме) потребности горожан в чистом атмосферном воздухе, озелененных территориях удовлетворительного качества, объектах инфраструктуры и т. д. различаются.

Тем не менее, такой подход пригоден для общей оценки территории и выявления закономерностей по данному фактору.

Интегральные оценки комфортности проживания, качества городской среды, устойчивости развития города, проводящиеся любыми методами, опираются на базу статистических (в некоторых случаях, в том числе и социологических) данных и (или) результатах экспертных оценок. Сочетание обоих способов, представленное в данном исследовании, представляется наиболее объективным, т. к. эксперты могут объективно оценить приоритетность некоторых факторов, оказывающих косвенное воздействие на жителей, но ускользающих от их внимания. Однако, открытым остается вопрос о количественном определении соотношения решений экспертов и жителей при попарном сравнении факторов комфортности проживания.

**Благодарности.** Публикация подготовлена в рамках научных тем госзадания кафедры рационального природопользования географического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова «Теория и практика рационального природопользования для устойчивого развития территорий» (№ АААА-А16-116032810096-3) и реализации Программы повышения конкурентоспособности БФУ им. И. Канта.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Большов С.И., Харченко С.В. Городской рельеф как фактор комфортности проживания населения // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5. Геогр. 2016. № 1. С. 21–28.
- Глазьев В.Л. Урбанистика. Часть 2. М.: Европа, 2008. 330 с.
- Ильина И.Н. Качество городской среды как фактор устойчивого развития муниципальных образований // Имущественные отношения в Российской Федерации. 2015. № 5(164). С. 69–82.
- Лободанова Д.Л., Самсон И., Курле К. Комфортность среды как фактор инновационного развития города / Ин-т экономической политики им. Е.Т. Гайдара. М.: Дело, 2013. 180 с.
- Маслов Н.В. Градостроительная экология. М.: Высшая школа, 2003. 285 с.
- Пасхина М.В. Современные подходы к оценке комфортности городских территорий // Ярославский педагогический вестник. Том III (Естественные науки). 2011. № 2. С. 148–153.
- Попов А.А. Оценка территориальной дифференциации качества городской среды г. Москвы : автореф. дис. ... кан. геогр. наук. М., 2008. 24 с.
- Реймерс Н.Ф. Природопользование. Словарь-справочник. М.: Мысль, 1990. 639 с.
- СП 42.13330.2011 Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений. 2011.
- Тетиор А.Н. Городская экология. М.: Академия, 2008. 336 с.
- Arbab P. City Prosperity Initiative Index: Using AHP Method to Recalculate the Weights of Dimensions and Sub-Dimensions in Reference to Tehran Metropolis. *European Journal of Sustainable Development*, 2017, no. 6(4), p. 289–301. DOI: 10.14207/ejds.2017.v6n4p289.
- Bai L., Wang H., Huang N., Du Q., Huang Y. An Environmental Management Maturity Model of Construction Programs Using the AHP-Entropy Approach. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 2018, vol. 15, p. 1317. DOI: 10.3390/ijerph15071317.
- Gurram M.K., Bulusu L.D., Kinthada N.R. Urban Environmental Quality Assessment at Ward Level Using AHP Based GIS Multi-Criteria Modeling – A Study on Hyderabad City, India. *Asian Journal of Geoinformatics*, 2015, vol. 15, no. 3, p. 16–29.
- Malczewski J., Moreno-Sanchez R., Bojorquez-Tapia L.A., Ongay-Delhumeau E. Multicriteria Group Decision-making Model for Environmental Conflict Analysis in the Cape Region. *Journal of Environmental Planning and Management*, 1997, no. 40(3), p. 349–374. DOI: 10.1080/09640569712137.
- Ramos-Quintana F., Tovar-Sánchez E., Saldarriaga-Noreña H., Sotelo-Nava H., Sánchez-Hernández J.P., Castrejón-Godínez M.-L. A CBR-AHP Hybrid Method to Support the Decision-Making Process in the Selection of Environmental Management Actions. *Sustainability*, 2019, 11, 5649. DOI: 10.20944/preprints201909.0195.v1.
- Rezaei A., Tahsili S. Urban Vulnerability Assessment Using AHP. *Advances in Civil Engineering*, 2018, vol. 2018, 20 p. DOI: 10.1155/2018/2018601.
- Rezaian S., Seyed A.J. Environmental Risk Analysis by Using Multi-Criteria Decision Making Method (Case Study: Karoon 3 Dam of Iran). *The 2<sup>nd</sup> International Conference on Environmental Engineering and Applications IPCBEE*, 2011, vol. 17, p. 159–164. DOI: 10.1080/10807039.2012.725159.
- Saaty T.L. Decision making with the analytic hierarchy process. *Int. J. Services Sciences*, 2008, vol. 1, no. 1, p. 83–98. DOI: 10.1504/IJSSCI.2008.017590.
- Saaty T.L. Fundamentals of the Analytic Hierarchy Process. In: Schmoldt D.L., Kangas J., Mendoza G.A., Pesonen M. / *The Analytic Hierarchy Process in Natural Resource and Environmental Decision Making. Managing Forest Ecosystems*, vol 3. Springer, Dordrecht, 2001. DOI: 10.1007/978-94-015-9799-9\_2.
- Xiong Y., Zeng G.-M., Chen G.-Q., Tang L., Wang K.-L., Huang D.-Y. Combining AHP with GIS in synthetic evaluation of eco-environment quality – A case study of Hunan Province, China. *Ecological modelling*, 2007, no. 209, p. 97–109. DOI: 10.1016/j.ecolmodel.2007.06.007.
- Электронные ресурсы*
- Алексеевский М. Страна компромиссов: о каком жилье мечтают россияне и что они в итоге покупают // Журнал КБ «Стрелка». 2017: URL: <https://strelkamag.com/ru/article/house> (дата обращения 11.06.2019).
- Генеральный план города Москвы до 2035 года // Институт Генплана Москвы. 2019: URL: [https://genplanmos.ru/project/generalnyu\\_plan\\_moskvy\\_do\\_2035\\_goda/](https://genplanmos.ru/project/generalnyu_plan_moskvy_do_2035_goda/) (дата обращения 16.06.2019).
- Доклады о состоянии окружающей среды в городе Москве в 2010–2018 г. Департамент природопользования и охраны окружающей среды города Москвы: URL: <https://www.mos.ru/eco/documents/doklady/> (дата обращения 14.07.2019).
- ИАИС ОГД: интегрированная автоматизированная информационная система обеспечения градостроительной деятельности города Москвы : URL: <https://isogd.mos.ru/isogd-portal/home> (дата обращения 14.06.2019).
- Индекс качества городской среды – инструмент для оценки качества материальной городской среды и условий ее формирования / Национальный проект «Жилье и городская среда»: URL: <https://индекс-городов.рф> (дата обращения 20.12.2019).
- Мосгорстат. Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по городу Москве: URL: [http://moscow.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat\\_ts/moscow/ru/statistics/population/](http://moscow.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_ts/moscow/ru/statistics/population/) (дата обращения 11.06.2019).
- Эксперты выяснили три определяющих фактора при покупке квартиры / Новостной портал Рамблер/Финансы, 2017: URL: <https://finance.rambler.ru/other/38106919-eksperty-vyuasnili-tri-opredelyayuschih-faktora-pri-pokupke-kvartiry/> (дата обращения 06.04.2020).
- Полный рейтинг городов России по качеству жизни в 2018 году // Портал недвижимости «Домофонд». 21.12.2018: URL: [https://www.domofond.ru/statya/polnyy\\_reyting\\_gorodov\\_rossii\\_po\\_kachestvu\\_zhizni\\_v\\_2018\\_godu/7679](https://www.domofond.ru/statya/polnyy_reyting_gorodov_rossii_po_kachestvu_zhizni_v_2018_godu/7679) (дата обращения 11.06.2019).
- Портал открытых данных Правительства Москвы : URL: <https://data.mos.ru/> (дата обращения 14.06.2019).
- Пространство города для человека: исследование уровня и динамики градостроительного развития крупнейших мегаполисов мира / PwC: URL: <https://www.pwc.ru/publications/city-space.html> (дата обращения 11.06.2019).
- Родионовская И.С., Дорожкина Е.А. Экология урбанизированных территорий в аспекте «зеленой архитектуры» и благоустройства // Урбанистика. 2017. № 2. С. 11–19: URL: [http://www.nbpublish.com/library\\_read\\_article.php?id=22835](http://www.nbpublish.com/library_read_article.php?id=22835) (дата обращения 11.06.2019).
- Топ-5 критически важных критериев при выборе новостройки // Недвижимость РИА Новости. 19.07.2017: URL: <https://realty.ria.ru/20170719/408769596.html> (дата обращения 11.06.2019).

Факторы выбора жилья: приоритеты смещаются // Недвижимость&Цены. 2019: URL: <https://dmrealty.ru/rubrics/zakon-i-finansy/factory-vybora-zhilya-prioritety-smeshchayutsya/> (дата обращения 11.06.2019).

Arcadis Sustainable Cities Index // Arcadis, 2018: URL: <https://www.arcadis.com/en/global/search/?q=Arcadis+Sustainable+Cities+Index> (дата обращения 20.10.2018).

Greenpeace Global Mapping Hub: URL: <http://arcgis.greenpeace.org/air/> (дата обращения 14.06.2019).

Huennner M., Rozman Č., Pahek K. A Case Study on the Application of the Analytic Hierarchy Process (AHP) to Assess Agri-Environmental Measures of the Rural Development Programme (RDP 2007–2013) in Slovenia. *Applications and Theory of Analytic Hierarchy Process – Decision Making for Strategic Decisions, 2016*: URL: [https://www.intechopen.com/books/applications-and-theory-of-analytic-hierarchy-process-decision-making-for-strategic-](https://www.intechopen.com/books/applications-and-theory-of-analytic-hierarchy-process-decision-making-for-strategic)

decisions/a-case-study-on-the-application-of-the-analytic-hierarchy-process-ahp-to-assess-agri-environmental-m (дата обращения 11.06.2019). DOI: 10.5772/63924.

Quality of living city ranking // Mercer. 2019: URL: <https://mobilityexchange.mercer.com/Insights/quality-of-living-rankings> (дата обращения 17.06.2019).

Stypka T., Flaga-Maryańczyk A., Schnotale J. Application of the AHP Method in Environmental Engineering: Three Case. *Applications and Theory of Analytic Hierarchy Process – Decision Making for Strategic Decisions, 2016*: URL: <https://www.intechopen.com/books/applications-and-theory-of-analytic-hierarchy-process-decision-making-for-strategic-decisions-application-of-the-ahp-method-in-environmental-engineering-three-case-studies> (дата обращения: 11.06.2019). DOI: 10.5772/63990.

The Global Liveability Index // The Economist. 2019: URL: <https://www.eiu.com/topic/liveability> (дата обращения 01.05.2019).

Поступила в редакцию 12.07.2019

После доработки 15.12.2019

Принята к публикации 06.03.2020

V.A. Kryukov<sup>1</sup>, E.I. Golubeva<sup>2,3</sup>

#### ASSESSMENT OF THE CONTRIBUTION OF ENVIRONMENTAL AND SOCIAL FACTORS TO LIVEABILITY IN MOSCOW

Liveability of cities and urban space quality are receiving the increasing attention in contemporary world. Urban liveability is an objective condition and subjective perception of physical and mental health, safety and convenience of the current state of a city by its residents. AHP method, widely used for scientific investigations, was applied to assess the liveability of a study area including several Moscow districts, of New Moscow as well. The results of opinion polls and sociological surveys were used to improve pair-wise comparison method. Six groups of environmental and social factors were ranked on the basis of calculated weights. In general, social factors, accounting for 65,5% (transport accessibility 39,1% and accessibility of infrastructure facilities 26,4% of the total) are more essential than ecological ones which account for 34,5% (environmental contamination 8,9%, green areas accessibility and quality 11,5%, noise pollution 11,7%, adverse geomorphologic processes 2,4%). The results of the assessment may be used in urban planning. The spatial features of liveability were analyzed using GIS software. Liveability of every residential building within the area under study was evaluated basing on the factors' weights. Assessment schemes of case study area were designed for each factor. New Moscow and Moscow within its old boundaries (before 01.07.2012) are considerably different: the newly-annexed territories are less comfortable because of poorer accessibility of transport and infrastructure facilities, higher noise pollution and environment contamination. It has been revealed, that multistoried buildings of Solntsevo and Novo-Peredelkino are the most liveable, while low buildings in the neighborhood of Vnukovo district and Vnukovo village are the least liveable.

*Key words:* analytic hierarchy process (AHP), urban ecology, integral assessment of liveability, Moscow, New Moscow

*Acknowledgements.* The paper was prepared within the scientific theme № AAAA-A16-116032810096-3 at the Lomonosov Moscow State University and the Russian Academic Excellence Project at the Immanuel Kant Baltic Federal University.

<sup>1</sup> Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Department of Environmental Management, postgraduate student; e-mail: vitkryukov@gmail.com

<sup>2</sup> Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Department of Environmental Management, Professor, D.Sc. in Biology; e-mail: egolubeva@gmail.com

<sup>3</sup> I. Kant Baltic Federal University, Professor, D.Sc. in Biology

## REFERENCES

- Arbab P. City Prosperity Initiative Index: Using AHP Method to Recalculate the Weights of Dimensions and Sub-Dimensions in Reference to Tehran Metropolis. *European Journal of Sustainable Development*, 2017, no. 6(4), p. 289–301. DOI: 10.14207/ejds.2017.v6n4p289.
- Bai L., Wang H., Huang N., Du Q., Huang Y. An Environmental Management Maturity Model of Construction Programs Using the AHP-Entropy Approach. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 2018, vol. 15, p. 1317. DOI: 10.3390/ijerph15071317.
- Bolysov S.I., Kharchenko S.V. Gorodskoj rel'ef kak faktor komfortnosti prozhivaniya naselenija [Urban topography as a factor of comfortable living of the population]. *Vestn. Mosk. un-ta, Ser. 5, Geogr.*, 2016, no. 1, p. 21–28. (In Russian)
- Glazychev V.L. *Urbanistika* [Urban studies], Chast' 2. Moscow, Evropa Publ., 2008, 330 p. (In Russian)
- Gurram M.K., Bulusu L.D., Kinthada N.R. Urban Environmental Quality Assessment at Ward Level Using AHP Based GIS Multi-Criteria Modeling – A Study on Hyderabad City, India. *Asian Journal of Geoinformatics*, 2015, vol. 15, no. 3, p. 16–29.
- Il'ina I.N. Kachestvo gorodskoj sredy kak faktor ustojchivogo razvitiya municipal'nyh obrazovanij [Urban environment quality as a factor of sustainable development of municipalities]. *Imushchestvennye otnoshenija v Rossijskoj Federacii*, 2015, no. 5(164), p. 69–82. (In Russian)
- Lobodanova D.L., Samson I., Kurle K. *Komfortnost' sredy kak faktor innovacionnogo razvitiya goroda* [Urban environment liveability as an innovative development factor]. E.T. Gajdar Institute of Economic Politics, Moscow, Delo Publ., 2013, 180 p. (In Russian)
- Malczewski J., Moreno-Sanchez R., Bojorquez-Tapia L.A., Ongay-Delhumeau E. Multicriteria Group Decision-making Model for Environmental Conflict Analysis in the Cape Region. *Journal of Environmental Planning and Management*, 1997, no. 40(3), p. 349–374. DOI: 10.1080/09640569712137.
- Maslov N.V. *Gradostroitel'naja ekologija* [Urban planning ecology], Moscow, Vysshaja shkola Publ., 2003, 285 p. (In Russian)
- Paskhina M.V. Sovremennye podhody k ocenke komfortnosti gorodskih territorij [Modern approaches to estimate comfort of city territories]. *Jaroslavskij pedagogicheskij vestnik*, vol. III, (Estestvennye nauki), 2011, no. 2, p. 148–153. (In Russian)
- Popov A.A. *Ocenka territorial'noj differenciacii kachestva gorodskoj sredy g. Moskvy* [An assessment of the territorial differentiation of Moscow urban environment liveability]. Extended abstract of PhD Thesis in Geography, Moscow, 2008, 24 p. (In Russian)
- Ramos-Quintana F., Tovar-Sánchez E., Saldarriaga-Noreña H., Sotelo-Nava H., Sánchez-Hernández J.P., Castrejón-Godínez M.-L. A CBR–AHP Hybrid Method to Support the Decision-Making Process in the Selection of Environmental Management Actions. *Sustainability*, 2019, 11, 5649. DOI: 10.20944/preprints201909.0195.v1.
- Rejmers N.F. *Prirodopol'zovanie. Slovar'-spravochnik* [Environmental management. Reference dictionary]. Moscow, Mysl' Publ., 1990, 639 p. (In Russian)
- Rezaei A., Tahsili S. Urban Vulnerability Assessment Using AHP. *Advances in Civil Engineering*, 2018, vol. 2018, 20 p. DOI: 10.1155/2018/2018601.
- Rezaian S., Seyed A.J. Environmental Risk Analysis by Using Multi-Criteria Decision Making Method (Case Study: Karoon 3 Dam of Iran). *The 2<sup>d</sup> International Conference on Environmental Engineering and Applications IPCBEE*, 2011, vol. 17, p. 159–164. DOI: 10.1080/10807039.2012.725159.
- Saaty T.L. Decision making with the analytic hierarchy process. *Int. J. Services Sciences*, 2008, vol. 1, no. 1, p. 83–98. DOI: 10.1504/IJSSCI.2008.017590.
- Saaty T.L. Fundamentals of the Analytic Hierarchy Process. In: *The Analytic Hierarchy Process in Natural Resource and Environmental Decision Making. Managing Forest Ecosystems*, vol. 3, Schmoltd D.L., Kangas J., Mendoza G.A., Pesonen M. (Eds.), Springer, Dordrecht, 2001. DOI: 10.1007/978-94-015-9799-9\_2.
- SP 42.13330.2011 *Gradostroitel'stvo. Planirovka i zastrojka gorodskih i sel'skih poselenij* [Code of practice 42.13330.2011. Urban planning. Planning and housing in urban and rural settlements], 2011. (In Russian)
- Tetior A.N. *Gorodskaja ekologija* [Urban ecology]. Moscow, Akademija Publ., 2008, 336 p. (In Russian)
- Xiong Y., Zeng G.-M., Chen G.-Q., Tang L., Wang K.-L., Huang D.-Y. Combining AHP with GIS in synthetic evaluation of eco-environment quality – A case study of Hunan Province, China. *Ecological modelling*, 2007, no. 209, p. 97–109. DOI: 10.1016/j.ecolmodel.2007.06.007.
- Web resources*
- Alekseevskij M. Strana kompromissov: o kakom zhil'e mechtajut rossijane i chto oni v itoge pokupajut, zhurnal KB «Strelka», 2017 [The country of compromises: what housing are Russians dreaming of and what are they buying eventually, the journal of design office «Strelka», 2017], URL: <https://strelkamag.com/ru/article/house> (access date 11.06.2019) (In Russian)
- Arcadis Sustainable Cities Index, Arcadis, 2018, URL: <https://www.arcadis.com/en/global/our-perspectives/sustainable-cities-index-2018/citizencentric-cities/> (access date 20.12.2019).
- Doklady o sostojanii okruzhajushhej sredy v gorode Moskve v 2010–2018 g. Departament prirodopol'zovanija i ohrany okruzhajushhej sredy goroda Moskvy [State of the Moscow Environment report, 2010–2018. The Department of environmental management and protection], URL: <https://www.mos.ru/eco/documents/doklady/> (access date 14.06.2019). (In Russian)
- Faktory vybora zhil'ja: priority smeshhajutsja [The factors in choosing real estate: priorities redirection], Nedvizhimost' & Cený [Real estate & Prices], URL: <https://dmrealty.ru/rubrics/zakon-i-finansy/factory-vybora-zhilya-priority-smeshchayutsya/> (access date 11.06.2019). (In Russian)
- General'nyj plan goroda Moskvy do 2035 goda. Institut Genplana Moskvy [General Plan of Moscow until 2020. General Plan Institute of Moscow], URL: [https://genplanmos.ru/project/generalnyj\\_plan\\_moskvy\\_do\\_2035\\_goda/](https://genplanmos.ru/project/generalnyj_plan_moskvy_do_2035_goda/) (access date 16.06.2019). (In Russian)
- Greenpeace Global Mapping Hub, URL: <http://arcgis.greenpeace.org/air/> (дата обращения 14.06.2019) (access date 14.06.2019).
- Huennner M., Rozman Č., Pahek K. A Case Study on the Application of the Analytic Hierarchy Process (AHP) to Assess Agri-Environmental Measures of the Rural Development Programme (RDP 2007–2013) in Slovenia. *Applications and Theory of Analytic Hierarchy Process – Decision Making for Strategic Decisions*, 2016, URL: <https://www.intechopen.com/books/applications-and-theory-of-analytic-hierarchy-process-decision-making-for-strategic-decisions/a-case-study-on-the-application-of-the-analytic-hierarchy-process-ahp-to-assess-agri-environmental-m> (access date 11.06.2019). DOI: 10.5772/63924.
- IAIS OGD: Integrirovannaja avtomatizirovannaja informacionnaja sistema obespechenija gradostroitel'noj dejatel'nosti goroda Moskvy [IAIS OGD: Integrated automated information system supporting the Moscow City urban planning processes], URL: <https://isogd.mos.ru/isogd-portal/home> (access date 14.06.2019). (In Russian)
- Indeks kachestva gorodskoj sredy – instrument dlja ocenki kachestva material'noj gorodskoj sredy i uslovij ejo formirovanija [Urban environment liveability index – a tool to assess the urban environment quality and conditions of its formation], Nacional'nyj proekt «Zhil'e i gorodskaja sreda» [National Project «Housing and urban environment»], URL: <https://индекс-городов.pdf> (access date 20.12.2019) (In Russian)
- Eksperty vyjasnili tri opredelajushhij faktora pri vybore novostrojki [Experts have identified three crucial factors when

acquiring new real estate], Novostnoj portal Rambler/Finansy[Rambler/Finances News], 2017, URL: <https://finance.rambler.ru/other/38106919-eksperty-vyyasnili-tri-opredelyayuschih-faktora-pri-pokupke-kvartiry/> (access date: 06.04.2020). (In Russian)

Mosgorstat. Territorial'nyj organ Federal'noj sluzhby gosudarstvennoj statistiki po gorodu Moskve [Mosgorstat. The territorial Moscow City unit of Federal State Statistic Service], URL: [http://moscow.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat\\_ts/moscow/ru/statistics/population/](http://moscow.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_ts/moscow/ru/statistics/population/) (access date 11.06.2019). (In Russian)

Polnyj rejting gorodov Rossii po kachestvu zhizni v 2018 godu [Life quality rating of all Russian cities, 2018], Portal nedvizhimosti «Domofond» [Real estate portal «Domofond»], URL: [https://www.domofond.ru/statya/polnyy\\_reyting\\_gorodov\\_rossii\\_po\\_kachestvu\\_zhizni\\_v\\_2018\\_godu/7679](https://www.domofond.ru/statya/polnyy_reyting_gorodov_rossii_po_kachestvu_zhizni_v_2018_godu/7679) (access date 11.06.2019). (In Russian)

Portal otkrytyh dannyh Pravitel'stva Moskvy [Moscow City Government open-access data portal], URL: <https://data.mos.ru/> (access date 14.06.2019). (In Russian)

Prostranstvo goroda dlja cheloveka: issledovanie urovnja i dinamiki gradostroitel'nogo razvitiya krupnejshih megapolisov mira [Urban space for humans: an investigation of urban development level and dynamics in the largest world metropolises], PwC, URL: <https://www.pwc.ru/ru/publications/city-space.html> (access date 11.06.2019). (In Russian)

Quality of living city ranking, Mercer, 2019, URL: <https://mobilityexchange.mercer.com/Insights/quality-of-living-rankings> (access date 17.06.2019).

Rodionovskaja I.S., Dorozhkina E.A. Ekologija urbanizirovannyh territorij v aspekte «zeljonoj arhitektury» i blagoustrojstva [Urban areas ecology in terms of green architecture and land improvement]. *Urbanistika*, Moscow, 2017, no. 2, p. 11–19, URL: [http://www.nbpublish.com/library\\_read\\_article.php?id=22835](http://www.nbpublish.com/library_read_article.php?id=22835) (access date 11.06.2019). (In Russian)

Stypka T., Flaga-Maryacczyk A., Schnotale J. Application of the AHP Method in Environmental Engineering: Three Case. *Applications and Theory of Analytic Hierarchy Process – Decision Making for Strategic Decisions, 2016*, URL: <https://www.intechopen.com/books/applications-and-theory-of-analytic-hierarchy-process-decision-making-for-strategic-decisions/application-of-the-ahp-method-in-environmental-engineering-three-case-studies> (access date 11.06.2019). DOI: 10.5772/63990.

The Global Liveability Index, The Economist, 2019, URL: <https://www.eiu.com/topic/liveability> (access date 11.06.2019).

Top-5 kriticheski vazhnyh kriteriev pri vybore novostrojki [Top-5 extremely important criteria when choosing new real estate], Nedvizhimost' RIA Novosti [Real estate RIA News], URL: <https://realty.ria.ru/20170719/408769596.html> (access date: 11.06.2019). (In Russian)

Received 12.07.2019

Revised 15.12.2019

Accepted 06.03.2020

УДК: 910.1

Д.В. Мишурицкий<sup>1</sup>, А.В. Бредихин<sup>2</sup>

## РЕКРЕАЦИОННО-ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКОЕ ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ТУРИСТИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Статья посвящена анализу понятия рекреационно-геоморфологическая информация и методических подходов к ее формированию в отечественной и зарубежной рекреационно-геоморфологической литературе. Развитие представлений о важности геоморфологического строения и динамики рельефа для рекреационной деятельности получило широкое развитие, в первую очередь, в западноевропейской туристической практике (Италия, Франция, Швейцария, Словакия, Румыния, Португалия и Бразилия) и с конца 1990-х гг. прошлого века начало развиваться в России.

Современная отечественная геоморфология рассматривает рекреационную геоморфологию как прикладную дисциплину в контексте применения геоморфологической теории для информационного обеспечения реализации туристического продукта. Пока данное направление не достигло полноценного развития, так как не каждый парк или ООПТ в России готовы сотрудничать с геоморфологами, что связано, с одной стороны, с затруднениями в понимании информации о рельефе, как он может влиять на строительство рекреационных объектов и ведение туристической деятельности, с другой – с возможностями финансирования и целевого расходования средств.

Существует необходимость в научной оценке и представлении информации о рельефе потребителю. Как туристу, например, в национальном парке в виде информационных стоек с картами и иллюстрациями, на точках обзора, подсказывая историю возникновения территории и опасные процессы, которые могут его подстергать на туристической тропе. Организатору отдыха – для выбора репрезентативных объектов для показа, организации маршрутов, для оформления стендов, буклетов, наполнения сайтов.

*Ключевые слова:* рекреационная геоморфология, памятники природы, рекреационно-геоморфологический потенциал, рельеф, информация, туризм

**Введение.** Современное состояние туризма заставляет организаторов рекреационной деятельности привлекать в качестве природных ресурсов все новые природные компоненты, в том числе и рельеф земной поверхности. Для решения научных и прикладных задач развития рекреации возникла необходимость изучения и оценки рельефа в качестве условия и фактора функционирования различных видов туризма [Gray, 2004; Coratza, Giusti, 2005; Reynard, 2009; Faccini et al., 2018; Бредихин, Сазонова, 2007; Бредихин, 2010; Мишурицкий и др., 2018б]. Ведь именно рельеф, как правило, лежит в основе пространственного разнообразия территории, а действующие геоморфологические процессы создают условия, влияющие на эффективность и безопасность туризма. Потребность в проведении такого типа исследований возникает на начальных этапах проектирования или создания рекреационно-геоморфологических систем разного ранга от единичных геоморфологических памятников природы до сложных пространственных систем, на основе которых функционируют крупные национальные парки [Бредихин, 2010; Brilha, 2016; Reynard et al., 2016a]. Только после анализа рельефа и современных рельефообразующих процессов как условия функционирования объектов туристической инфраструктуры можно определить пригодность террито-

рии для туристических целей и зонировать ее для рекреационного освоения [Brilha, 2016].

Исходя из вышесказанных аспектов рассмотрения важности рельефа для рекреации, информация о нем и его свойствах необходима нескольким видам пользователей: предоставляющим туристические услуги организаторам отдыха и собственно туристам. На начальном этапе реализации целевых установок у туристов возникают потребности в информационном обеспечении для принятия решений по выбору места отдыха и прокладки маршрута, а для организаторов возникает вопрос о поддержании эффективности и обеспечении безопасности рекреационной деятельности. Данный тип информации может быть представлен в различной форме (буклеты, информационные стенды, аудиогиды и др.) и получил название – рекреационно-геоморфологической (РГ). Информация представляет совокупность свойств геоморфологических явлений, объектов, процессов в их взаимосвязи с рекреационными потребностями туристов с позиции функций рельефа, которая должна быть представлена субъекту в адаптированном виде и способствовать удовлетворению его целевых потребностей [Бредихин, 2008; Мишурицкий, Бредихин, 2015; Мишурицкий и др., 2018б]. РГ информация разнонаправлена: может предоставляться субъекту рекреационно-геоморфологических

<sup>1</sup> Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, географический факультет, кафедра геоморфологии и палеогеографии, аспирант; e-mail: mishurinsk@mail.ru

<sup>2</sup> Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, географический факультет, кафедра геоморфологии и палеогеографии, заведующий кафедрой, профессор, докт. геогр. н.; e-mail: avbredikhin@yandex.ru

отношений (туристу, организатору отдыха) как виртуально, посредством сети Интернет, чтения отчетов и непосредственно на месте. РГ информация может помочь субъекту определить привлекательные и рискованные стороны рекреационно-геоморфологического пространства при посещении точечных или площадных объектов (рис. 1).

Впоследствии собранную и хорошо инвентаризованную информацию можно использовать для создания географических образов территории [Замятина, 2011; Замятин, 2012] и их последующего применения для туристического маркетинга или для географического брендинга [Ковынева, 2014], что служит для создания концепции развития территории, а также ее рационального использования, управления и сохранения на ней разнообразия природных компонентов [Brihla, 2016].

**Материалы и методы.** В работе используется опыт отечественных и зарубежных исследователей, отличающийся системой ценностей, взглядов на проблему формирования и представления рекреационно-геоморфологической информации. Предлагаемые теоретические положения базируются на результатах собственных исследований авторов.

**Зарубежный опыт.** В зарубежных исследованиях интерес к рекреационным свойствам рельефа проявился в связи с необходимостью создания рекреационно-геоморфологической информации для функционирования национальных парков. Первоначально созданием такой информации стала заниматься Международная ассоциация геоморфологов (IAG/AIG) [<http://www.geomorph.org/>], начиная с 1990-х гг. [Reynard, Coratza, 2013], создав внутри организации в 2001 г. отдел исследований георазнообразия и геонаследия, который рассматривал памятники природы разного ранга в качестве ключевых рекреационных объектов для их вовлечения в туристическую деятельность и последующей защиты [Reynard, Coratza, 2013]. Впервые такая экспериментальная группа возникла в 1999 г. в Швейцарии – стране с самой большой плотностью мест геоморфологического интереса со стороны туристов [Working Group..., 1999], а потом распространилась и на другие страны Европы – Польшу, Португалию, Испанию, Великобританию [Brihla, 2016]. Впоследствии работы группы привели к созданию в Европе единой сети геопарков, т.е. парков, основанных на демонстрации геолого-геоморфологического наследия [Zougos, 2004; 2007]. Для таких территорий продолжают исследования по формированию идеального набора рекреационно-геоморфологических информационных материалов, отвечающих запросам разнообразных потребителей [Coratza, Giusti, 2005; Pralong, Reynard, 2005; Reynard, 2009; Gray, 2004; Faccini et al., 2018; Mapping Geoheritage, 2010; Brihla, 2016].

Исследования ведутся по трем основным направлениям: 1) разработка критериев для оценки памятников природы, которые впоследствии будут



Рис. 1. Различные аспекты рекреационно-геоморфологической информации

Fig. 1. Different aspects of the recreational-geomorphological information

положены в основу функционирования парков, 2) оценка конкретных морфологических ландшафтов как основа для функционального зонирования территории и предоставления информации по реализуемым на них возможностям, 3) сохранение природного геоморфологического разнообразия и создания информации о памятниках природы и охраняемых объектах [Reynard et al., 2016b].

Все исследователи подчеркивают, что рекреационно-геоморфологическая информация должна предоставляться в адаптированной форме потребителю. Она включает в себя карту расположения территории или памятника, цветные фотографии, схемы, отражающие основные геоморфологические свойства и необходимость охраны памятника. Текст должен быть понятным, абзацы маленькими, с редким включением специфичной терминологии для более подготовленных посетителей. Схемы, диаграммы, блок-схемы, как наиболее идеально подходящие для предоставления большого объема информации в сжатых условиях, должны занимать центральное место, т.к. главная функция предоставляемого материала – просветительская и образовательная.

Возможности для размещения большого количества рекреационно-геоморфологической информации весьма ограничены (небольшие стенды у каждого объекта). Поэтому было высказано предположение о широком использовании сети Интернет как более интерактивного инструмента для представления информации о территории, к которой обращается пользователь и где, к сожалению, не каждый ресурс можно считать достоверным [Shroder et al., 2002]. Говоря о возможности применения интерактивных ГИС-моделей для освещения геолого-геоморфологических аспектов, необходимо помнить, что ознакомиться с ними возможно лишь в сети Интернет или в интерактивных зонах информационных центров национальных парков [Shroder et al., 2002; Mapping Geoheritage, 2010].

Формирование представления о территории у субъекта рекреационно-геоморфологических отно-

шений формируется поэтапно: возникновение образа (антиципация) – использование территории для рекреации (ситуация) – сохранение воспоминаний об отдыхе (след) [Миرونенко, Эльдаров, 2016]. Но получить необходимый объем информации субъект может в зависимости от времени, оставшегося до поездки, и навыков ее поиска. Изначально человек, пользуясь средствами Интернета с помощью серфинга, а также анализа информации на специализированных сайтах (по геоморфологии или сайтов ООПТ), пытается сформировать субъективное впечатление (рис. 2).

Исходя из процесса поэтапного восприятия рекреационно-геоморфологической информации, современным пользователям можно предложить ее конкретные виды, которые могут быть доступны на каждом этапе реализации рекреационной цели (табл. 1).

Исследователи [Thomas, 2012; Feuillet, Sourp, 2010] приходят к выводу, что в ООПТ в основном представлена информация о биоразнообразии и экологическом (в широком смысле слова) просвещении, в то время как следует обратить внимание на повышение количества и качества геоморфологической информации для научно обоснованного восприятия пейзажей, в которых рельеф играет базовую роль. В связи с этим в зарубежных научных группах происходит процесс по идентификации, оценке и картографированию разнообразных памятников природы, форм рельефа, морфологических ландшафтов для различных пользователей [Reynard, 2009; Coratza, Giusti, 2005; Gray, 2004; Mapping Geoheritage, 2010; Martin, 2010; Regolini, 2012; Brihla, 2016].

Для сбора и обобщения рекреационно-геоморфологической информации ведется картографирование и оценка территории средствами полевых исследований и получение количественных показателей аттрактивности и безопасности, объединяющих свойства рельефа: уникальность объекта, его сохранность и др., современную динамику и данные о свойствах туристической инфраструктуры – дорожная сеть, иные культурные объекты, возможное сервис-

ное обслуживание рекреантов и пр. [Reynard, Coratza, 2013]. В дальнейшем с помощью инструментов ГИС можно получить показатели, отражающие научное, туристическое и экономическое значение памятника природы, национального парка или целого региона, определяющие рекреационно-геоморфологический потенциал различных рекреационных объектов [Reynard, Panizza, 2005; Brihla, 2016; Reynard, Coratza, 2007; Reynard et al., 2011; Brihla, 2016]. Наблюдается постепенный переход от качественной инвентаризации объектов рельефа к количественной оценке их свойств, в ходе которого постепенно осуществляется полимасштабный анализ территории.

Рекреационно-геоморфологическую информацию для туристического восприятия следует представлять на нескольких масштабных уровнях – национальном, охватывающем всю страну; региональном и локальном. На каждом уровне качество и количество предоставляемой информации различаются. На национальном уровне, в первую очередь, важна качественная оценка для формирования первого впечатления о территории. При переходе к региональному уровню производится количественная оценка отдельных памятников природы. При локальном рассмотрении памятника природы применяется многомерная качественно-количественная оценка, которая отражает «плюсы и минусы» использования точечной, линейной и площадной туристической инфраструктуры при наличии опасных процессов [Faccini et al., 2018].

Зарубежными авторами предложен минимальный набор картографического материала, необходимого для успешного управления и освоения рекреационной территории. Должна возникнуть пространственная визуализация, территориальная модель рекреационно-геоморфологической информации – карта или серия карт, атлас на основе как качественных, так и количественных показателей свойств объекта, отражающих потребительские свойства туристического продукта. Все картографические продукты можно разделить на три категории: 1) карты, имеющие адаптированную научную нагрузку с

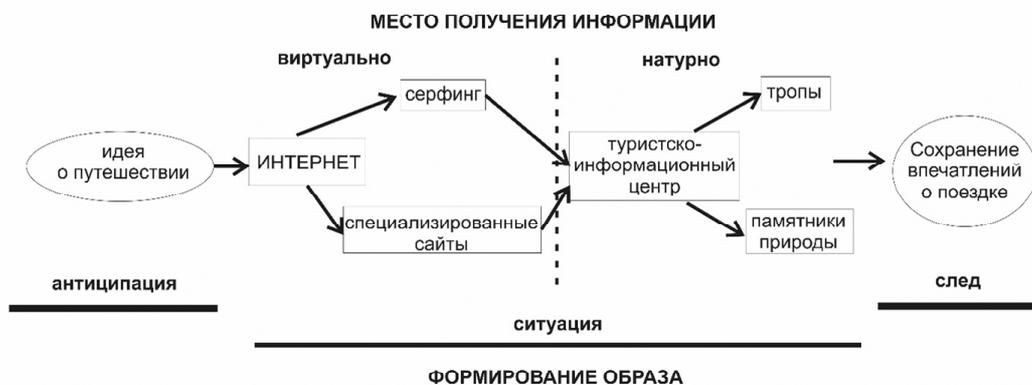


Рис. 2. Алгоритм сбора рекреационно-геоморфологической информации

Fig. 2. Algorithm of collecting the recreational-geomorphological information

Таблица 1

**Разнообразие видов рекреационно-геоморфологической информации в зависимости от типа, места и способа ее восприятия**

Способ восприятия информации			
Виртуально		Визуально	
Соответствующий тип ее восприятия			
Субъективное		Объективное	
Место восприятия информации			
Интернет-серфинг	Специальные сайты	Информационный центр	Тропы и памятники природы
Виды представленной информации (по степени важности)			
Текст	Текст	3D-модели	Схемы
Фотографии	Фотографии	Карты	Карты
Таблицы	Иллюстрации	Устные рассказы	Текст
	Таблицы	Текст	Графики
	Карты		
	Анимация		

отображенными на них тропами, маршрутами, точками и интересными объектами (информация, направленная непосредственно на туриста при первоначальном ознакомлении с территорией); 2) туристические карты в классическом их понимании с информацией о местах отдыха, кемпингах, автостоянках, визит-центрах без какой-либо научной нагрузки (информация, необходимая туристу при планировании отдыха); 3) карты специального назначения, использующиеся в научных целях сотрудниками национальных парков (информация, полученная организаторами отдыха после проведения полевых изыскательских работ и анализа их результата). Наконец, специальные карты для посетителей, передающие научную информацию в облегченной форме (информация, предоставляемая при посещении туристами определенных памятников природы) [Mapping Geoheritage, 2010].

*Отечественный опыт.* В России основы представления рекреационно-геоморфологической информации были озвучены специалистами геоморфологами и рекреационными географами. Со стороны рекреационных географов большой вклад внесли В.С. Преображенский, Н.С. Мироненко, И.Т. Твердохлебов, обосновавшие выделение территориально-рекреационных систем (ТРС) и общих теоретических (методологических) принципов рекреационной географии [Теоретические основы ..., 1975; Мироненко, Твердохлебов, 1981]. В дальнейшем применение концепции ТРС позволит сформировать границы сбора информации, а определение основных потребителей позволит предоставлять информацию адресно.

Среди исследователей вопроса роли рельефа в рекреации следует отметить представителей геоморфологической школы МГУ имени М.В. Ломоносова – Ю.Г. Симонова и В.И. Кружалина, предложивших термин «рекреационная геоморфология» в составе прикладной ветви геоморфологических ис-

следований: изначально в составе инженерной геоморфологии [Симонов, Кружалин, 1990], впоследствии перенесенной авторами в состав экологической геоморфологии [Кружалин и др., 2004]. О.А. Борсук и Д.А. Тимофеев рассматривали функции рельефа в рекреации с эстетической точки зрения на ландшафт [Борсук, Тимофеев, 2000].

Существенно расширив представление о рекреационных функциях рельефа, А.В. Бредихин представил рельеф со своими свойствами в качестве ресурса и условия функционирования рекреационно-геоморфологических систем (РГС) разного ранга, тем самым обосновав необходимость выделения рекреационной геоморфологии в самостоятельное прикладное направление в рамках социальной геоморфологии. Он предложил создание блоков рекреационно-геоморфологической информации в региональных ГИС. Исходя из центр-периферийного строения рекреационно-геоморфологических систем, автор рассматривал вид и объем информации о функциях и свойствах рельефа в зависимости от типов рекреационного природопользования и видов потребителей (организаторы отдыха и рекреанты) [Бредихин, Сазонова, 2007; Бредихин, 2008, 2010].

Параллельно развивалось направление исследований, посвященных оценке геоморфологических объектов на основании их рискованно-привлекательных свойств для разнообразных видов туризма [Блинова, 2014; Бредихин, 2010; Мишурицкий, Бредихин, 2015; Абдуллаева, Бредихин, 2016] и предоставления информации потребителям в ООПТ [Кошкарев и др., 2015; Кошкарев, 2017; Мишурицкий и др., 2018а].

Важное прикладное значение имели исследования в области создания методики комплексной оценки рельефа рекреационной территории путем определения рекреационно-геоморфологического потенциала, одного из важных показателей пригодности региона для различных видов рекреационной деятельности [Бредихин, 2010; Мишурицкий, Бредихин, 2015]. В

Т а б л и ц а 2

## Основные направления работы в области создания рекреационно-геоморфологической информации

Вид информации	Зарубежный опыт		Отечественный опыт	
	Основные направления работы	Автор	Основные направления работы	Автор
Текст	Формирование методических подходов и основ рекреационно-геоморфологической информации  Формирование описания памятников природы, текстовый анализ их оценки, раскрытие механизма их образования	Международная ассоциация геоморфологов (IAG)  E. Reynard, P. Coratza, J. Pralong, M. Gray, F. Faccini	Формирование понятия о рекреационно-геоморфологической информации	А.В. Бредихин, Ю.Г. Симонов, В.И. Кружалин
			Формирование образа памятника природы и его эстетической значимости	Ю.М. Блинова, О.А. Борсук, Д.А. Тимофеев
			Оценка территории и проектирование экологических троп	В.П. Чижова
	Поиск идеальной схемы сбора и формирования информации  Обоснование схемы предоставления рекреационно-геоморфологической информации	M.F. Thomas, T. Feuillet, E. Sourp  J. Pralong, T. Feuillet, E. Sourp	Составление информации о привлекательных и опасных сторонах посещаемой местности через качественную оценку для туристов	В.В. Назаров, И.В. Фролова, Ю.Е. Кузнецова, М.С. Орлова, Е.В. Антошкина
Представление схематичных рисунков памятников природы	N. Zouros, E. Reynard, P. Coratza	Формирование иллюстраций для качественной и количественной оценки памятников природы и площадных объектов		
Иллюстрации	Отображение оценки памятников природы и территорий с помощью комплексных показателей в диаграммах и графиках	E. Reynard, P. Coratza, J. Pralong, M. Gray, F. Faccini	Отображение экологических троп с объектами интереса на них	В.П. Чижова
	Иллюстрация количественной оценки памятников природы и территорий по административно-территориальному делению	N. Zouros, J. Brihla	–	–
	Карта	Разработка минимального набора карт для обеспечения территории рекреационно-геоморфологической информацией  Представление полимасштабной разноуровневой оценки	E. Reynard, P. Panizza, P. Coratza, M. Gray, S. Martin; G. Regolini; J. Brihla  F. Faccini	Создание карт геоморфологической безопасности территории
Формирование способов информационного обеспечения различных территорий геоморфологическими данными  Применение аналитических инструментов ГИС в создании информационно-туристического пакета		Mapping Geoh heritage  J. Brihla, E. Reynard, P. Coratza, P. Panizza	Отражение представления информации рекреационно-геоморфологического потенциала для площадных и точечных объектов	
Сетевые ресурсы		Создание информационной модели сети Европейских геопарков и наполнение их сайтов географической информацией  Выделение, описание, представление памятников природы для научно-просветительской и образовательной работы	N. Zouros  E. Reynard, P. Coratza	Наполнение сайтов общегеографической, геоморфологической и геологической информацией
	Использование современных и широкодоступных методов представления информации для потребителя посредством Интернета	F. John, J. Shroder		

последние годы получение значений потенциала производят для каждого конкретного типа рекреационной активности, что позволяет дифференцировать РГ информацию для конкретных потребностей (туристов), имеющих различные целевые предпочтения [Бредихин, 2010; Кузнецова, 2010; Орлова, 2010; Антошкина, 2011; Назаров, Фролова, 2012; Блинова, 2014].

Другим направлением рекреационно-геоморфологических исследований являются вопросы организации безопасной туристической деятельности. Постепенно анализ рисков-привлекательных свойств переместился в сторону организации бесконфликтного природопользования как для различных потребителей (организаторов отдыха и отдыхающих), так и разработки разномасштабной методики оценки пригодности территории для разнотипного рекреационного природопользования, основываясь на уникальном показателе геоморфологической безопасности территории [Болысов и др., 2015]. Особое место в разработках последнего времени заняли публикации методического характера о способах создания, содержания и адаптированного оформления информационно-туристических материалов в виде туристических буклетов [Мишурицкий, Бредихин, 2015; Мишурицкий и др., 2018а, б].

**Результаты и обсуждение.** Принимая во внимание все многообразие способов представления информации, ее можно объединить в несколько групп:

текстовая, графическая в виде карт и иллюстраций, и в сетевых источниках (табл. 2).

#### **Выводы.**

До сих пор не удалось достичь единообразного алгоритма сбора и представления информации потребителю, но для ведения эффективной рекреационной деятельности необходимо:

- пользоваться наработками отечественных и зарубежных коллег для формирования рекреационно-геоморфологической информации;

- получить полное представление о свойствах рельефа территории, определяющих ресурсную составляющую конкретной рекреации и контролирующей ее безопасное функционирование. Объем и состав информации должен отражать ее полимасштабный характер, разнообразие туристических интересов рекреантов и соответствовать их образовательному уровню;

- предоставлять информацию в традиционных (бумажном) и новых (электронном) видах (буклеты, проспекты, книги, видео экскурсии, 3D-модели местности, виртуальная реальность и др.), соответствовать образовательным и познавательным целям потребителей;

- разработать систему унифицированных критериев для оценки геоморфологических памятников и рельефа рекреационных территорий для составления рейтинга туристических объектов.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Абдуллаева И.В., Бредихин А.В.* Геоморфологическая безопасность рекреационной деятельности Калининградской области // Теория и методы современной геоморфологии. Материалы XXXV Пленума Геоморфологической комиссии РАН / Под ред. М.Е. Кладовщикова. Т. 2. Симферополь, 2016. С. 317–323.
- Антошкина Е.В.* Геоморфологические аспекты в оценке природно-ресурсного потенциала урбосистем // Курортно-рекреационный комплекс в системе регионального развития: инновационные подходы. Материалы 4 Всероссийской научно-практической конференции, Краснодар, 15 апр. 2011. Краснодар, 2011. С. 78–83.
- Блинова Ю.М.* Роль геоморфологических памятников России в рекреационной деятельности : автореф. дис. ... канд. геогр. наук. М., 2014. 26 с.
- Болысов С.И., Бредихин А.В., Еременко Е.А.* Подходы к оценке геоморфологической безопасности территории // Вопросы географии. Сб. 140. Современная геоморфология. М., 2015. С. 29–56.
- Борсук О.А., Тимофеев Д.А.* Привлекательность как критерий эстетической геоморфологии // Геоморфология на рубеже XXI века: 4 Шукинские чтения. М.: Изд-во Моск. ун-та, 2000. С. 124–126.
- Бредихин А. В., Сазонова А. А.* Рекреационно-геоморфологическое картографирование // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5. Геогр. 2007. № 1. С. 34–38.
- Бредихин А.В.* Рекреационно-геоморфологические системы. Смоленск: Ойкумена, 2010. 328 с.
- Бредихин А.В.* Организация рекреационно-геоморфологических систем : дис. ... докт. геогр. наук. М., 2008. 397 с.
- Замятин Д.Н.* Гуманитарная география: основные направления, категории, методы и модели // Культурная и гуманитарная география. 2012. Т. 1. № 1. С. 11–26.
- Замятин Н.Ю.* Смысл положения: место в ментально-географических пространствах // Международный журнал исследований культуры. СПб: Издательство «Эйдос», 2011. № 4(5). С. 60–68.
- Ковынева Л.В.* Формирование территориального бренда в регионах России // Известия Иркутской государственной экономической академии. 2014. № 5(97). С. 61–68.
- Кошкарёв А.В.* Образовательные геопорталы: данные и сервисы // Геодезия и картография. 2017. Т. 78. Спецвыпуск. С. 33–40.
- Кошкарёв А.В., Алексеенко Н.А., Медведев А.А.* Подходы и технологии геоинформационно-картографического обеспечения деятельности ООПТ // Седьмая всероссийская научно-практическая конференция «Геоинформационное картографирование в регионах России», 10–12 декабря 2015 г. Воронеж: цифровая полиграфия, 2015. С. 73–79.
- Кружалин В.И., Симонов Ю.Г., Симонова Т.Ю.* Человек, общество, рельеф: Основы социально-экономической геоморфологии. М.: Диалог культур, 2004. 120 с.
- Кузнецова Е.Ю.* Проблема взаимодействия рельефа и здоровья населения // Геоморфологические процессы и их прикладные аспекты: 6 Шукинские чтения, М., 2010. С. 147–148.
- Мироненко Н.С., Твердохлебов И.Т.* Рекреационная география. М.: Изд-во МГУ, 1981. 207 с.
- Мироненко Н.С., Эльдаров Э.М.* Тенденции и перспективы развития рекреационной географии в России // География и природные ресурсы. 2016. № 2. С. 12–18.
- Мишурицкий Д.В., Абдуллаева И.В., Шеремецкая Е.Д., Матлахова Е.Ю., Омельченко Ю.Г., Шишкин В.С., Бредихин А.В., Рузумный С.Д.* Рекреационно-геоморфологический потенциал национального парка «Кисловодский» // XXXVI пленум Геоморфологической комиссии Российской академии. Материалы

Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. 2018а. С. 271–278.

Мишурицкий Д.В., Бредихин А.В. Информационное рекреационно-геоморфологическое обеспечение туризма на побережье Калининградской области // Геоморфологические ресурсы и геоморфологическая безопасность: от теории к практике Всероссийская конференция. 2015. С. 246–247.

Мишурицкий Д.В., Еришов В.В., Жарков Р.В., Копанина А.В., Козлов Д.Н., Лебедева Е.В., Абдуллаева И.В., Власова И.И., Михалев Д.В. Геолого-геоморфологические и ландшафтно-экологические особенности Пугачевского грязевого вулкана как основа для организации и информационного сопровождения туристического маршрута (остров Сахалин) // Геосистемы переходных зон. 2018б. Т. 2. № 4. С. 398–408.

Назаров В.В., Фролова И.В. Природно-рекреационный потенциал береговых геосистем водохранилищ как элементов рекреационного каркаса города // Географический вестник. Физическая география и геоэкология. Пермь, 2012. № 3, С. 5–14.

Орлова М.С. Геоморфологическая оценка рекреационного потенциала побережий северо-западного Крыма // Геоморфология. 2010. № 2. С. 102–107.

Симонов Ю.Г., Кружалин В.И. Инженерная геоморфология. Индикационный анализ и методы исследования. Учеб. пособие. М.: Изд-во МГУ, 1990. 122 с.

Теоретические основы рекреационной географии / Отв. ред. В.С. Преображенский; АН СССР, Ин-т географии. М.: Наука, 1975. 224 с.

Brilha J. Inventory and Quantitative Assessment of Geosites and Geodiversity Sites: a Review, *Geoheritage*, 2016, vol. 8, p. 119–134.

Coratza P., Giusti C. Methodological proposal for the assessment of the scientific quality of geomorphosites, *Quaternario*, 2005, vol. 18(1), p. 307–313.

Faccini F., Gabellieri N., Paliaga G., Piana P., Angelini S., Coratza P. Geoheritage map of the Portofino Natural Park (Italy), *Journal of Maps*, 2018, vol. 14, no. 2, p. 87–96.

Feuillet T., Sourp E. Geomorphological Heritage of the Pyrenees National Park (France): Assessment, Clustering, and Promotion of Geomorphosites, *Geoheritage*, 2010, p. 48–60.

Gray M. *Geodiversity. Valuing and conserving abiotic nature*. Chichester: Wiley, 2004, 274 p.

Martin S. Geoheritage popularisation and cartographic visualization in the Tsanfleuron-Sanetsch area (Valais, Switzerland), *Mapping Geoheritage*, Regolini-Bissig G., Reynard E. (Eds.), 2010, *Géovisions*, no. 35, p. 15–30.

Pralong J.P., Reynard E. A proposal for the classification of geomorphological sites depending on their tourist value, *Quaternario*, 2005, vol. 18(1), p. 315–321.

Regolini G. Cartographier les géomorphosites. Objectifs, publics et propositions méthodologiques. Ph.D Thesis, University of Lausanne. Institut de géographie, Lausanne, 2012, *Géovisions* no. 38, 294 p.

Reynard E. The assessment of geomorphosites, *Geomorphosites*, Reynard E., Coratza P., Regolini-Bissig G. (Eds.), Verlag Dr. Friedrich Pfeil, Munchen, 2009, p. 63–71.

Reynard E., Coratza P. Scientific research on geomorphosites. A review of the activities of the IAG working group on geomorphosites over the last twelve years, *Geografia Fisica e Dinamica Quaternaria*, 2013, vol. 36(1), p. 159–168. DOI: 10.4461/GFDQ.2013.36.13.

Reynard E., Coratza P., Giusti C. Geomorphosites and geotourism, *Geoheritage*, 2011, vol. 3(3), p. 129–130.

Reynard E., Coratza P., Hobléa F. Current Research on Geomorphosites, *Geoheritage*, 2016a, vol. 8, iss. 1, p. 1–3.

Reynard E., Panizza M. Geomorphosites: definition, assessment and mapping, *Géomorphologie*, 2005, vol. 3, p. 177–180.

Reynard E., Perret A., Bussard J., Grangier L., Martin S. Integrated Approach for the Inventory and Management of Geomorphological Heritage at the Regional Scale, *Geoheritage*, 2016b, vol. 8, iss. 1, p. 43–60.

Shroder J.F., Bishop M.P., Olsenholler J.A., Craiger P. Geomorphology and the World Wide Web, *Geomorphology*, 2002, vol. 47, p. 343–363. DOI: 10.1016/S0169-555X(02)00097-1.

Thomas M.F. A geomorphological approach to geodiversity – its applications to geoconservation and geotourism, *Quaestiones geographicae*, 2012, vol. 31(1), p. 81–89.

Working Group for the Protection of Geotopes in Switzerland: Inventory of geotopes of national significance, *Geologia Insubrica*, 1999, vol. 4, no. 1, p. 31–48.

Zouros N. Geomorphosite assessment and management in protected areas of Greece. The case of the Lesvos island – coastal geomorphosites, *Geographica Helvetica*, vol. 62(3), p. 169–180. DOI: 10.5194/gh-62-169-2007.

Zouros N. The European Geoparks Network. Geological heritage protection and local development, *Episodes*, 2004, vol. 27(3), p. 165–171. DOI: 10.18814/epiugs/2004/v27i3/002.

*Электронные ресурсы*

Mapping Geoheritage, Regolini-Bissig G., Reynard E. (Eds.), Institut de géographie, Lausanne, *Géovisions*, no. 35, 2010, p. 127, URL: [https://serval.unil.ch/resource/serval:BIB\\_C82F26D98189.P001/REF](https://serval.unil.ch/resource/serval:BIB_C82F26D98189.P001/REF).

Reynard E., Coratza P. Geomorphosites and geodiversity: a new domain of research, *Geographica Helvetica*, 2007, vol. 62(3), p. 138–139, URL: <https://www.geogr-helv.net/62/138/2007/gh-62-138-2007.pdf>.

Поступила в редакцию 22.03.2019

После доработки 25.02.2020

Принята к публикации 06.03.2020

D.V. Mishurinskij<sup>1</sup>, A.V. Bredikhin<sup>2</sup>

#### RECREATIONAL-GEOMORPHOLOGICAL INFORMATION SUPPORT OF TOURIST ACTIVITIES

The article analyzes the concept of recreational-geomorphologic information and methodological approaches to its formation in Russian and foreign recreational-geomorphologic literature. The ideas about the importance of geomorphologic structure and dynamics of terrain for recreational activities are widely developed, first of all in West-European touristic practice (Italy, France, Switzerland, Slovakia, Romania, Portugal) and, for example, in Brazil. Since the end of the 1990s they began to develop in Russia.

<sup>1</sup> Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Department of Geomorphology and Paleogeography, post-graduate student; e-mail: mishurinsk@mail.ru

<sup>2</sup> Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Department of Geomorphology and Paleogeography, head of the Department, Professor, D.Sc. in Geography; e-mail: avbredikhin@yandex.ru

The present-day Russian geomorphology considers recreational geomorphology as an applied science in the context of applying geomorphologic theory for information support of a tourist product implementation. So far, this area is not well-developed, since not every Park or protected area in Russia is ready to cooperate with geomorphologists. On the one hand, it is because of the difficulties in understanding information about the terrain, its influence on the construction of recreational facilities and performing tourist activities; on the other hand, it is limited by the possibility of financing and targeted spending of funds.

There is a need for scientific assessment and presentation of information about the terrain to the consumer. For example, to a tourist in a national Park through information stands at the points of view with maps and illustrations, describing the history of the territory and the dangerous processes that may occur on the tourist trail. Or to a recreation organizer to assist in selection of representative objects for site seeing, designation of routes, designing stands and booklets, and provisioning of websites.

*Key words:* recreational geomorphology, natural monuments, recreational-geomorphological potential, presentation of terrain information, tourism

## REFERENCES

- Abdullaeva I.V., Bredihin A.V.* Geomorphologic safety of recreational activities in the Kaliningrad region. *Teoriya i metody sovremennoj geomorfologii* [Theory and methods of modern geomorphology], Materialy XXXV Plenuma Geomorfologicheskoy komissii RAN, Moscow, vol. 2, Simferopol', 2016, p. 317–323. (In Russian)
- Antoshkina E.V.* Geomorphological aspects in the assessment of the natural resource potential of urban systems. *Kurortno-rekreacionnyj kompleks v sisteme regional'nogo razvitiya: innovacionnye podhody* [Resort-recreational complex in the system of regional development: innovative approaches], Materialy 4 vserossijskoj nauchno-prakticheskoy konferencii, Krasnodar 15 apr. 2011, Krasnodar, 2011, p. 78–83. (In Russian)
- Blinova Yu.M.* Rol' geomorfologicheskikh pamyatnikov Rossii v rekreacionnoj deyatel'nosti [The role of Russian geomorphologic monuments in recreational activities]. Extended abstract of PhD Thesis in Geography, Moscow, 2014, 26 p. (In Russian)
- Bolysov S.I., Bredikhin A.V., Eremenko E.A.* Approaches to assessing the geomorphological security of the territory. *Voprosy geografii*, vol. 140, *Sovremennaya geomorfologiya* [Geography issues, No 140: Modern geomorphology], Moscow, 2015, p. 29–56. (In Russian)
- Borsuk O.A., Timofeev D.A.* Attractiveness as a criterion of aesthetic geomorphology. *Geomorfologiya na rubezhe 21 veka* [Geomorphology at the turn of the 21<sup>st</sup> century], 4 Shhukinskie chteniya, Moscow, Moscow St. Univ. Publ., 2000, p. 124–126. (In Russian)
- Bredikhin A.V.* *Organizatsiya rekreacionno-geomorfologicheskikh sistem* [Organization of recreational and geomorphological systems]. Doctoral Thesis in Geography, Moscow, 2008, 397 p. (In Russian)
- Bredikhin A.V.* *Rekreacionno-geomorfologicheskie sistemy*, [Recreational and geomorphological systems] Smolensk, Ojkumena Publ., 2010, 328 p. (In Russian)
- Bredikhin A.V., Sazonova A.A.* Rekreacionno-geomorfologicheskoe kartografirovanie [Recreational-geomorphologic mapping]. *Vestn. Mosk. un-ta, Ser. 5. Geogr.*, 2007, no. 1, p. 34–38. (In Russian)
- Brilha J.* Inventory and Quantitative Assessment of Geosites and Geodiversity Sites: a Review, *Geoheritage*, 2016, vol. 8, p. 119–134.
- Coratza P., Giusti C.* Methodological proposal for the assessment of the scientific quality of geomorphosites, *Quaternario*, 2005, vol. 18(1), p. 307–313.
- Faccini F., Gabbellieri N., Paliaga G., Piana P., Angelini S., Coratza P.* Geoheritage map of the Portofino Natural Park (Italy), *Journal of Maps*, 2018, vol. 14, no. 2, p. 87–96.
- Gray M.* *Geodiversity. Valuing and conserving abiotic nature*. Chichester: Wiley, 2004, 274 p.
- Koshkarev A.V.* Obrazovatel'nye geoportaly: dannye i servisy [Educational geoportals: data and services], *Geodeziya i kartografiya*, 2017, vol. 78, Special Issue, p. 33–40. (In Russian)
- Koshkarev A.V., Alekseenko N.A., Medvedev A.A.* Approaches and technologies for geoinformation and cartographic support of protected areas. *Geoinformacionnoe kartografirovanie v regionah Rossii* [Geoinformation mapping in the regions of Russia], Sed' maya vserossijskaya nauchno-prakticheskaya konferenciya, 10–12 dekabrya 2015, Voronezh, Digital printing, 2015, p. 73–79. (In Russian)
- Kovyneva L.V.* Formirovanie territorial'nogo brenda v regionah Rossii. [Formation of territorial brands in Russian regions], *Izvestiya Irkutskoj gosudarstvennoj ekonomicheskoy akademii*, 2014, no. 5(97), p. 61–68. (In Russian)
- Kruzhalin V.I., Simonov Yu.G., Simonova T.Yu.* *Chelovek, obshchestvo, rel'ef: Osnovy social'no-ekonomicheskoy geomorfologii* [Man, society, terrain: Fundamentals of socio-economic geomorphology], Moscow, Dialog kultur Publ., 2004, 120 p. (In Russian)
- Kuznecova E.YU.* The problem of interaction between relief and public health. *Geomorfologicheskie processy i ih prikladnye aspekty* [Geomorphologic processes and their applied aspects], 6 Shhukinskie chteniya, Moscow, 2010, p. 147–148. (In Russian)
- Martin S.* Geoheritage popularisation and cartographic visualization in the Tsanfleuron-Sanetsch area (Valais, Switzerland), *Mapping Geoheritage*, Regolini-Bissig G., Reynard E. (Eds.), 2010, *Géovisions*, no. 35, p. 15–30.
- Mironenko N.S., El'darov E.M.* Development tendencies and future prospects of recreational geography in Russia, *Geography and Natural Resources*, 2016, V. 37, no 2, p. 100–105.
- Mironenko N.S., Tverdohlobov I.T.* *Rekreacionnaya geografiya* [Recreational geography], Moscow, Moscow St. Univ. Publ., 1981, 207 p. (In Russian)
- Mishurinskij D.V., Abdullaeva I.V., Sheremeckaya E.D., Matlahova E.Yu., Omel'chenko Yu.G., Shishkin V.S., Bredihin A.V., Ruzumnyj S.D.* Recreational-geomorphologic potential of the Kislovodsky National Park] *Geomorfologiya – nauka XXI veka* [Geomorphology – the science of the 21<sup>st</sup> century], XXXVI plenum Geomorfologicheskoy komissii Rossijskoj akademii, Materialy Vserossijskoj nauchno-prakticheskoy konferencii s mezhdunarodnym uchastiem, 2018a, p. 271–278. (In Russian)
- Mishurinskij D.V., Bredihin A.V.* Informational recreational-geomorphologic support of tourism on the coast of the Kaliningrad region. *Geomorfologicheskie resursy i geomorfologicheskaya bezopasnost': ot teorii k praktike* [Geomorphologic resources and geomorphologic safety: from theory to practice], Vserossijskaya konferenciya, 2015, p. 246–247. (In Russian)

- Mishurinskij D.V., Ershov V.V., Zharkov R.V., Kopanina A.V., Kozlov D.N., Lebedeva E.V., Abdullaeva I.V., Vlasova I.I., Mihalev D.V. Geologo-geomorfologicheskie i landshaftno-ekologicheskie osobennosti Pugachevskogo gryazezovogo vulkana kak osnova dlya organizacii i informacionnogo soprovozhdeniya turisticheskogo marshruta (ostrov Sahalin) [Geological-geomorphologic and landscape-ecological features of the Pugachevsky mud volcano as a basis for organizing and informational support of a tourist route (the Sakhalin Island)], *Geosistemy perekhodnyh zon*, 2018b, vol. 2, no. 4, p. 398–408. (In Russian)
- Nazarov V.V., Frolova I.V. Prirodno-rekreacionnyj potencial beregovyh geosistem vodohranilishh kak elementov rekreacionnogo karkasa goroda [Natural recreational potential of coastal geosystems of reservoirs as elements of the recreational skeleton of city]. *Geograficheskij vestnik*, Fizicheskaya geografiya i geoekologiya, Perm', 2012, no. 3, p. 5–14. (In Russian)
- Orlova M.S. Geomorfologicheskaya ocenka rekreacionnogo potenciala poberezhij severo-zapadnogo Kryma [Geomorphologic evaluation of recreational potential of the northwestern coast of the Crimea] *Geomorfologiya*, 2010, no. 2, p. 102–107. (In Russian)
- Pralong J.P., Reynard E. A proposal for the classification of geomorphological sites depending on their tourist value, *Quaternario*, 2005, vol. 18(1), p. 315–321.
- Regolini G. Cartographier les géomorphosites. Objectifs, publics et propositions méthodologiques. Ph.D Thesis, University of Lausanne. Institut de géographie, Lausanne, 2012, Géovisions no. 38, 294 p.
- Reynard E. The assessment of geomorphosites, *Geomorphosites*, Reynard E., Coratza P., Regolini-Bissig G. (Eds.), Verlag Dr. Friedrich Pfeil, Munchen, 2009, p. 63–71.
- Reynard E., Coratza P. Scientific research on geomorphosites. A review of the activities of the IAG working group on geomorphosites over the last twelve years, *Geografia Fisica e Dinamica Quaternaria*, 2013, vol. 36(1), p. 159–168. DOI: 10.4461/GFDQ.2013.36.13.
- Reynard E., Coratza P., Giusti C. Geomorphosites and geotourism, *Geoheritage*, 2011, vol. 3(3), p. 129–130.
- Reynard E., Coratza P., Hohléa F. Current Research on Geomorphosites, *Geoheritage*, 2016a, vol. 8, iss. 1, p. 1–3.
- Reynard E., Panizza M. Geomorphosites: definition, assessment and mapping, *Géomorphologie*, 2005, vol. 3, p. 177–180.
- Reynard E., Perret A., Bussard J., Grangier L., Martin S. Integrated Approach for the Inventory and Management of Geomorphological Heritage at the Regional Scale, *Geoheritage*, 2016b, vol. 8, iss. 1, p. 43–60.
- Shroder J.F., Bishop M.P., Olsenholler J.A., Craiger P. Geomorphology and the World Wide Web, *Geomorphology*, 2002, vol. 47, p. 343–363. DOI: 10.1016/S0169-555X(02)00097-1.
- Simonov Yu.G., Kruzhalin V.I. *Inzhenernaya geomorfologiya. Indikacionnyj analiz i metody issledovaniya* [Engineering geomorphology. Indicative analysis and research methods], Tutorial, Moscow, Moscow St. Univ. Publ., 1990, 122 p. (In Russian)
- Teoreticheskie osnovy rekreacionnoj geografii* [Theoretical foundations of recreational geography], Preobrazhenskij V.S. (Ed.); AN SSSR, Institute of Geography, Moscow, Nauka Publ., 1975, 224 p. (In Russian)
- Thomas M.F. A geomorphological approach to geodiversity – its applications to geoconservation and geotourism, *Quaestiones geographicae*, 2012, vol. 31(1), p. 81–89.
- Working Group for the Protection of Geotopes in Switzerland: Inventory of geotopes of national significance, *Geologia Insubrica*, 1999, vol. 4, no. 1, p. 31–48.
- Zamyatin D.N. Gumanitarnaya geografiya: osnovnye napravleniya, kategorii, metody i modeli. [Humanitarian geography: main directions, categories, methods and models]. *Kul'turnaya i gumanitarnaya geografiya*, 2012, vol. 1, no. 1, p. 11–26. (In Russian)
- Zamyatina N.Yu. Smysl polozeniya: mesto v mental'no-geograficheskikh prostranstvah. [The meaning of position: place in mental-geographical spaces]. *Mezhdunarodnyj zhurnal issledovanij kul'tury*, St. Petersburg, Eidos Publishing House, 2011, no. 4(5), p. 60–68. (In Russian)
- Zouros N. Geomorphosite assessment and management in protected areas of Greece. The case of the Lesvos island – coastal geomorphosites, *Geographica Helvetica*, vol. 62(3), p. 169–180. DOI: 10.5194/gh-62-169-2007.
- Zouros N. The European Geoparks Network. Geological heritage protection and local development, *Episodes*, 2004, vol. 27(3), p. 165–171. DOI: 10.18814/epiugs/2004/v27i3/002.
- Web sources*
- Mapping Geoheritage*, Regolini-Bissig G., Reynard E. (Eds.), Institut de géographie, Lausanne, Géovisions, no. 35, 2010, p. 127, URL: [https://serval.unil.ch/resource/serval:BIB\\_C82F26D98189.P001/REF](https://serval.unil.ch/resource/serval:BIB_C82F26D98189.P001/REF).
- Reynard E., Coratza P. Geomorphosites and geodiversity: a new domain of research, *Geographica Helvetica*, 2007, vol. 62(3), p. 138–139, URL: <https://www.geogr-helv.net/62/138/2007/gh-62-138-2007.pdf>.

Received 22.03.2019

Revised 25.02.2020

Accepted 06.03.2020

УДК 556.5

А.В. Рахуба<sup>1</sup>, М.В. Шмакова<sup>2</sup>

## МОДЕЛИРОВАНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ МУТНОСТИ ВОДЫ В КУЙБЫШЕВСКОМ ВОДОХРАНИЛИЩЕ

Концентрация взвешенных веществ (или мутность воды) в водохранилище определяет прозрачность воды и, как следствие, проникновение света, интенсивность прогревания, а также сорбционные процессы и интенсивность фотосинтеза. Все это определяет актуальность исследования пространственно-временных закономерностей распространения мутности в разные фазы водности, в том числе и при неблагоприятных метеорологических явлениях. При всей актуальности мониторинга мутности воды и процессов переформирования дна водохранилищ, натурные наблюдения на крупных водохранилищах часто крайне затруднены и дорогостоящи. В этом случае может быть полезно численное моделирование гидродинамических внутриводоемных процессов, которое описывает двухфазный массоперенос по акватории.

Объектом данного исследования является Куйбышевское водохранилище, самое крупное в Волжском каскаде. В основу математического моделирования положена 3D гидродинамическая модель «Волна», разработанная А.В. Рахубой, и интегрированные в нее аналитические формулы расхода наносов и транспортирующей способности потока М.В. Шмаковой.

Очевидно, что распределение взвешенных веществ в водохранилище определяется морфометрией последнего, расположением притоков и стока, интенсивностью поступления твердого вещества с притоками и метеорологическими условиями. Особенности конфигурации Куйбышевского водохранилища, его большая протяженность по длине приводят к неравномерному распределению мутности воды и удельного расхода наносов по акватории. Значения концентрации взвешенных веществ в северных и южных частях водохранилища меняются в три и более раза, а удельного расхода наносов при сильных ветрах – на порядок.

Приведенная в работе карта распространения максимальной мутности воды Куйбышевского водохранилища построена при гипотетической инициации процессов взмучивания донного грунта по акватории. Особенную ценность этот результат представляет для межлетнего периода, характеризующегося наименьшей глубиной водоема, а значит наибольшими значениями мутности. Полученная карта распространения максимальной мутности позволит оценить области акватории с наиболее неблагоприятными гидродинамическими условиями, что может стать основой для последующих рекомендаций по мероприятиям, связанным с дноуглубительными работами.

*Ключевые слова:* взвешенное вещество, гидродинамическая модель, расход наносов

**Введение.** Взвешенные вещества – это минеральные и органические вещества (частицы глины, песка, ил) и различные микроорганизмы, присутствующие во взвешенном состоянии в толще водного объекта. Концентрация взвешенных веществ (или мутность воды) в водохранилище определяет прозрачность воды и, как следствие, проникновение света, сорбционные процессы, а также интенсивность прогревания и фотосинтеза. Все это влияет на качество воды и жизнедеятельность водных организмов. В статье [Зиновьев, Китаев, 2015] подробно рассматривается характер воздействия повышенных концентраций взвешенных веществ на гидрофауну водоема. Авторы отмечают, что в зависимости от продолжительности периода повышенной мутности «могут происходить выпадения ряда звеньев в цепях питания и взаимодействия биосистем или общая деградация экосистем». Однако, наряду с отрицательным механическим воздействием на экосистемы водных объектов, взвешенные вещества выступают и в качестве транспортера,

переносчика высокотоксичных поллютантов [Лепихин, Головачева, 2015].

Все это определяет актуальность исследования пространственно-временных закономерностей распределения мутности в акватории водного объекта для различных гидрометеорологических условий. Результаты анализа наблюдений за мутностью и данных математического моделирования являются безусловной основой для решения актуальных в настоящее время вопросов нормирования сбросов сточных вод. Прежде чем судить об антропогенном влиянии на мутность водных масс речных потоков, необходимо рассмотреть бытовые характеристики мутности и ее изменчивость [Методические основы ..., 1987].

Наблюдения за режимом мутности водохранилищ в настоящее время достаточно нерегулярны и нередко затруднены в условиях экстремальных гидрометеорологических явлений – штормовых ветров, периодов интенсивных и высоких паводков, половодий и так далее. При этом математическое моде-

<sup>1</sup> Институт экологии Волжского бассейна РАН – филиал Самарского федерального исследовательского центра РАН (ИЭВБ РАН – филиал СамНЦ РАН), лаборатория мониторинга водных объектов, канд. техн. н., ст. науч. с.; *e-mail:* rahavum@mail.ru

<sup>2</sup> Институт озерадения РАН (ИОЗ РАН), лаборатория математических методов моделирования, канд. техн. н., ст. науч. с.; *e-mail:* m-shmakova@yandex.ru

лирование дает возможность оценить пространственно-временные закономерности распределения мутности на акватории в режиме численного эксперимента при воспроизведении различных неблагоприятных гидрометеорологических сценариев. Результаты такого моделирования могут быть полезны при учете качества воды в водохранилище и планировании водохозяйственной деятельности.

В настоящее время для описания двухфазного массопереноса в водном объекте существует два подхода – концепция непрерывного взаимодействия твердой и жидкой фазы и диффузионное распространение твердого вещества в воде. К наиболее эффективным математическим моделям, описывающим формирования полей мутности, относится первый подход. Но он также является и наиболее информационно затратным и требует больших вычислительных усилий. В книге [Wu, 2007] приводится обширный обзор математических моделей двухфазного речного потока в различных постановках задач, и приводятся рекомендации по их применению.

**Объект исследования.** Куйбышевское водохранилище является самым крупным в Волжском каскаде. Оно образовано путем перекрытия течения р. Волга осенью 1955 г. в 6 км ниже г. Тольятти. Заполнение водохранилища проходило в три этапа. В 1957 г. уровень воды достиг проектной отметки 53,0 м БС. После сооружения Чебоксарской и Нижнекамской ГЭС площадь водного зеркала водохранилища составила 5900 км<sup>2</sup>, а его общая емкость при нормальном подпорном уровне (НПУ) – 58,0 км<sup>3</sup>. Общая длина по затопленному руслу р. Волга составляет 510 км, наибольшая ширина – 27 км. Основное питание Куйбышевского водохранилища осуществляется с вышележащих Чебоксарского и Нижнекамского водохранилищ.

Наблюдения за мутностью в Куйбышевском водохранилище велись Тольяттинской ГМО с 1958 г. ежедекадно в открытой части и ежемесячно на поперечных гидрологических разрезах. Для Куйбышевского водохранилища характерна большая степень подвижности водных масс, что ведет к неустановившемуся режиму мутности воды в течение года. По степени насыщения водных масс взвешиваемые значения мутности могут быть близкими к нулю или доходить до 50–100 г/м<sup>3</sup> [Гидрометеорологический режим ..., 1978]. Так, в открытой части водоема в зимний период содержание взвешенных наносов в воде не превышает 5–15 г/м<sup>3</sup>. В период весеннего паводка оно увеличивается до 30–60 г/м<sup>3</sup>, а летом и осенью убывает до 10–20 г/м<sup>3</sup> [Ступишин и др., 1981].

Распределение взвешенных наносов по длине и поперечному сечению водохранилища неравномерно. Повышенное содержание наносов наблюдается на подводных склонах берегов, на стрежне потока и в поверхностных слоях. Такая динамичность присуща любому сезону и различным условиям режима эксплуатации водохранилища. Ход мутности воды резко изменяется, когда на водоеме возника-

ют сильные штормы. В это время степень насыщения воды взвесью значительно увеличивается, превышая в несколько раз полученные средние данные.

Куйбышевское водохранилище является источником промышленного и питьевого водоснабжения большого количества населенных пунктов, расположенных в пределах его береговой зоны, среди которых Казань, Тольятти, Ульяновск, Тетюши, Зеленодольск, Чистополь, Волжск, Новоульяновск. При этом гидротехническое строительство, дноуглубительные работы с целью улучшения судоходных путей и водообмена между протоками, добыча нерудных материалов приводят к возрастанию мутности воды в пределах гидродинамического источника взмучивания и последующего распространения шлейфов мутных вод по акватории. Повышенная мутность воды водного объекта, как уже было отмечено выше, оказывает негативное воздействие на его экосистему, как его гидрологические, гидрохимические характеристики, так и биологические компоненты, включая состояние кормовой базы рыб, условия их нереста и, в конечном итоге, состояние всего рыбного стада [Кондратьева и др., 2012], а также осложняет систему водопользования. Транспортирующая способность потока или его максимальная взвешенная нагрузка определяет гидравлические переменные состояния потока. В связи с этим особенный интерес представляет оценка полей максимального насыщения водных масс взвешенными веществами при гипотетической инициации процессов взмучивания донного грунта в акватории. Особенную ценность такие построения представляют для межлетнего периода, характеризующегося наименьшей глубиной потока, а значит наибольшими значениями мутности.

При всей актуальности мониторинга мутности воды и процессов переформирования дна водохранилищ, натурные наблюдения на крупных водохранилищах часто крайне затруднены и дорогостоящи. В этом случае может быть полезно численное моделирование гидродинамических внутриводоемных процессов, которое описывает двухфазный массоперенос по акватории.

**Метод исследования.** Согласно [Эдельштейн, 2018], доля аллохтонной взвеси Куйбышевского водохранилища составляет около 10–14% вследствие перехвата продуктов эрозии почв Чебоксарским и Нижнекамским водохранилищами. Ввиду этого, можно пренебречь расчетами вклада эрозии почвы, т. к. основная часть наносов – автохтонная, и рассматривать только внутриводоемные процессы массообмена с учетом поступления твердого стока с водами Волги, Камы и притоков.

В основу последующих расчетов положена 3D гидродинамическая модель «Волна», разработанная А.В. Рахубой [2017] и интегрированные в нее аналитические формулы расхода наносов и транспортирующей способности потока [Шмакова, 2018]. Эта моделирующая система уже использовалась для оценки внутриводоемного распределения расхода наносов и переформирования дна приплотинного пле-

са Куйбышевского водохранилища [Рахуба, Шмакова, 2018]. При этом полагается, что при незначительных концентрациях твердого вещества в потоке допустим невязаносвязанный расчет водного потока и наносов [Wu, 2007].

Акватория Куйбышевского водохранилища была разделена на 143 562 расчетных узла прямоугольной сетки с шагом 200 м. Модельный шаг по времени составил 2 с.

**Результаты.** Для расчета пространственного распределения мутности по акватории Куйбышевского водохранилища был принят средний по водности 1969 г. Расчеты для периодов межени и половодья проводились для стационарного режима при отсутствии ветра, а также для меженного периода при наблюдаемых в летний период расчетного года ветрах ССЗ и ЮЗ направлений со средней скоростью 12 и 10 м/с соответственно [Материалы наблюдений ..., 1969].

Калибровка параметров аналитической формулы расхода наносов проводилась по данным наблюдений на вертикалях Куйбышевского водохранилища [Материалы наблюдений..., 1969] для периодов межени и весеннего половодья 1969 г. (табл.). Относительные отклонения между рассчитанными  $S_{рас}$  и наблюдаемыми  $S_{набл}$  средними по вертикали значениями мутности воды составили от 2 до 86%.

На рис. 1 приведены карты мутности воды Куйбышевского водохранилища для периодов межени и половодья. В период межени мутность воды не превышает 20 г/м<sup>3</sup>, причем наибольшие значения приходятся на относительно мелководные северные области водохранилища. Глубоководные центральная и южная части характеризуются относительно небольшими значениями мутности – от 5 до 10 г/м<sup>3</sup>. В период половодья транспортирующий потенциал водных масс возрастает, что приводит к увеличению концентрации взвешенных веществ. Наибольшие значения мутности воды в северных мелковод-

ных областях превышают 60 г/м<sup>3</sup>, тогда как для центральной и южной частей водохранилища находятся в пределах 20–30 г/м<sup>3</sup>.

На рис. 2 приведены карты удельного расхода наносов (г/(с·м<sup>2</sup>)) в меженный период при ветрах указанных направлений. Согласно полученным результатам, ветер ССЗ направления способствует более интенсивному перемещиванию акватории в ее центральной и северной частях. Удельный расход наносов превышает 2 г/(с·м<sup>2</sup>). Для ветра ЮЗ направления его наибольшие значения приходятся на плесовые расширения в центральной части водохранилища, тогда как в южной части в среднем составляют около 0,5 г/(с·м<sup>2</sup>).

Расчет поля максимальной мутности воды, т.е. гидродинамического потенциала максимального содержания взвешенных веществ в водной массе для всей акватории Куйбышевского водохранилища основан на совместном решении системы гидродинамических уравнений «мелкой воды» [Рахуба, 2017] и интегрированной в эту систему аналитической формулы транспортирующей способности потока [Шмакова, 2018]. Моделирование было проведено для меженного расхода при стационарном режиме расчета.

На рис. 3 приведена карта распространения максимальной мутности воды по акватории всего Куйбышевского водохранилища. Как видно, наибольшие значения мутности приходятся на области наименьших глубин в северной части водохранилища и превышают 300 г/м<sup>3</sup>, а наименьшие на глубоководную южную часть водохранилища, его центральную часть и приплотинный плес и составляют 100–200 г/м<sup>3</sup>.

**Выводы:**

– очевидно, что распределение взвешенных веществ в водохранилище определяется морфометрией последнего, расположением притоков и стока,

Таблица

Наблюденные и рассчитанные средние по вертикали гидравлические переменные состояния в период летней межени и весеннего половодья 1969 г.

№ вертикали	Пункт	Удельный расход наносов $G_{расч}$ , г/с·м <sup>2</sup>	Мутность воды $S_{изм}$ , г/м <sup>3</sup>	Мутность воды $S_{расч}$ , г/м <sup>3</sup>	Скорость течения $v_{изм}$ , м/с	Скорость течения $v_{расч}$ , м/с	Глубина $h_{расч}$ , м
Межень							
66	с. Вязовые	3,86	15,4	15,0	0,17	0,254	7,93
50	г. Тетюши	0,47	11,7	12,9	0,06	0,036	16,9
63	с. Ундоры	0,31	14,7	14,1	0,08	0,022	9,87
5	с. Климовка	0,35	21,0	12,4	0,10	0,029	37,8
1	г. Тольятти	0,65	9,02	12,2	0,16	0,054	39,8
Весеннее половодье							
68	с. Вязовые	33,2	28,5	53,1	0,44	0,64	11,2
50	г. Тетюши	4,57	33,0	29,3	0,14	0,16	18,8
60а	с. Ундоры	4,14	40,4	50,0	0,05	0,08	11,6
88	с. Климовка	1,50	11,4	11,2	0,20	0,13	39,4
1	г. Тольятти	1,76	5,93	10,1	0,29	0,17	41,3

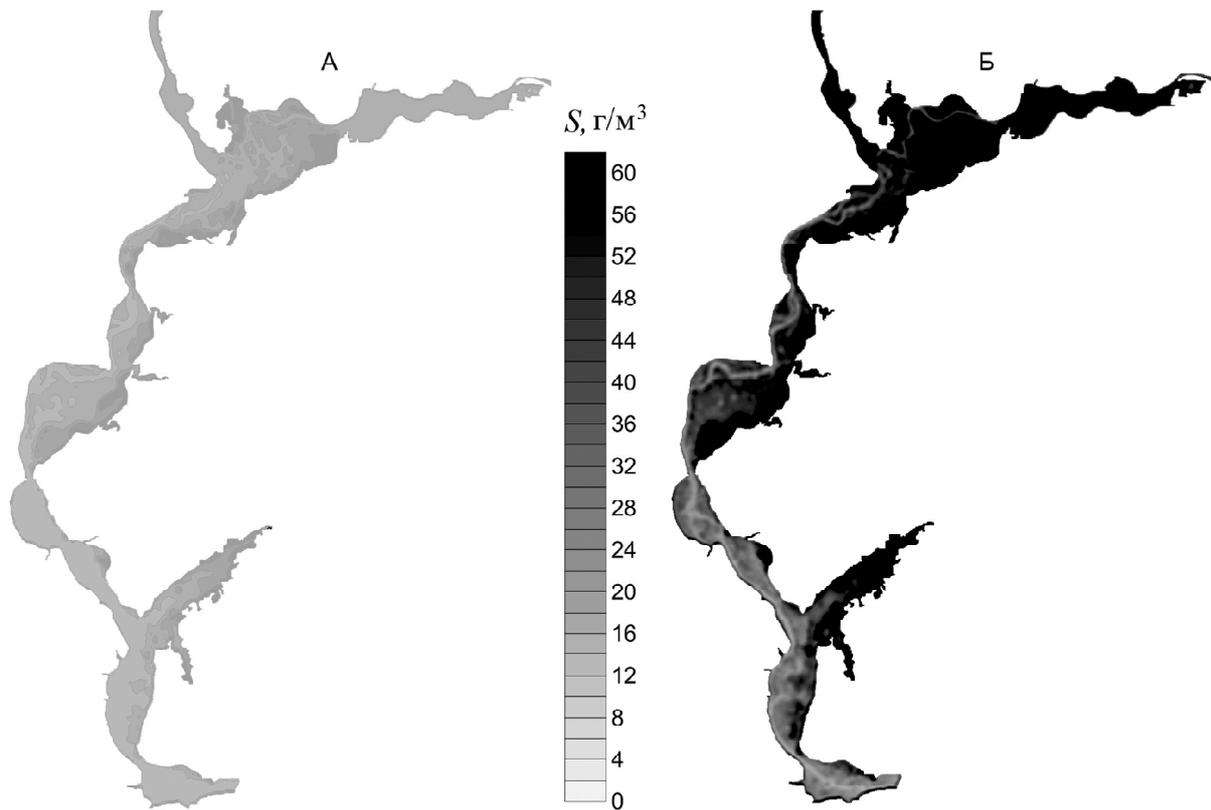


Рис. 1. Карты мутности воды  $S$  ( $\text{г}/\text{м}^3$ ) Куйбышевского водохранилища для периодов межени (А) и половодья (Б)

Fig. 1. Maps of water turbidity  $S$  ( $\text{g}/\text{m}^3$ ) in the Kuibyshev reservoir for low-water (A) and flood (B) periods

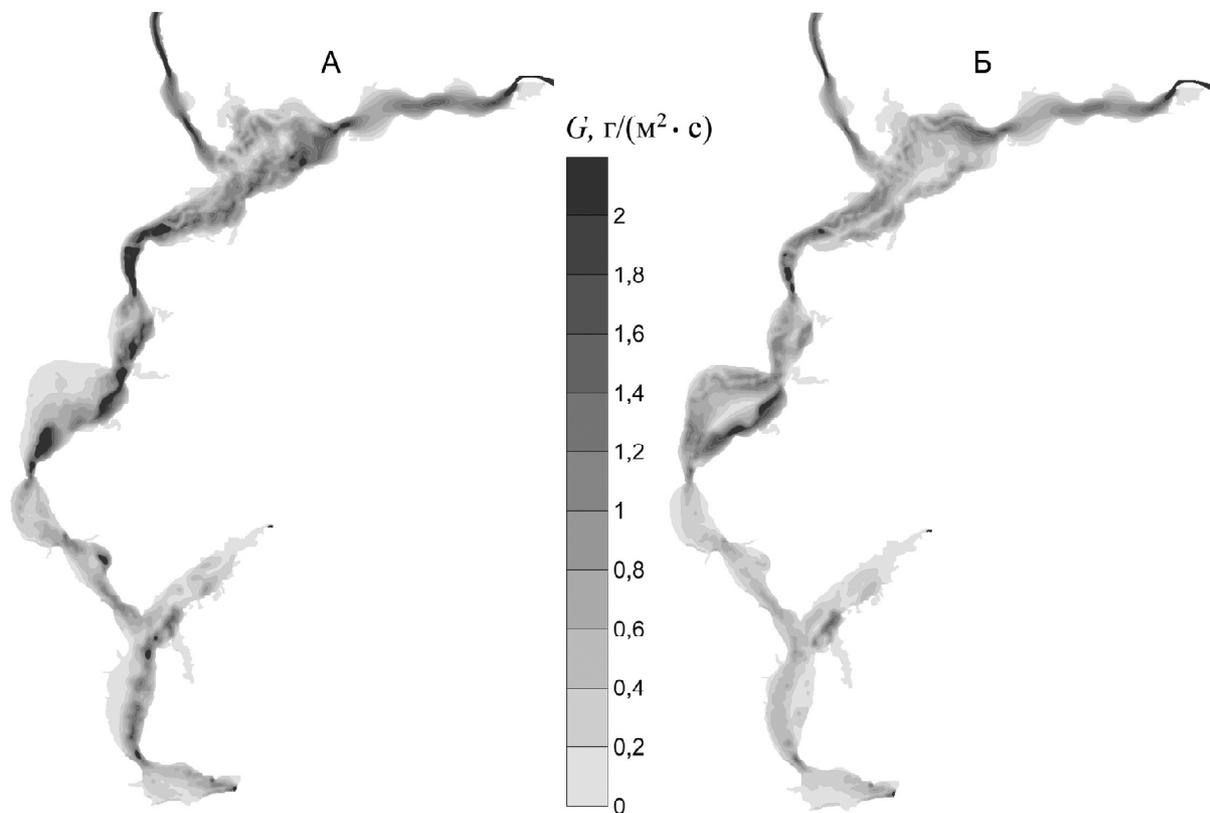


Рис. 2. Карты удельного расхода наносов  $G$  ( $\text{г}/\text{с}\cdot\text{м}^2$ ) в меженный период при ССЗ ветре 12 м/с (А) и ЮЗ ветре 10 м/с (Б)

Fig. 2. Maps of specific sediment discharge  $G$  ( $\text{g}/\text{s}\cdot\text{m}^2$ ) during the low-water period under north-west wind of 12 m/s (A) and south-west wind of 10 m/s (B)

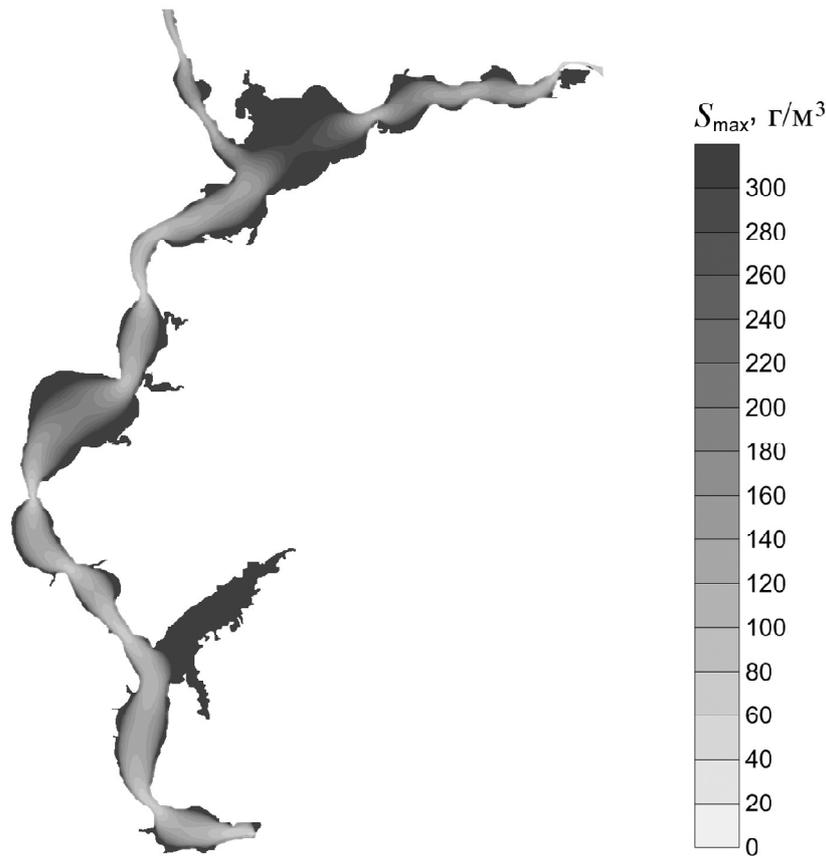


Рис. 3. Карта распространения максимальной мутности воды  $S_{max}$  (г/м<sup>3</sup>) в Куйбышевском водохранилище  
 Fig. 3. Map of the distribution of maximum water turbidity  $S_{max}$  (g/m<sup>3</sup>) in the Kujbyshev Reservoir

интенсивностью поступления твердого вещества с притоками и метеорологическими условиями. Особенности конфигурации Куйбышевского водохранилища, его большая протяженность по длине приводят к неравномерному распределению мутности воды и удельного расхода наносов по акватории. Значения концентрации взвешенных веществ в северных и южных частях водохранилища меняются в три и более раза, а удельного расхода наносов при сильных ветрах – на порядок;

– приведенная в работе карта распространения максимальной мутности воды Куйбышевского во-

дохранилища построена при гипотетической инициации процессов взмучивания донного грунта по акватории. Особенную ценность этот результат представляет для межлетнего периода, характеризующегося наименьшей глубиной водоема, а значит наибольшими значениями мутности. Полученная карта распространения максимальной мутности позволит оценить области акватории с наиболее неблагоприятными гидродинамическими условиями, что может стать основой для последующих рекомендаций по мероприятиям, связанным с дноуглубительными работами.

**Благодарности.** Настоящее исследование проводилось в рамках приоритетного проекта «Сохранение и предотвращение загрязнения реки Волги» (утв. президиумом Совета при Президенте РФ по стратегическому развитию и приоритетным проектам, протокол от 30.08.2017 № 9) по теме 3.4. «Разработка концепции по снижению поступления загрязняющих веществ с естественных ландшафтов, селитебных территорий, земель сельскохозяйственного значения, промышленных площадок предприятий, предприятий животноводческого комплекса, полигонов захоронений и свалок, объектов транспортной инфраструктуры».

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Гидрометеорологический режим озер и водохранилищ СССР: Куйбышевское и Саратовское водохранилища. Л.: Гидрометеоздат, 1978. 269 с.

Зиновьев Е.А., Китаев А.Б. О воздействии взвешенных частиц на гидрофауну // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2015. Т. 17. № 5. С. 283–288.

Кондратьева Т.А., Захаров С.Д., Халиуллина Л.Ю. Влияние добычи нерудных строительных материалов на экосистемы Куйбышевского водохранилища // Вестн. Казан. технол. ун-та. 2012. Т. 15. № 19. С. 116–119.

Летихин А.П., Головачева С.И. К проблеме регламентации отведения взвешенных веществ в естественные водотоки // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. 2015. № 1. С. 4–13.

Материалы наблюдений на водохранилищах (Дополнение к Гидрологическому ежегоднику). Т. 4. Вып. 4, 8. Куйбышев: Приволжское УГМС, 1972. 270 с.

Методические основы оценки и регламентирования антропогенного влияния на качество поверхностных вод / Под ред. А.В. Караушева. Л.: Гидрометеоздат, 1987. 286 с.

Рахуба А.В. Опыт использования измерительно-вычислительной системы «Хитон-Волна» в гидроэкологических исследованиях прибрежной акватории г. Тольятти // Экологические проблемы промышленных городов. 8-я Международная научно-практическая конференция. Саратов, 2017. С. 484–488.

Рахуба А.В., Шмакова М.В. Численное моделирование заиливания приплотинного плеса Куйбышевского водохранилища речными наносами // Метеорология и гидрология. 2018. № 1. С. 35–48.

Ступишин А.В., Трофимов А.М., Широков В.М. Географические особенности формирования берегов и ложа Куйбышевского водохранилища. Казань: Изд-во Казан. ун-та, 1981. 184 с.

Шмакова М.В. Расчеты твердого стока рек и заиливания водохранилищ. СПб: Изд-во ВВМ, 2018. 149 с.

Эдельштейн К.К. Лимнология. М.: Юрайт, 2018. 398 с.

Wu W. *Computational River Dynamics*. CRC Press, 2007, 509 p. DOI: 10.4324/9780203938485.

Поступила в редакцию 31.05.2019

После доработки 15.11.2019

Принята к публикации 06.03.2020

A.V. Rakhuba<sup>1</sup>, M.V. Shmakova<sup>2</sup>

#### MODELING OF WATER TURBIDITY DISTRIBUTION IN THE KUJBYSHEV RESERVOIR

The concentration of suspended solids (or water turbidity) in a reservoir determines the transparency of water and, as a consequence, the penetration of light, the intensity of heating, as well as sorption processes and photosynthesis intensity. All this determines the importance of the study of spatial-temporal regularities of turbidity distribution during the different phases of water regime, as well as under the adverse meteorological phenomena. While it is important to monitor water turbidity and reservoir bottom reshaping, field observations in large reservoirs are often extremely difficult and expensive. In this case, numerical modeling of hydrodynamic processes in a reservoir, that describes two-phase mass transfer over the water area, may be relevant.

The object of the study is the Kujbyshev reservoir, the largest one in the Volga cascade. The mathematical modeling is based on the 3D hydrodynamic model «Wave» developed by A.V. Rakhuba and integrated analytical formulas for the flow rate of sediment and the transport capacity of the flow suggested by M. V. Shmakova.

It is obvious that the distribution of suspended matter in a reservoir is determined by its morphometry, the location of tributaries and runoff, the intensity of solid matter inflow with tributaries, and the meteorological conditions. Specific configuration of the Kujbyshev Reservoir and its longitudinal extension cause the uneven distribution of water turbidity and specific sediment discharge in the water area. The values of suspended matter concentration in the northern and southern parts of the reservoir vary by three or more times, and the specific sediment discharge under strong winds – by an order of magnitude.

The map of distribution of maximum water turbidity in the Kujbyshev reservoir presented in the paper is compiled under the hypothetical initiation of bottom soil agitation processes over the water area. The result is particularly valuable for the low-water period, which is characterized by the lowest depth of the reservoir, and therefore the highest values of turbidity. The resulting map of the maximum turbidity distribution makes it possible to assess water areas with the most unfavorable hydrodynamic conditions, which can become the basis for further recommendations on the activities related to dredging.

*Key words:* suspended matter, hydrodynamic model, sediment yield

**Acknowledgements.** The study was carried out within the framework of priority project «Conservation and prevention of pollution of the Volga river» (app. by the Presidium of the Council under the President of the Russian Federation for strategic development and priority projects, Protocol No. 9 dated 30.08.2017) on the topic 3.4. «Development of a Strategy to reduce the intake of pollutants from natural landscapes, residential areas, agricultural land, industrial sites of enterprises, livestock enterprises, landfills and landfills, transport infrastructure facilities».

<sup>1</sup> Institute of Ecology of the Volga River Basin RAS – Branch of the Federal State Budgetary Institution of Science Samara Federal Research Scientific Center of RAS, Laboratory for monitoring of water objects, Senior Scientific Researcher, PhD. in Engineering Science; e-mail: rahavum@mail.ru

<sup>2</sup> Institute of Limnology RAS, Laboratory for mathematic methods of modeling, Senior Scientific Researcher, PhD. in Engineering Science; e-mail: m-shmakova@yandex.ru

## REFERENCES

- Ehdel'shtejn K.K. Limnologiya* [Limnology]. Moscow, Yurajt Publ., 2018, 398 p. (In Russian)
- Gidrometeorologicheskij rezhim ozer i vodohranilishh SSSR: Kujbyshevskoe i Saratovskoe vodohranilishcha* [Hydrometeorological regime of lakes and reservoirs in the USSR: Kuibyshev and Saratov reservoirs]. Leningrad, Gidrometeoizdat Publ., 1978, 269 p. (In Russian)
- Kondrat'eva T.A., Zaharov S.D., Haliullina L.Yu. Vliyanie dobychi nerudnyh stroitel'nyh materialov na ehkositemy Kujbyshevskogo vodohranilishha* [The effect of mining of nonmetallic construction materials on the ecosystem of the Kuibyshev reservoir]. *Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta*, 2012, vol. 15, no. 19, p. 116–119. (In Russian)
- Lepikhin A.P., Golovacheva S.I. K probleme reglamentacii otvedeniya vzveshennyh veshchestv v estestvennye vodotoki* [On the problem of regulation of suspended water disposal to natural water bodies]. *Vodnoe hozyajstvo Rossii: problemy, tekhnologii, upravlenie*, 2015, no. 1, p. 4–13. (In Russian)
- Materialy nablyudenij na vodohranilishhah* (Dopolnenie k *Gidrologicheskomu ezhegodniku*) [Materials of observations on reservoirs], vol. 4, iss. 4, 8, Kujbyshev, Privolzhskoe UGMS Publ., 1972, 270 p. (In Russian)
- Metodicheskie osnovy ocenki i reglamentirovaniya antropogennogo vliyaniya na kachestvo poverhnostnyh vod* [Methodical bases of assessment and regulation of anthropogenic impact on surface water quality], A.V. Karashev Ed., Leningrad, Gidrometeoizdat Publ., 1987, 286 p. (In Russian)
- Rahuba A.V.* Experience in the use of measuring-computing system, «Heaton-Wave» in hydro-ecological studies of coastal waters Tolyatti. *Ekologicheskie problemy promyshlennyh gorodov* [Ecological problems of industrial cities], The 8<sup>th</sup> International Scientific and Practical Conference, Saratov, 2017, p. 484–488. (In Russian)
- Rakhuba A.V., Shmakova M.V.* Numerical simulation of siltation of the Kuybyshev reservoir dam reach with river sediments. *Russian Meteorology and Hydrology*, 2018, no. 1, p. 35–48.
- Shmakova M.V. Raschety tverdogo stoka rek i zaileniya vodohranilishch* [Calculations of solid river flow and siltation of reservoirs]. St. Petersburg, VVM Publ., 2018, 149 p. (In Russian)
- Stupishin A.V., Trofimov A.M., Shirokov V.M. Geograficheskie osobennosti formirovaniya beregov i lozha Kujbyshevskogo vodohranilishha* [Geographical features of the formation of shores and bed of the Kuybyshev reservoir]. Kazan', Kazan University Publ., 1981. 184 p. (In Russian)
- Wu W. Computational River Dynamics*. 2007, CRC Press, 509 p. DOI: 10.4324/9780203938485.
- Zinov'ev E.A., Kitaev A.B. O vozdejstvii vzveshennyh chastic na gidrofaunu* [About the impact of suspended particles on hydrofauna]. *Izvestiya Samarского nauchnogo centra Rossijskoj akademii nauk*, 2015, vol. 17, no. 5, p. 283–288. (In Russian)

Received 31.05.2019

Revised 15.11.2019

Accepted 06.03.2020

УДК 332.133.6

П.А. Чистяков<sup>1</sup>, А.А. Ромашина<sup>2</sup>, А.Н. Петросян<sup>3</sup>, Е.И. Шевчук<sup>4</sup>, В.Л. Бабурин<sup>5</sup>

## ЦЕНТРЫ ЭКОНОМИЧЕСКОГО РОСТА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ НА МУНИЦИПАЛЬНОМ УРОВНЕ

В статье приводится оценка вклада разных типов территорий в экономический рост страны на основе авторской методики расчета валовой добавленной стоимости (ВДС) на уровне муниципальных образований. Авторами получен показатель валовой добавленной стоимости для всех муниципальных районов и городских округов Российской Федерации, оценен вклад муниципалитетов в экономический рост страны. Полученные результаты проанализированы по типам муниципальных образований по специализации их экономики и положению в системе расселения. Выявлены муниципалитеты, которые вносили существенный положительный вклад в экономический рост Российской Федерации в период с 2010 по 2016 гг., а также муниципалитеты с негативной экономической динамикой, замедляющие темпы роста национальной экономики. В рамках исследования к центрам экономического роста отнесены территориально компактные группы муниципальных образований, вклад которых в экономический рост страны превысил 1% за рассматриваемый период. Такими центрами стали крупные городские агломерации, агропромышленные территории вблизи крупных центров расселения и в зонах с благоприятными природно-климатическими условиями и территории с добывающей специализацией, где активно разрабатываются новые месторождения сырья. Отрицательным вкладом в экономический рост характеризуются депрессивные индустриальные территории с моноспециализацией и муниципалитеты, в которых экономическая активность представлена преимущественно государственным сектором. Использование статистики муниципального уровня позволило перейти к более дробному анализу экономического пространства, в котором единицей наблюдения являются не регионы, а целостные экономически однородные территории внутри них. Полученные значения добавленной стоимости позволили оценить тенденции пространственного развития в 2010-х гг. на субрегиональном уровне, учесть специфику и потенциал территорий для разработки и реализации перспективных мер пространственной политики федерального и регионального уровня, а также повысить ее доказательность с использованием доступных статистических данных муниципального уровня.

*Ключевые слова:* валовая добавленная стоимость, валовый муниципальный продукт, центры экономического роста, темпы роста, экономический рост, региональное развитие

**Введение.** Дифференциации территориального развития России посвящено множество публикаций, рассматривающих разные аспекты, однако подавляющее большинство из них опирается на региональные данные в силу их сравнительно высокой доступности, полноты и актуальности. Подобные исследования отличает высокая доказательность, однако внутрирегиональную картину они могут осветить только на качественном уровне. В ряде стран оценка валовой добавленной муниципальной стоимости осуществляется официальными статистическими ведомствами в рамках системы национальных и региональных счетов [Gross domestic product ..., 2018; Gross Domestic Product by Metropolitan Area ..., 2017]. Отдельные авторские методики затрагивают в основном ВДС городских агломераций и крупных городов, как центров концентрации экономической активности. В расчетах используются показате-

ли производительности труда, доли занятых, доли работоспособного населения, личных доходов. Таким образом ВДС отражает не только производительность экономики, но и демографическую ситуацию и условия на рынке труда [Brown, Rispoli, 2014; Panek et al., 2007].

Исследования муниципальной экономики сильно ограничены набором публикуемых в открытом доступе статистических показателей. К ним, в первую очередь, относятся показатели бюджетов, дающие основу для ряда научных и прикладных исследований: анализа состояния бюджетов, взаимосвязи оптимизации бюджетных механизмов и социально-экономического развития городов и отдельных регионов [Кузнецова, 2018; Богатство и самостоятельность ..., 2019]. Но большинство исследований, опирающихся на бюджетные показатели, затрагивают лишь вопросы налогообложения, госу-

<sup>1</sup> Центр экономики инфраструктуры, вице-президент; *e-mail:* pachistyakov@gmail.com

<sup>2</sup> Московский государственный университет им. Ломоносова, географический факультет, кафедра экономической и социальной географии России, аспирантка; *e-mail:* aagomashina@gmail.com

<sup>3</sup> Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», факультет социальных наук, магистерская программа «Демография», студент; *e-mail:* ertur29031@mail.ru

<sup>4</sup> Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», факультет мировой экономики и мировой политики, магистерская программа «Мировая экономика», студент; *e-mail:* egor.shevchuk@gmail.com

<sup>5</sup> Московский государственный университет им. Ломоносова, географический факультет, кафедра экономической и социальной географии России, профессор, докт. геогр. н.; *e-mail:* vbaburin@yandex.ru

дарственного управления и отношений уровней власти, допуская лишь поверхностную оценку социально-экономического состояния муниципалитетов [Держирукова, 2018; Евдокимов, 2007; Кузьмина, 2014].

В отечественной научной литературе встречаются попытки количественного анализа экономики муниципалитетов на основе авторских методик расчета генерируемой в них добавленной стоимости, однако существенным барьером для этого является низкая доступность исходных данных, особенно когда речь заходит об анализе вклада различных видов деятельности. По некоторым методикам ВДС рассчитывается путем взвешивания валового регионального продукта по ряду показателей (например, населению или доходам) (методики «сверху»), что приводит к игнорированию субрегиональной пространственной дифференциации экономической активности [Гриценко, 2009; Гафарова, 2017]. Некоторые так называемые методики «снизу» базируются на доступных муниципальных показателях и показывают высокую вариативность подходов [Колечков и др., 2012; Пуляевская, 2012].

Одним из немногих показателей, отражающих структуру экономики, является фонд оплаты труда, встречающийся в методиках расчета ВДС «снизу» [Гатаркин и др., 2012; Косарева, Полиди, 2017]. Однако заработная плата в муниципальных образованиях гораздо менее дифференцирована, чем прибыль или объем отгруженной продукции предприятий, которые в них расположены, что приводит к выравниванию добавленной стоимости – завышению в муниципалитетах со слабой экономической базой и занижению в крупнейших городах и ресурсодобывающих территориях – страновых центрах генерации выручки.

Большинство современных социально-экономических исследований на основе муниципальной статистики, как правило, ограничиваются детализацией экономики какого-либо одного типа муниципалитетов: городских форм расселения (моногородов [Аверкиева, Землянский, 2010; Землянский, Ламанов, 2014], крупных городов [Зубаревич, Сафронов, 2019; Богатство и самостоятельность ..., 2019], агломераций [Кириллов, Махрова, 2012; Зубаревич, 2017; Антонов, Махрова, 2019]), сельской местности [Нефедова, Трейвиш, 2010], территорий Крайнего Севера [Бабурин и др., 2016; Бабурин, Бадина, 2015; Колечков, 2014] и т. д.

Предложенный авторами методологический аппарат, разработанный на основе муниципальной статистики Росстата и данных о налоговой отчетности всех предприятий на территории России, впервые позволил провести анализ социально-экономического развития на муниципальном уровне на основе унифицированной методики для всех типов муниципальных образований<sup>6</sup>. Увязка экономики территории с ее

положением в системе расселения, предусмотренная в методике, позволяет на субрегиональном уровне получить комплексную оценку социально-экономического развития территории, делает возможным решение целого ряда задач пространственной политики федерального и регионального уровней.

**Методы исследования.** Методика распределения валовой добавленной стоимости, предлагаемая авторами, основывается на показателе производительности труда, определяемой как выручка, приходящаяся на одного занятого на уровне каждого отдельного предприятия [Лавриненко и др., 2019]. Для получения показателя производительности в муниципальных образованиях была собрана база экономических показателей, включающая микроданные порядка 650 тыс. предприятий на территории России с привязкой их экономических показателей к муниципалитету фактического местоположения деятельности. Производительность по каждому виду деятельности в конкретном муниципалитете рассчитывается как среднее значение для предприятий, расположенных на территории муниципалитета.

Полученная база исходных данных обеспечивает почти 100% репрезентативность по занятости на промышленных предприятиях и 70–90% репрезентативность по предприятиям в сфере услуг. Региональная репрезентативность достигается по всем видам деятельности.

В производственных секторах<sup>7</sup> ВДС муниципальных образований рассчитывалась перемножением показателей занятости [Росстат, БДПМО] и производительности, определяемой как выручка на одного работающего [Ruslana; СПАРК-Интерфакс]. Эти данные в отраслевом разрезе корректировались на долю ВДС в валовом отраслевом выпуске по данным системы национальных счетов:

$$GVA_{A-K}^m = GVA_{A-K}^{reg} \cdot \frac{Y_k^m}{\sum_m Y_k^m}, \quad (1)$$

где  $GVA_{A-K}^m$  – ВДС вида деятельности  $k$  из разделов  $A-K$  на территории муниципального образования  $m$ ;  $GVA_{A-K}^{reg}$  – ВДС вида деятельности  $k$  из разделов  $A-K$  в данном регионе в целом, тыс. руб.;  $Y_k^m$  – объем отгруженной продукции или оказанных услуг вида деятельности  $k$  на территории муниципального образования  $m$ .

В бюджетных отраслях и отраслях персональных услуг<sup>8</sup>, где добавленная стоимость де-факто определяется фондом оплаты труда, расчет ВДС производился по формуле:

$$GVA_{L-O}^m = GVA_{L-O}^{reg} \cdot \frac{S_k^m}{\sum_m S_k^m}, \quad (2)$$

где  $GVA_{L-O}^m$  – ВДС вида деятельности  $k$  из разделов  $L-O$  на территории муниципального образования  $m$ ;

<sup>6</sup> Здесь и далее под муниципальным уровнем имеется в виду уровень муниципальных районов и городских округов.

<sup>7</sup> Разделы ОКВЭД: А, В, С, D, F, G, H, I, J, K. Аналитика по видам деятельности в статье приводится по классификатору ОКВЭД-2007.

<sup>8</sup> Разделы ОКВЭД: L, M, N, O.

$GVA_{L-O}^{reg}$  – ВДС вида деятельности  $k$  из разделов  $L-O$  в данном регионе в целом, тыс. руб.,  $S_k^m$  – фонд заработной платы в виде деятельности  $k$  из разделов  $L-O$  на территории муниципального образования  $m$  по данным муниципальной статистики, руб.

Сумма полученных значений дает муниципальную ВДС – интегральный индикатор экономического развития муниципального образования, позволяющий оценивать вклад территории на субрегиональном уровне в экономический рост страны

$$GVA^m = \sum GVA_{A-K}^m + \sum GVA_{L-O}^m, \quad (3)$$

где  $GVA^m$  – суммарная валовая добавленная стоимость на территории муниципального образования  $m$ ;  $GVA_{A-K}^m$  – ВДС вида деятельности  $k$  из разделов  $A-K$  на территории муниципального образования  $m$ ;  $GVA_{L-O}^m$  – ВДС вида деятельности  $k$  из разделов  $L-O$  на территории муниципального образования  $m$ .

**Результаты исследования.** В рамках исследования были выделены центры экономического роста на субрегиональном уровне различной специализации, вклад которых в экономический рост страны за период 2010–2016 гг. превысил 1% (рис. 1).

Расчет ВДС на муниципальном уровне позволил оценить вклад в экономический рост территорий, обладающих схожим положением в системе расселения и экономической специализации [Ромашина, 2019] (рис. 2).

**Крупнейшие агломерации (с населением более 1,5 млн чел.).** В последние 7 лет Россия переживает повышение миграционной активности населения, в основе которой лежит увеличение социально-экономического неравенства между разными типами муниципальных образований на внутри- и макрорегиональном уровне. Основным направлением миграций становится переезд населения из малых и средних городов в крупные административные и экономические центры.

Все крупнейшие городские агломерации России в 2010–2016 гг. являлись центрами роста федерального масштаба. Во многом это объясняется непосредственно размером их рынка – на территории с максимальной концентрацией населения приходится и основная часть создаваемой в стране добавленной стоимости. Итоговая величина вклада в экономический рост формировалась в зависимости от отраслевой структуры, инвестиционной и миграционной привлекательности территорий.

Обращает на себя внимание тот факт, что динамика пространственного роста городских агломераций в России оказывается гораздо менее концентрированной, чем в странах ОЭСР, где в период с 2000 по 2013 г. 40% всего экономического роста крупных городских районов пришлось всего лишь на 14 агломераций, составляющих только 5% от общего числа крупных городских районов, по которым ведется статистика ВДС [GDP by metropolitan area, 2016].

В России, помимо Московской и Санкт-Петербургской агломераций, наибольший вклад в эконо-

мический рост внесли Екатеринбургская, Новосибирская, Нижегородская и Ростовская агломерации.

**Екатеринбургская агломерация** (вклад – 3,9%). Ее экономический успех основан на нескольких компонентах. Екатеринбург оказался центром размещения ряда вертикально-интегрированных компаний в металлургии и машиностроении, при этом в городах агломерации удалось сохранить мощную производственную базу. Благодаря высокому человеческому капиталу, городу удалось создать одну из наиболее развитых в России индустрию услуг, включающую логистику, ритейл, IT-сектор, креативные индустрии. Все виды деятельности оказались востребованы в Уральском макрорегионе с высокой концентрацией крупных городов. Платежеспособный спрос здесь усиливался за счет жителей близлежащих регионов, включая ХМАО и ЯНАО, для которых Екатеринбург выступает центром покупок и досуга. Екатеринбургская агломерация имеет сбалансированную структуру экономики, но именно промышленность и торговля (оптовая, вместе с логистикой) обеспечили более 60% вклада в ее экономический рост за прошедшие шесть лет.

**Новосибирская агломерация** также является крупным макрорегиональным центром торговли, транспорта и логистики, однако имеет более низкие показатели темпов роста и вклада в экономический рост (2,2%). Среди всех агломераций она в большей степени росла за счет рыночных услуг, в меньшей – за счет промышленности.

**Нижегородская агломерация** (2%) имеет значительный масштаб экономики, но меньшие темпы роста, по сравнению с другими. Структура ее экономики более индустриальная, чем у Екатеринбургской. Сдерживающим фактором развития региона являются низкие темпы роста сектора услуг.

**Ростовская агломерация** (1,6%) является одним из лидеров по темпам роста. Статистически экономика Ростовской агломерации имеет похожие черты с Новосибирской (рис. 3) – по темпам роста сектор услуг опережает индустриальный сектор. Однако, если в Новосибирске достаточно значима доля услуг с высокой добавленной стоимостью, то в Ростовской агломерации наблюдается существенный перекоп в сторону торговли, что в значительной степени определяется динамикой потребительского и инвестиционного спроса в регионах Северного Кавказа, а также на востоке Украины.

Для ряда крупнейших агломераций потенциал ускорения экономического роста за счет агломерационных эффектов так и не был реализован до конца: средне-годовые темпы роста ВДС в 2010–2016 гг. отставали или были близки к среднероссийским. Основные проблемы таких агломераций связаны с недостаточным разнообразием отраслевой структуры, слабо развитыми секторами услуг с высокой добавленной стоимостью, низкой инновационной активностью.

Многие агломерации России попали в ловушку низких темпов роста. Необходимые для развития сектора экономики требуют растущего спроса или хотя бы его ожиданий, а между тем занятость на-

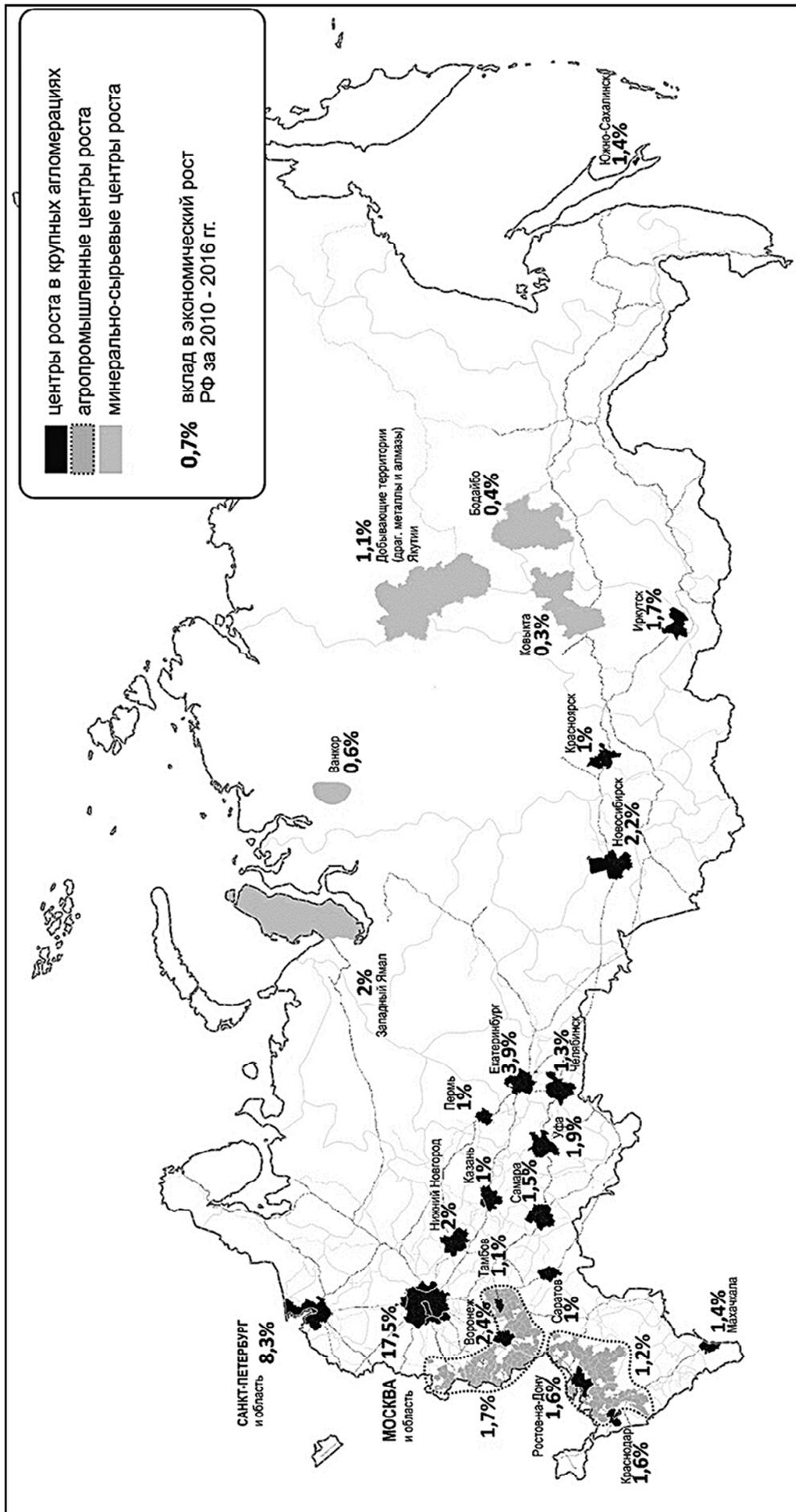


Рис. 1. Центры экономического роста российской экономики 2010–2016 гг. *Источники:* составлено Павловой Т.А. по данным авторов  
 Fig. 1. Centers of economic growth in the Russian Federation in 2010–2016. *Source:* compiled by T.A. Pavlova after the authors' data

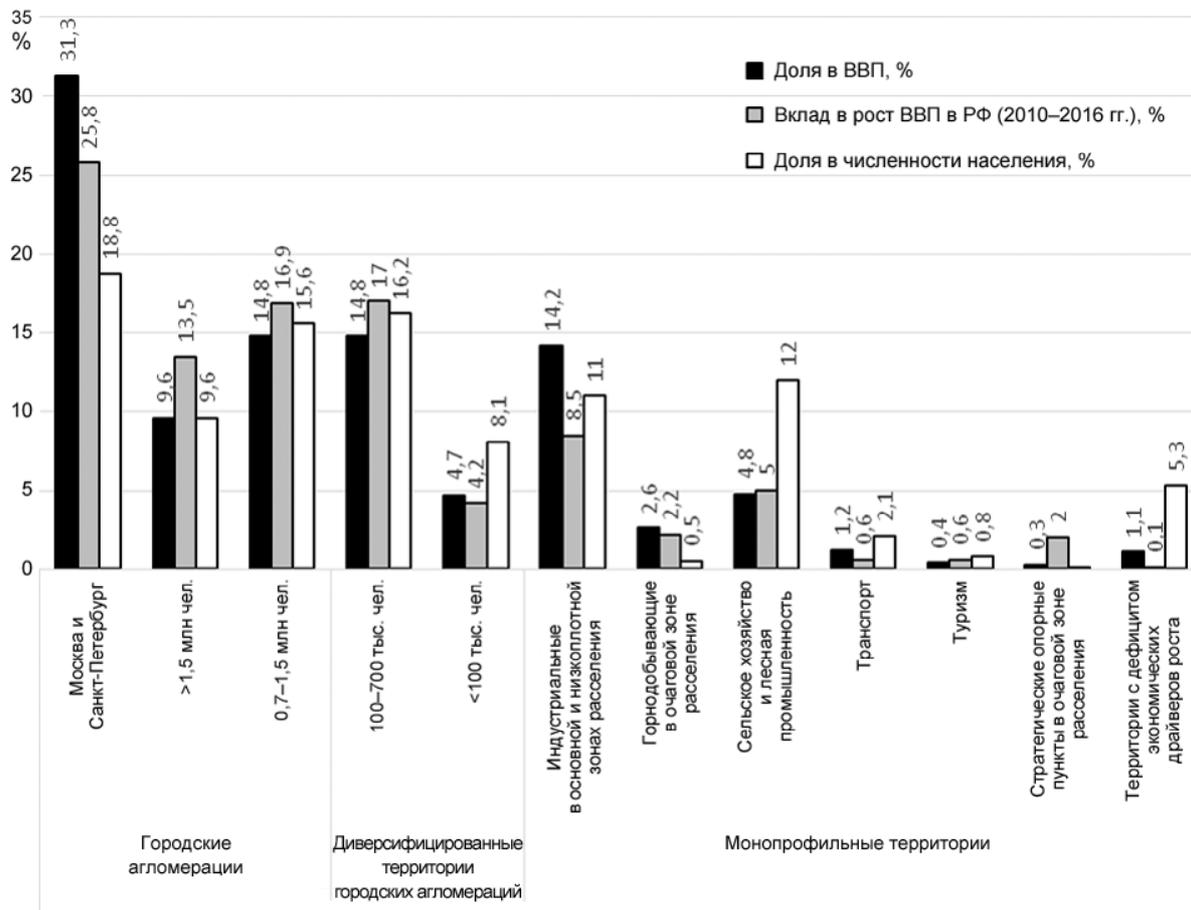


Рис. 2. Вклад различных типов территорий в экономический рост России, 2016 г. *Источник:* расчеты авторов

Fig. 2. Contribution of different types of territories to the economic growth of Russia, 2016. *Source:* calculated by the authors

селения концентрируется в видах деятельности со сравнительно низкой производительностью труда и заработной платой, таких как торговля и сфера бытовых услуг. Отчасти это связано с вопросом эффективности организации крупных производств, их зависимости от государственного заказа или с отсутствием стимулов в автоматизации. Промышленным территориям, в частности городским агломерациям, таким как Нижегородская, Челябинская, Самарская, Омская, Волгоградская не хватает верхних переделов в ключевых отраслях концентрации занятости.

Вторая проблема – недостаточный уровень развития инфраструктуры, необходимой для формирования в российских агломерациях современной экономики. Речь идет, в первую очередь, о комфортности городской среды и развитии транспортных связей как внутри агломераций, так и между ними [Дмитриев и др., 2018; Лавриненко и др., 2019].

**Крупные агломерации и диверсифицированные региональные центры.** Территории, вошедшие в эту группу, дают значительный по объему прирост ВВП (16,9 и 21,1% соответственно), и этот вклад примерно соответствует их «весу» в численности населения. Сюда вошли 21 городская агломерация и наиболее крупные региональные центры. На этих territori-

ях развиваются разнообразные направления экономического развития.

Одна группа – быстрорастущие агломерации, основа развития которых – рост потребительского и инвестиционного спроса, связанный с увеличением численности населения, что, в свою очередь, обеспечило рост ВДС в строительном секторе (в среднем +30% за 6 лет), операциях с недвижимостью и розничной торговле (по 20% роста). Примеры таких агломераций: Краснодар, Махачкала.

Вторую группу формируют успешные центры обрабатывающей промышленности (Уфа, Тула, Красноярск, Иркутск), характерной чертой которых является значительный прирост производительности за рассматриваемый период. В большинстве случаев он обеспечивался увеличением спроса на продукцию отрасли специализации (например, эффект от наращивания государственного заказа в военно-промышленном комплексе в Туле, Иркутске). Обычно это происходило на базе существующих производств тех видов деятельности, которые испытывали благоприятную рыночную конъюнктуру или растущий госзаказ. В наибольшей степени это проявляется в нефтехимии – инвестиции в углубление степени переработки нефтепродуктов на НПЗ Башкортостана позволили увеличить добавленную сто-

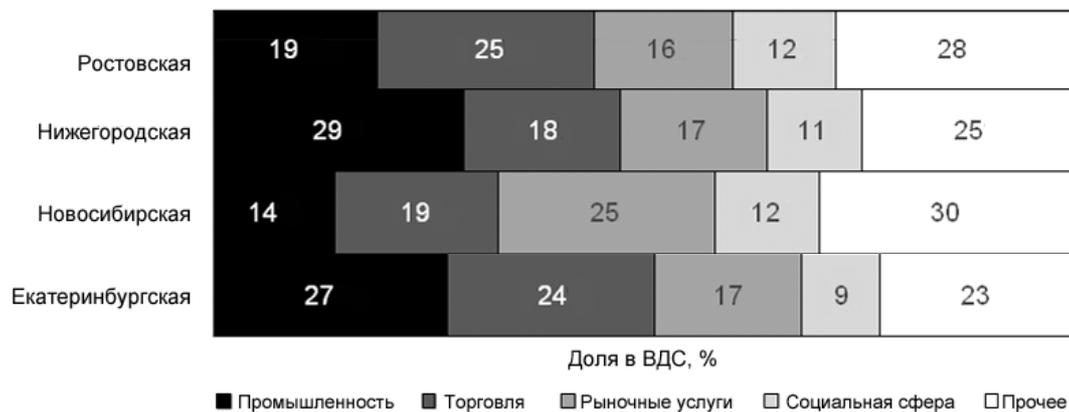


Рис. 3. Структура экономики крупнейших агломераций со значительным вкладом в экономический рост России. *Источник:* расчеты авторов

Fig. 3. Economic structure of the largest agglomerations having considerable input to the economic growth of Russia. *Source:* calculated by the authors

имость продукции, несмотря на падение уровня долларовых цен. Рост некоторых агломераций связан с формированием базы новых крупных сырьевых проектов и концентрации части добавленной стоимости в региональном центре на фоне роста цен на ключевые сырьевые товары региона (Красноярск).

Существуют успешные крупные агломерации, в которых отмечены рост численности населения и благоприятное влияние конъюнктуры, сочетающиеся с эффективной экономической политикой региональных властей. Так, вклад Воронежской агломерации в экономический рост России (2,4%) оказался большим, чем у значительно более крупных единиц.

Ряд агломераций и крупных региональных центров испытывают негативную экономическую динамику в силу структурных отраслевых проблем. Среди них Кемеровская и Новокузнецкая агломерации, Иваново.

*Добывающие территории* – районы новой или углубленной добычи полезных ископаемых. Добыча полезных ископаемых остается важнейшей отраслью российской экономики. Несмотря на значительное падение мировых цен, затронувшее многие виды продукции, на долю территорий, специализирующихся на добыче, приходится 16,8% российского ВВП.

Несмотря на сохраняющиеся благоприятные условия конъюнктуры для экспорта таких сырьевых товаров, как уголь и металлы, лишь у небольшого числа выделенных добывающих территорий среднегодовые темпы роста ВДС превышали средний по России уровень или были сопоставимы с ним. К ним относятся в основном территории с новыми месторождениями полезных ископаемых. При этом рост продукции обеспечивается не только увеличением объемов добычи, но и активным строительством обслуживающей инфраструктуры – объектов электроэнергетики, дорог, трубопроводов.

Основная часть вклада добывающих территорий в рост ВВП России приходится на муниципали-

теты, в которых реализуются проекты в нефтегазовой отрасли. В первую очередь, подобным драйвером является Ямало-Ненецкий автономный округ, который, благодаря началу промышленной эксплуатации новых месторождений как в зоне более раннего (Пуровский район), так и современного освоения (Ямальский район), обеспечивает 4,5% экономического роста 2010–2016 гг.

Существенный вклад вносят нефтегазовые проекты Сахалина (1,4%). Однако данный пример демонстрирует, что реальный вклад добычи в экономический рост в значительной мере локализуется не в районах непосредственной разработки месторождений, а в Южно-Сахалинске, на который приходится почти 70% регионального ВРП. Аналогичная ситуация отчасти проявляется в Иркутской области (Ковыктинское и месторождения Усть-Кутского района) и Красноярском крае (Ванкорское, Туруханский район) – непосредственно добывающие территории дают суммарно лишь 1% экономического роста. Таким образом, перераспределение финансовых потоков в сторону региональных и федеральных центров снижает вклад тех территорий, которые действительно генерируют экономический рост.

Стоит отметить, что значительный вклад Сахалинских нефтедобывающих территорий в экономический рост вряд ли может быть экстраполирован на будущие периоды, что связано с «заморозкой» проектов по расширению нефтегазодобычи.

Исключением из общей тенденции является Татарстан. Хотя крупнейшие месторождения Волго-Уральского нефтегазоносного бассейна выработаны более чем на 70%, повторное освоение старых месторождений, а также ранее неэффективных трудно извлекаемых запасов с использованием новых технологий бурения и добычи, позволяют добиваться стабильного увеличения объемов добычи и транспортировки нефти, обеспечивающего 1,9% роста российского ВВП в последние шесть лет.

Территории, специализирующиеся на добыче других видов полезных ископаемых, цены на которые в исследуемый период снижались, не приносили существенного вклада в экономику России. Отчасти это связано с технико-экономическими особенностями добычи сырья. Так, к большинству месторождений железных, цветных и полиметаллических руд приурочены горно-обоганительные комбинаты или металлургические заводы. В результате, добывающие подразделения горно-металлургических компаний в соответствии с классификатором видов экономической деятельности зачастую относятся к обрабатывающим производствам, а территории, где они расположены, попадают в категорию диверсифицированных (как Губкин-Старый Оскол) или промышленных (Орск). Тем не менее, в данном случае рост продукции отрасли отмечается только в единичных случаях, но достигается также лишь увеличением объемов добычи (Железногорск, Губкин).

Особого внимания заслуживают добывающие территории Кемеровской области, экономика которых падает, несмотря на рост объемов экспорта угля. Проведенный анализ показывает, что экономику Кузбасса в прошедшие 7 лет «вытягивала», не угледобыча, а агломерационный эффект, стимулирующий рост в секторе услуг.

Отдельным драйвером роста оказываются отрасли с положительной динамикой цен – в первую очередь, добыча золота и алмазов. Добывающие территории Республики Саха (Якутия), Иркутской и Магаданской областей, Камчатского и Забайкальского краев обеспечивают 1,6% роста ВВП России.

Для крупных добывающих районов крайне высокие темпы прироста ВДС характерны только в случае запуска месторождений в промышленную эксплуатацию (этапы ввода Бованенковского) или краткосрочной реализации крупных транспортных проектов, как строительство газопровода «Сила Сибири» в Иркутской обл. (в Усть-Куте находится единственный логистический центр стротельства). Остальные значительные отклонения также связаны с реализованными проектами меньшего масштаба – например, начало добычи на алмазном месторождении им. Гриба в Архангельской области (Мезенский район).

*Агропромышленные территории.* Длительная государственная поддержка агропромышленного комплекса, которая совпала с «контрсанкционным» импортозамещением в последние годы, привела к росту объема производимой в стране сельскохозяйственной продукции. Зависимость отрасли от особенностей агроклиматических условий и экономико-географического положения территорий определяет значительную пространственную дифференциацию роста добавленной стоимости в этом секторе.

В целом аграрные муниципалитеты страны принесли 6% экономического роста России с 2010 г., однако развитие отрасли имеет высокую территориальную неравномерность. Наибольший вклад в ВДС вносят приближенные к рынкам сбыта территории с наиболее благоприятными агроклиматическими условиями. Подобным важнейшим центром

роста в последние годы, сопоставимым по вкладу в экономический рост с крупнейшими агломерациями страны, удалось стать сельскохозяйственным районам северного Черноземья – Белгородской, Воронежской, Курской областям, а также примыкающим к ним районам Брянской области (1,7% роста ВВП). Слабая конкуренция и низкая земельная рента в отличие от главных центров сельскохозяйственного производства в масштабах страны (Краснодарского, Ставропольского краев и Ростовской области) в условиях эффекта сравнительно низкой базы и близости к основным рынкам сбыта продукции позволили запустить предприятия отраслей с повышенной добавленной стоимостью, например, молочно-мясного животноводства.

Сельское хозяйство Черноземья выступает в качестве настоящего мультипликатора смежных отраслей экономической деятельности. В некоторых субъектах до 60% вклада в прирост ВДС обеспечивается предприятиями переработки (Белгородская, Тамбовская области). Предприятия обрабатывающей промышленности, локализованные в местных узлах сбыта сырья (например, сахарные, мукомольные и мясоперерабатывающие заводы в Мичуринске, Рассказово, Кирсанове), генерируют добавленную стоимость, которая аккумулируется как в самих производственных, так и административных центрах регионов. Отчасти подобная высокая степень перераспределения ресурсов также связана с высокой миграционной активностью и сезонностью отрасли. Временные рабочие и совместители могут не учитываться в аграрных районах, но создают высокую потребительскую активность в региональных центрах.

Отдельной группой муниципалитетов являются территории, для которых темпы роста производимой добавленной стоимости превышали среднероссийские. Их выделение зачастую связано с наличием эффекта «низкой базы», когда даже незначительный прирост величины может давать высокие относительные темпы из-за низких первоначальных значений. Для слаборазвитых, но относительно диверсифицированных территорий (например, аграрных районов Республики Тывы) такие показатели обычно связаны с выходом предприятий из теневого сектора или заменой подсобного хозяйства рыночным потребительским спросом. Зачастую подобная динамика обеспечивается государственными вложениями в рамках целевых инвестиционных программ.

В реальном производственном секторе примеров значительного роста не так много – обычно их наличие обусловлено реализацией инвестиционных проектов в отдельных муниципалитетах. При этом во многих случаях они оказываются местными проявлениями отраслей-драйверов макроэкономического роста. Например, в Буденновске, благодаря вводу в строй новой очереди химического завода «Ставролен», после 2013 г. зафиксирован рост более чем на 50%. Существенно уточнить расчеты позволил бы ввод вероятностной меры для краткосрочных эффектов от инвестиций в муниципалитетах с ма-

лым масштабом экономики, однако в рамках данной статьи подобное исследование не проводилось.

Помимо центров и «очагов» экономического роста, разработанная методология позволяет выделить территории, характеризующиеся негативной экономической динамикой. Примерно в четверти муниципальных образований страны, на которые приходится почти 30% населения, темп роста ВДС был отрицательным в рассматриваемый период. Эти муниципалитеты разделяются на несколько типов.

*Депрессивные индустриальные территории*, специализирующиеся на отраслях промышленности с низким уровнем современного технологического развития, высокой степенью износа основных фондов. Для большинства муниципалитетов данного типа унаследованные специализации не соответствуют рыночным предпосылкам для их размещения. В наибольшей мере наличие подобных территорий характерно для регионов центральной России (Рязанская, Тверская, Ярославская области), северо-запада (Карелия), Поволжья (Волгоградская, Самарская области), юга Урала и Сибири (Новосибирская, Тюменская, Кемеровская области). Характерный пример муниципалитета – г. Урюпинск (Волгоградская область): окончательное «вымирание» обрабатывающей промышленности и падение производства в два раза сопровождаются слабой положительной динамикой торговли, строительства (+20% по сравнению с 2010 г.) и общественного питания (+5%).

*Социальные территории* характеризуются крайне высокой зависимостью от государственного сектора, который обеспечивает основную занятость. По оценкам авторов, в муниципалитетах с полностью отсутствующей экономической базой сегодня в России проживает порядка 7,5 млн человек. Данные муниципалитеты встречаются почти повсеместно (в 64 субъектах РФ), а 60% из них характеризуются отрицательным вкладом в экономический рост. Аналогичными территориями являются небольшие муниципалитеты, попавшие в категорию транспортных центров – в основном это небольшие железнодорожные узлы (Псковская, Пензенская области) или населенные пункты в зоне низкоплотного и очагового расселения по берегам крупных рек (Республика Коми, Тюменская область), а также муниципалитеты Северного Кавказа и юга Сибири.

*Агро- и лесопромышленные территории в зоне Нечерноземья* – муниципалитеты во многом схожие с социальными территориями. Зачастую, реальные различия в структуре экономической деятельности этих типов муниципалитетов оказываются минимальны, однако, большая часть аграрных и лесопромышленных предприятий либо являются субъектами малого предпринимательства (например, личные подсобные и крестьянско-фермерские хозяйства) и не отражаются в муниципальной статистике, либо вообще официально не зарегистрированы (в особенности это характерно для заготовки древесины и первичной деревообработки).

Помимо перечисленных выше типов негативный вклад в экономику страны вносили добывающие территории с сокращающимися запасами полезных ископаемых и/или подверженные негативным влияниям конъюнктуры. Ключевым примером являются нефтедобывающие муниципалитеты ХМАО. Менее масштабные примеры – муниципалитеты Печерского угольного бассейна в Коми, нефтедобывающие муниципалитеты Самарской и Саратовской областей и др.

Экономические проблемы испытывали многие муниципалитеты, специализирующиеся на цветной металлургии. Помимо отказа от реализации ряда новых месторождений цветных руд, высокая себестоимость добычи на старых рудниках, как из-за низкого содержания полезных компонентов, так и повышенных транспортных и энергетических издержек добычи и обогащения, привела к полному и частичному приостановлению работы многих горнообогатительных комбинатов и металлургических заводов (например, медного Южно-Уральского, Оренбургская область; молибденового Жирекенского, Забайкальский край; Богословского алюминиевого завода, Свердловская область).

#### **Выводы:**

– расчет валовой добавленной стоимости для муниципальных образований позволил провести анализ социально-экономического и пространственного развития на субрегиональном уровне. В рамках данного исследования к центрам экономического роста были отнесены группы муниципальных образований, вклад которых в экономический рост России за период 2010–2016 гг. превысил 1%. Итоговая величина вклада в экономический рост формировалась в зависимости от отраслевой структуры экономики, инвестиционной и миграционной привлекательности рассматриваемых территорий;

– центрами роста федерального масштаба стали все крупнейшие городские агломерации, что явилось следствием роста потребительского и инвестиционного спроса, диверсификации отраслевой структуры, развития сектора услуг с высокой добавленной стоимостью и городской инфраструктуры. Ряд городских агломераций и крупных региональных центров даже на фоне высокой инвестиционной активности испытывали трудности с увеличением темпов роста в силу структурных отраслевых проблем;

– центры роста со специализацией на добыче полезных ископаемых приурочены в основном к территориям, где реализуются проекты в нефтегазовой отрасли. Сопоставимый вклад в рост ВВП вносят территории добычи драгоценных металлов и камней. В силу своей моноспециализации экономика угледобывающих территорий падает, несмотря на рост объемов его экспорта;

– экономический рост агропромышленных территорий значительно варьировался в зависимости от естественных географических предпосылок. Территории вблизи крупных городских агломераций и в зонах с благоприятными природно-климатическими

условиями стали одними из лидеров по вкладу в экономический рост страны;

– к территориям с негативной экономической динамикой относятся муниципалитеты, в которых отсутствует собственная экономическая база. Занятость населения подобных территорий обеспечивается преимущественно государственным сектором. В таких муниципалитетах на 2016 г. проживало порядка 7,5 млн человек. Еще одним типом территорий, тормозящих экономический рост, стали добывающие территории с сокращающимися запасами и недостаточными инвестициями в модернизацию производственной инфраструктуры;

**Благодарности.** Статья подготовлена при поддержке РФФИ: проект № 20-05-00695 «Географические факторы общей производительности и издержек производства по регионам России».

Данное исследование поддержано в рамках реализации Программы повышения конкурентоспособности 5-100 БФУ имени И. Канта.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Аверкиева К.В., Землянский Д.Ю.* Функциональная трансформация моногородов России: риски и возможности реализации новых функций. В: Социально-экономическое развитие регионов России: проблемы теории и практики. Смоленск: Изд-во Смоленского гуманитарного университета, 2010. С. 173–177.
- Антонов Е.В., Махрова А.Г.* Крупнейшие городские агломерации и формы расселения на доагломерационном уровне в России // Известия Российской академии наук. Серия географическая. 2019. № 4. С. 31–45.
- Бабурин В.Л., Бадина С.В.* Оценка социально-экономического потенциала территории, подверженной неблагоприятным и опасным природным явлениям // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5. Геогр. 2015. № 5. С. 9–16.
- Бабурин В.Л., Бадина С.В., Горячко М.Д., Земцов С.П., Колтерманн К.* Оценка уязвимости социально-экономического развития Арктической территории России // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5. Геогр. 2016. № 6. С. 71–77.
- Гафарова Е.А.* Валовой муниципальный продукт как показатель уровня экономического развития муниципальных образований региона (на материалах Республики Башкортостан) // Научно-технические ведомости СПб ГПУ. Экономические науки. 2017. Т. 10. № 4. С. 91–103.
- Гриценко С.В.* Статистический анализ уровня социально-экономического развития муниципальных районов // Экономический анализ: теория и практика. 2009. № 22. С. 15–23.
- Держирукова Г.Г.* Анализ бюджетов муниципалитетов Сибири и Дальнего Востока // Журнал Бюджет. 2018. № 10(190). С. 65–67.
- Дмитриев М.Э., Чистяков П.А., Ромашина А.А.* Роль пространственной политики в ускорении экономического роста // Общественные науки и современность. 2018. № 5. С. 31–47.
- Евдокимов Н.Н.* Влияние системы межбюджетных трансфертов на социально-экономическое развитие Самарской области // Вестн. Самарского гос. эконом. ун-та. 2007. № 6(32). С. 47–51.
- Землянский Д.Ю., Ламанов С.В.* Сценарии развития монопрофильных городов России // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5. Геогр. 2015. № 5. С. 69–74.
- Зубаревич Н.В.* Развитие российских агломераций: тенденции, ресурсы и возможности управления // Общественные науки и современность. 2017. № 6. С. 5–21.
- Зубаревич Н.В., Сафронов С.Г.* Развитие больших городов в России в 2000-х годах // Региональные исследования. 2019. № 1(63). С. 39–51.
- Кириллов П.Л., Махрова А.Г.* Полимасштабный анализ демографического развития Москвы в постсоветский период // SPERO. 2012. № 17. С. 35–56.
- Колечков Д. В.* Валовой муниципальный продукт в управлении экономикой (на примере Республики Коми) // Проблемы прогнозирования. 2014. № 5(146). С. 132–139.
- Колечков Д.В., Гаджиев Ю.А., Тимашев С.А., Макарова М.Н.* Валовой муниципальный продукт: методы расчета и применения // Экономика региона. 2012. № 4. С. 49–59.
- Косарева Н.Б., Полиди Т.Д.* Оценка валового городского продукта в российских городах и его вклада в ВВП России в 2000–2015 гг. // Вопросы экономики. 2017. № 7. С. 5–25.
- Кузнецова О.В.* Бюджетные возможности городов-миллионников в России как фактор их социально-экономического развития // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5. Геогр. 2018. № 4. С. 75–82.
- Кузьмина Н.В.* Роль местных бюджетов в развитии муниципальных образований // Экономика и социум. 2014. № 2-2(11). С. 921–926.
- Лавриненко П.А., Михайлова Т.Н., Ромашина А.А., Чистяков П.А.* Агломерационные эффекты как инструмент регионального анализа // Проблемы прогнозирования. 2019. № 3(174). С. 50–60.
- Нефедова Т.Г., Трейвиш А.И.* Города и сельская местность: состояние и соотношение в пространстве России // Региональные исследования. 2010. № 2(28). С. 42–57.
- Пуляевская В.Л.* Валовой муниципальный продукт как показатель оценки экономического потенциала районов и городов // Вестн. НГУЭУ. 2012. № 3. С. 159–166.
- Ромашина А.А.* Типология муниципальных образований России по специализации экономики и положению в системе расселения // Региональные исследования. 2019. № 3(65). С. 42–52.
- Татаркин А.И., Козлова О.А., Тимашев С.А.* Вопросы (проблемы) методического обеспечения расчета валового муниципального продукта // Безопасность критических инфраструктур и территорий. 2012. Т. 3. № 1. С. 3–8.
- Brown W.M., Rispoli L.* Metropolitan Gross Domestic Product: Experimental Estimates, 2001 to 2009, *Economic Insights*, 2014, no. 042, p. 1–10.
- Panek S.D., Baumgardner F.T., McCormick M.J.* Introducing New Measures of the Metropolitan Economy. Prototype GDP-by-Metropolitan-Area estimates for 2001–2005, *Survey of Current Business*, 2007, no. 87(11), p. 79–114.

*Электронные ресурсы*

GDP by metropolitan area. OECD Factbook 2015–2016: Economic, Environmental and Social Statistics, OECD Publishing, Paris. 2016 : URL: [https://www.oecd-ilibrary.org/economics/oecd-factbook-2015-2016/gdp-by-metropolitan-area\\_factbook-2015-11-en](https://www.oecd-ilibrary.org/economics/oecd-factbook-2015-2016/gdp-by-metropolitan-area_factbook-2015-11-en) (дата обращения 11.11.2018).

Gross domestic product (GDP) at current market prices by Metropolitan regions. Eurostat, 2018 : URL: <http://appsso.eurostat.ec.europa.eu> (дата обращения 11.11.2018).

Gross Domestic Product by Metropolitan Area, 2017. BEA: Bureau of Economic Analysis : URL: [https://www.bea.gov/system/files/2018-09/gdp\\_metro0918\\_0.pdf](https://www.bea.gov/system/files/2018-09/gdp_metro0918_0.pdf) (дата обращения 11.11.2018).

Ruslana (Bureau van Dijk): база данных налоговой отчетности : URL: [www.ruslana.bvdep.com/version-202023](http://www.ruslana.bvdep.com/version-202023) (дата обращения 05.10.2019).

База данных показателей муниципальных образований (БДМПО). Федеральная служба государственной статистики: URL: <https://www.gks.ru/dbscripts/munst/> (дата обращения 10.11.2018).

Богатство и самостоятельность: что делает бюджет города устойчивым? Стрелка. URL: <http://citybudget.strelka-kb.com> (дата обращения: 21.09.2019)

СПАРК-Интерфакс: база данных налоговой отчетности: URL: <http://www.spark-interfax.ru> (дата обращения 21.10.2019).

Поступила в редакцию 26.09.2019

После доработки 21.11.2019

Принята к публикации 06.03.2020

**P.A. Chistyakov<sup>1</sup>, A.A. Romashina<sup>2</sup>, A.N. Petrosian<sup>3</sup>,  
E.I. Shevchuk<sup>4</sup>, V.L. Baburin<sup>5</sup>**

### MUNICIPAL-LEVEL CENTERS OF ECONOMIC GROWTH IN THE RUSSIAN FEDERATION

The authors estimated gross value added (GVA) for all municipalities in the Russian Federation, as well as their contribution to the economic growth at the national level, using the methodology for calculating GVA at the municipal level. The results are analyzed by type of municipalities according to their economic specialization and position in the settlement pattern. Municipalities with significant positive contribution to the economic growth in 2010–2016 were identified as well as the territories with negative economic trends that are responsible for deceleration at the national level. Spatially contiguous clusters of municipalities that contributed more than 1% to the country's economic growth for the period under study were considered centers of economic growth. Large metropolitan areas, agro-industrial municipalities located near the national settlement system centers and in the favorable climate zones and mining-oriented territories where new deposits of raw materials are being actively developed are among the centers. A negative contribution to the economic growth is typical of depressed mono-functional industrial territories as well as the areas where economic activities are predominantly those of public sector. The use of statistics at the municipal level allowed a detailed analysis of the economic space, in which smaller economically homogeneous territories replace regions as operational units. Obtained GVA values made it possible to assess spatial development trends at the sub-regional level in the 2010s, to account for specific features of territories and their potential while elaborating and implementing the territorial policy measures at the federal and regional levels, as well as to increase its evidentiality by using the available statistical data of municipal level.

*Key words:* gross value added, gross municipal product, centers of economic growth, growth rates, economic growth, regional development

*Acknowledgements.* Preparation of the paper was financially supported by the Russian Foundation for Basic Research (project № 20-05-00695 Geographical factors of the overall productivity and production costs by the regions of Russia). The study was financially supported within the Program of improving competitiveness 5–100 of the I. Kant Baltic Federal University.

#### REFERENCES

Antonov E.V., Mahrova A.G. Krupnejšie gorodskie aglomeracii i formy rasselenija nadaglomeracionnogo urovnja v Rossii [Largest Urban Agglomerations and Super-Agglomerations in Russia]. *Izvestija Rossijskoj akademii nauk. Serija geograficheskaya*, 2019, no. 4, p. 31–45. (In Russian)

Averkjeva K.V., Zemljanskij D.U. Functional transformation of monotowns in Russia: risks and opportunities for implementing

new functions. *Social'no-ekonomicheskoe razvitie regionov Rossii: problemy teorii i praktiki* [Socio-economic development of Russian regions: problems of theoretical and practical issues], Smolensk, Smolensk University of Humanities Publ., 2010, p. 173–177. (In Russian)

Baburin V.L., Badina S.V. Ocenka social'no-ekonomicheskogo potenciala territorii, podverzhenoj neblagoprijatnym i opasnym

<sup>1</sup> Infrastructure Economics Center, Vice-President; *e-mail*: pachistyakov@gmail.com

<sup>2</sup> Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Department of Economic and Social Geography of Russia, post-graduate student; *e-mail*: aaromashina@gmail.com

<sup>3</sup> Higher School of Economics, Faculty of Social Sciences, student; *e-mail*: artur29031@mail.ru

<sup>4</sup> Higher School of Economics, Faculty of World Economy and International Affairs, student; *e-mail*: egor.shevchuk@gmail.com

<sup>5</sup> Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Department of Economic and Social Geography of Russia, Professor, D.Sc. in Geography; *e-mail*: vbaburin@yandex.ru

prirodnym javlenijam [Evaluation of the social-economic potential of natural hazard-subjected territories]. *Vestn. Mosk. un-ta, Ser. 5. Geogr.*, 2015, no. 5, p. 9–16. (In Russian)

Baburin V.L., Badina S.V., Goryachko M.D., Zemtsov S.P., Koltermann K. Ocenka ujazvimosti social'no-ekonomicheskogo razvitiya Arkticheskoj territorii Rossii [Vulnerability assessment of socio-economic development of the Russian Arctic territories]. *Vestn. Mosk. un-ta. Ser. 5: Geogr.*, 2016, no. 6, p. 71–77. (In Russian)

Brown W.M., Rispoli L. Metropolitan Gross Domestic Product: Experimental Estimates, 2001 to 2009. *Economic Insights*, 2014, no. 042, p. 1–10.

Derzhirukova G.G. Analiz bjudzhetov municipalitetov Sibiri i Dal'nego Vostoka [Analysis of the budgets of municipalities in Siberia and the Far East]. *Zhurnal Bjudzhet*, 2018, no. 10(190), p. 65–67. (In Russian)

Dmitriev M.Je., Chistyakov P.A., Romashina A.A. Rol' prostranstvennoj politiki v uskorenii ekonomicheskogo rosta [The role of spatial policy in acceleration of economic growth]. *Obshhestvennye nauki i sovremennost'*, 2018, no. 5, p. 31–47. (In Russian)

Evdokimov N.N. Vlijanie sistemy mezhbjudzhetnyh transfertov na social'no-ekonomicheskoe razvitie Samarskoj oblasti [The influence of interbudgetary transfer system on the social and economic development of the Samara region]. *Vestn. Samarskogo gos. ekonom. un-ta*, 2007, no. 6(32), p. 47–51. (In Russian)

Gafarova E.A. Valovoj municipal'nyj produkt kak pokazatel' urovnja ekonomicheskogo razvitiya municipal'nyh obrazovanij regiona (na materialah Respubliki Bashkortostan) [Gross municipal product as an indicator of economic development level of municipalities (case of the Republic of Bashkortostan)]. *Nauchno-tehnicheskie vedomosti SPb GPU, Ekonomicheskie nauki*, 2017, vol. 10, no. 4, p. 91–103. (In Russian)

Gricenko S.V. Statisticheskij analiz urovnja social'no-ekonomicheskogo razvitiya municipal'nyh rajonov [Statistical analysis of the socio-economic development of municipal raions]. *Ekonomicheskij analiz: teorija i praktika*, 2009, no. 22, p. 15–23.

Kirillov P.L., Mahrova A.G. Polimasshtabnyj analiz demograficheskogo razvitiya Moskvy v postsovetkij period [A large-scale analysis of the demographic development of Moscow in the post-Soviet period], *SPERO*, 2012, no. 17, p. 35–56. (In Russian)

Kolechkov D.V. Gross municipal product in economic management (through the example of the Komi Republic). *Studies on Russian Economic Development*, 2014, no. 5(146), p. 523–528.

Kolechkov D.V., Gadzhiev Ju.A., Timashev S.A., Makarova M.N. Valovoj municipal'nyj produkt: metody rascheta i primenenie [Gross municipal product: the design procedure and application]. *Ekonomika regiona*, 2012, no. 4, p. 49–59. (In Russian)

Kosareva N.B., Polidi T.D. Ocenka valovogo gorodskogo produkta v rossijskih gorodah i ego vklada v VVP Rossii v 2000–2015 gg. [Assessment of gross urban product in Russian cities and its contribution to the Russian GDP in 2000–2015]. *Voprosy ekonomiki*, 2017, no. 7, p. 5–25. (In Russian)

Kuz'mina N.V. Rol' mestnyh bjudzhetov v razvitiu municipal'nyh obrazovanij [The role of local budgets in the municipal development]. *Ekonomika i socium*, 2014, no. 2–2(11), p. 921–926. (In Russian)

Kuznetsova O.V. Bjudzhetnye vozmozhnosti gorodov-millionnikov v Rossii kak faktor ih social'no-ekonomicheskogo razvitiya [Budget capacities of million-plus cities as a factor of their social-economic development]. *Vestn. Mosk. un-ta. Ser. 5. Geogr.*, 2018, no. 4, p. 75–82. (In Russian)

Lavrinenko P.A., Mihailova T.N., Romashina A.A., Chistyakov P.A. Agglomeration effect as a tool of regional development. *Studies on Russian Economic Development*, 2019, Vol. 30, no. 3, p. 268–274.

Nefyodova T.G., Treivish A.I. Goroda i sel'skaya mestnost': sostoyanie i sootnoshenie v prostranstve Rossii [Cities and countryside in Russia: their state and correlation], *Regional'nye issledovaniya*, 2010, no. 2(28), p. 42–57. (In Russian)

Panek S.D., Baumgardner F.T., McCormick M.J. Introducing New Measures of the Metropolitan Economy. Prototype GDP-by-Metropolitan-Area estimates for 2001–2005. *Survey of Current Business*, 2007, no. 87(11), p. 79–114.

Pulyaevskaya V.L. Valovoj municipal'nyj produkt kak pokazatel' ocenki ekonomicheskogo potenciala rajonov i gorodov [Gross municipal product as a measure of estimation of economic potential of districts and cities]. *Vestn. Novosibirsk. gos. un-ta Ekonomiki i Upravleniya*, 2012, no. 3, p. 159–166. (In Russian)

Romashina A.A. Tipologija municipal'nyh obrazovanij Rossii po specializacii ekonomiki i polozheniju v sisteme rasselenija [Typology of Russia municipalities by economic specialization and status in settlement systems]. *Regional'nye issledovaniya*, 2019, no. 3(65), p. 42–52. (In Russian)

Tatarkin A.I., Kozlova O.A., Timashev S.A. Voprosy (problemy) metodicheskogo obespechenija rascheta valovogo municipal'nogo produkta [Questions (problems) of methodological support for calculating the gross municipal product]. *Bezopasnost' kritichnyh infrastruktur i territorij*, 2012, vol. 3, no. 1, p. 3–8. (In Russian)

Zemlyansky D.Ju., Lamanov S.V. Scenarii razvitiya monoprofil'nyh gorodov Rossii [Scenarios of development for the mono-functional towns in Russia]. *Vestn. Mosk. Un-ta. Ser. 5: Geogr.*, 2015, no. 5, p. 69–74. (In Russian)

Zubarevich N.V. Razvitie rossijskih aglomeracij: tendencii, resursy i vozmozhnosti upravlenija [Russia's agglomerations development: trends, resources and governing]. *Obshhestvennye nauki i sovremennost'*, 2017, no. 6, p. 5–21. (In Russian)

Zubarevich N.V., Safronov S.G. Razvitie bol'shih gorodov v Rossii v 2000-h godah [Russia's largest cities development in 2010s]. *Regional'nye issledovaniya*, 2019, no. 1(63), p. 39–51. (In Russian)

*Web resources*

Bogatstvo i samostojatel'nost': chto delaet bjudzhet goroda ustojchivym? [Wealth and independence: what makes the city budget sustainable?], *Strelka*, URL: <http://citybudget.strelka-kb.com> (access date: 21.09.2019) (In Russian)

Database of indicators of municipalities (BDMPO). Federal'naja sluzhba gosudarstvennoj statistiki. URL: <https://www.gks.ru/dbscripts/munst> (access date 10.11.2018). (In Russian)

GDP by metropolitan area. OECD Factbook 2015–2016: Economic, Environmental and Social Statistics, OECD Publishing, Paris, 2016. URL: [https://www.oecd-ilibrary.org/economics/oecd-factbook-2015-2016/gdp-by-metropolitan-area\\_factbook-2015-11-en](https://www.oecd-ilibrary.org/economics/oecd-factbook-2015-2016/gdp-by-metropolitan-area_factbook-2015-11-en) (access date 11.11.2018).

Gross domestic product (GDP) at current market prices by Metropolitan regions. Eurostat, 2018, URL: <http://appsso.eurostat.ec.europa.eu> (access date 11.11.2018).

Gross Domestic Product by Metropolitan Area, 2017. BEA: Bureau of Economic Analysis, URL: [https://www.bea.gov/system/files/2018-09/gdp\\_metro0918\\_0.pdf](https://www.bea.gov/system/files/2018-09/gdp_metro0918_0.pdf) (access date 11.11.2018).

Ruslana (Bureau van Dijk), Database of tax reporting, URL: [www.ruslana.bvdep.com/version-202023](http://www.ruslana.bvdep.com/version-202023) (access date: 05.10.2019). (In Russian)

SPARK-Interfaks, Database of tax reporting, URL: <http://www.spark-interfax.ru> (access date: 21.10.2019). (In Russian)

Received 26.09.2019

Revised 21.11.2019

Accepted 06.03.2020

## РЕГИОНАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

УДК 911.3

Н.Ю. Замятина<sup>1</sup>, Р.В. Гончаров<sup>2</sup>

## АРКТИЧЕСКАЯ УРБАНИЗАЦИЯ: ФЕНОМЕН И СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ

В статье проводится сравнительная оценка уровня урбанизации арктических территорий мира по единым критериям: выбраны все поселения Арктики с численностью населения более 5000 человек вне зависимости от статуса. Граница Арктики проведена по самому южному из трех вариантов, наиболее часто используемых в международных работах по социально-экономической географии Арктики. По результатам оценки уровень урбанизации во многих регионах зарубежной Арктики оказывается ниже оценок, приводимых в актуальной научной литературе. Рассматриваются особенности развития арктических городов, выделяются основные типы городов в Российской и зарубежной Арктике. При выборе критериев типологии приняты во внимание: влияние удаленности от других городских центров на экономическое развитие (значение этого фактора в Арктике повышено в силу редкой городской сети), факторы социально-экономического развития в эпоху «экономики знания», транспортно-географическое положение и др. В итоге, в качестве критериев были выбраны: наличие собственного вуза, административный статус, расположение в пределах агломерации более крупного города. Выделены четыре типа арктических городов: 1. Ключевые многофункциональные (университетские) центры. 2. Периферийные административные центры. 3. Города-пригороды разной специализации. 4. Удаленные промышленные центры. Критерий приморского положения использовался для выделения подтипов. Города первого типа, как правило, обладают статусом национальной или региональной столицы, собственным вузом. Почти половина городского населения Арктики проживает именно в таких городах (Мурманск, Архангельск, Анкоридж, Тромсё, Рейкьявик и др.). Второй тип – региональные столицы, не имеющие своего самостоятельного вуза (Салехард, Йеллоунайф и т. д.). Города третьей группы, в основном, сконцентрированы вокруг городов первого типа (Мурмаши, Уасилла и др.). Наконец, четвертый тип – удаленные города, не имеющие ни столичного статуса, ни самостоятельного вуза. В эту группу попали, в основном, города при месторождениях полезных ископаемых (Новый Уренгой, Лабрадор-Сити и т. п.). Специфика Российской Арктики состоит в повышенной доле внутриконтинентальных (непортовых) городов-пригородов (наиболее быстро теряющих население) и удаленных промышленных центров (условно: города при месторождениях). Специфика зарубежной Арктики – в высокой доле городов первого типа (столичные университетские).

*Ключевые слова:* Арктика, городское население, города мира

**Введение.** Рост роли городов в мировом хозяйстве – общемировая тенденция [Колосов и др., 2016]. Логично, что исследованию городов посвящено огромное количество работ. Однако как справедливо заметили оксфордские исследователи П. Коллиер и Э. Венейблз, «хотя урбанизация происходит везде, ее последствия радикально различаются» [Collier, Venables, 2017, с. 355]. Большинство базовых постулатов современной урбанистики относительно внутренних закономерностей развития городов, особенностей формирования их функций и социально-культурной среды сформулировано на материале городов Западной Европы и Северной Америки, между тем существуют и другие, региональные варианты городского развития.

Один из регионов, где со всей очевидностью развитие городов отличается своеобразием – это

Арктика. В последнее десятилетие наблюдается буквально взрыв интереса исследователей к арктической урбанизации [Hansen et al., 2013; Heleniak, 2008, 2009; Jull, 2017; Arctic Human ..., 2015; Sustaining ..., 2016; Zamyatina, Goncharov, 2018a, 2018b; Пилясов, 2011a, 2011b, 2016; Бабурин, Земцов, 2015; Швайцер, 2016; Природные факторы ..., 2016; Бадина, 2017] и др.

С точки зрения роли городов в размещении постоянного населения Арктики такой интерес более чем оправдан: статистически типичный житель Арктики – горожанин. Большинство городского населения региона приходится на Россию, а в самой России Арктика – самая городская часть страны (в 2018 г. в Арктической зоне Российской Федерации 88,9% населения официально проживали в городах). Уровень урбанизации зарубежной Арктики

<sup>1</sup> Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет, кафедра социально-экономической географии зарубежных стран, канд. геогр. н., вед. науч. с.; *e-mail*: nadezam@yandex.ru

<sup>2</sup> Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», факультет городского и регионального развития, Высшая школа урбанистики имени А.А. Высоковского, канд. геогр. н., доцент; *e-mail*: rus.goncharov@gmail.com

ниже, однако и здесь более  $\frac{3}{4}$  населения также живут в городах [Arctic Human..., 2015]<sup>3</sup>.

Высокий уровень урбанизации Арктики в первом приближении можно объяснить суровыми природными условиями, препятствующими развитию сельского хозяйства и, следовательно, появлению сколько-нибудь значительного сельского (негородского) населения.

Однако и города в Арктике сталкиваются с многочисленными вызовами развития, которые можно разделить на две группы. Во-первых, это природные условия, затрудняющие строительство зданий и сооружений, эксплуатацию транспорта и иной техники, снижающие комфортность проживания. В их числе вечная мерзлота, низкие (и нередко быстро меняющиеся в течение короткого времени) температуры, большая сила ветра, полярная ночь и т. д. Не случайно одно из наиболее популярных направлений – это изучение жизнестойкости арктических городов (от англ. «arctic resilience»): с 2008 по 2017 гг. число публикаций по данным Google Scholar с данным словосочетанием увеличилось более чем вдвое – с 2 до 5 тысяч [Zamyatina, Goncharov, 2018b].

Но кроме природных, действуют и вторичные факторы, связанные с разреженностью самой сети арктических городов, часто и с их транспортной изоляцией от крупных экономических центров. В Арктике затруднены сетевые контакты между городами, т. е., по сути, экономическая основа современного городского развития [Горизонты исследований..., 2016]. Тема удаленности как негативного фактора экономического развития городов получила отдельное развитие [Huskey, Morehouse, 1992; Huskey, 2005, 2006; Berman, Howe, 2012; Berman, 2013; Замятина, Пилясов, 2017]. Аляскинский экономист М. Берман даже называет удаленность ключевым неприродным фактором развития Арктики [Berman, 2013]. Удаленность и транспортная изоляция отдельных городов от других поселений ослабляет возможность получения экономии на масштабе рынка и другие позитивные агломерационные эффекты, раскручивающие «маховик» городского развития согласно актуальной концепции новой экономической географии [Fujita et al., 1999].

Принимая во внимание подобные аргументы, можно усомниться в самой возможности существования арктических городов. Однако приведенная логика взята из работ, основанных на реалиях рыночной экономики. С точки зрения определений города, принятых в советское время, проти-

воречие исчезает: арктические города соответствовали районам добычи природных ресурсов и являлись их опорными или перевалочными пунктами на транспортных путях. Получив основной толчок к развитию в условиях плановой экономики, в последние десятилетия города российской Арктики столкнулись с рядом рыночных трудностей, обернувшихся для многих из них депопуляцией и экономическим упадком. Для понимания траекторий их возможного развития особый интерес представляют сравнения с аналогами в других арктических странах и разработка их интегральной типологии.

Разработка типологии арктических городов и является ключевой целью настоящего исследования. Необходимым условием ее достижения становится решение следующих задач: во-первых, определение границ зоны исследования и разработки универсальных критериев города, во-вторых, инвентаризация уровня арктической урбанизации в разных странах мира, в-третьих, определение оснований для разработки типологии. По итогам ее составления важным представляется анализ распространения выделенных типов в разных странах.

**Материалы и методы исследования.** В литературе и законодательстве разных стран встречаются различные варианты определения границ Арктики. Наиболее употребительные – это границы, определенные рабочей комиссией Арктического совета (АМАР), основанные, в первую очередь, на природных критериях, а также границы Арктики, используемые в выпусках Arctic Human Development Report (АНДР) [АНДР, 2004; Arctic Human, 2015]. В России используются официально принятые указом Президента РФ границы Арктической зоны Российской Федерации (АЗРФ)<sup>4</sup>. Все три границы не совпадают и пересекают друг друга (рис. 1). Сопоставление и подбор критериев для определения границы Арктики, очевидно, есть вопрос отдельного крупного и междисциплинарного исследования, поэтому для целей настоящей работы был выбран упрощенный, неоднократно апробированный авторами [Zamyatina, Goncharov, 2018a, b] вариант: под Арктикой понимается территория, лежащая к северу от самой южной (в каждой конкретной точке) из наиболее употребительных вариантов границ (АМАР, АНДР, АЗРФ)<sup>5</sup> – см. рис. 1.

Как известно, критерии выделения города различаются от страны к стране<sup>6</sup>. В настоящей работе в качестве единого порогового значения для отбора объектов исследования вслед за АНДР [АНДР,

<sup>3</sup> Исключения составляют Фарерские острова, Нунавут и Северо-Западные территории Канады.

<sup>4</sup> Последние изменения внесены Указом Президента РФ от 13 мая 2019 г. № 220 «О внесении изменений в Указ Президента Российской Федерации от 2 мая 2014 г. № 296 «О сухопутных территориях Арктической зоны Российской Федерации».

<sup>5</sup> В случае выбора варианта определения Арктики как территории, лежащей к северу от самой северной (в конкретной точке) из трех выбранных границ, количество городов, попадающих в Арктику, сокращается чуть ли не вдвое. Таким образом, парадокс арктической урбанизации отчасти разрешается более жестким определением границ Арктики. Однако и в этом случае задача изучения арктических городов не снимается – уровень урбанизации остается прежним, а закономерности из-за недостаточной выборки проявляются не столь явно.

<sup>6</sup> В целом по странам региона разброс составляет от 1 до 12,5 тысяч человек без учета дополнительных критериев, также в некоторых странах (например, в Швеции) законодательно не закреплено понятие «город».

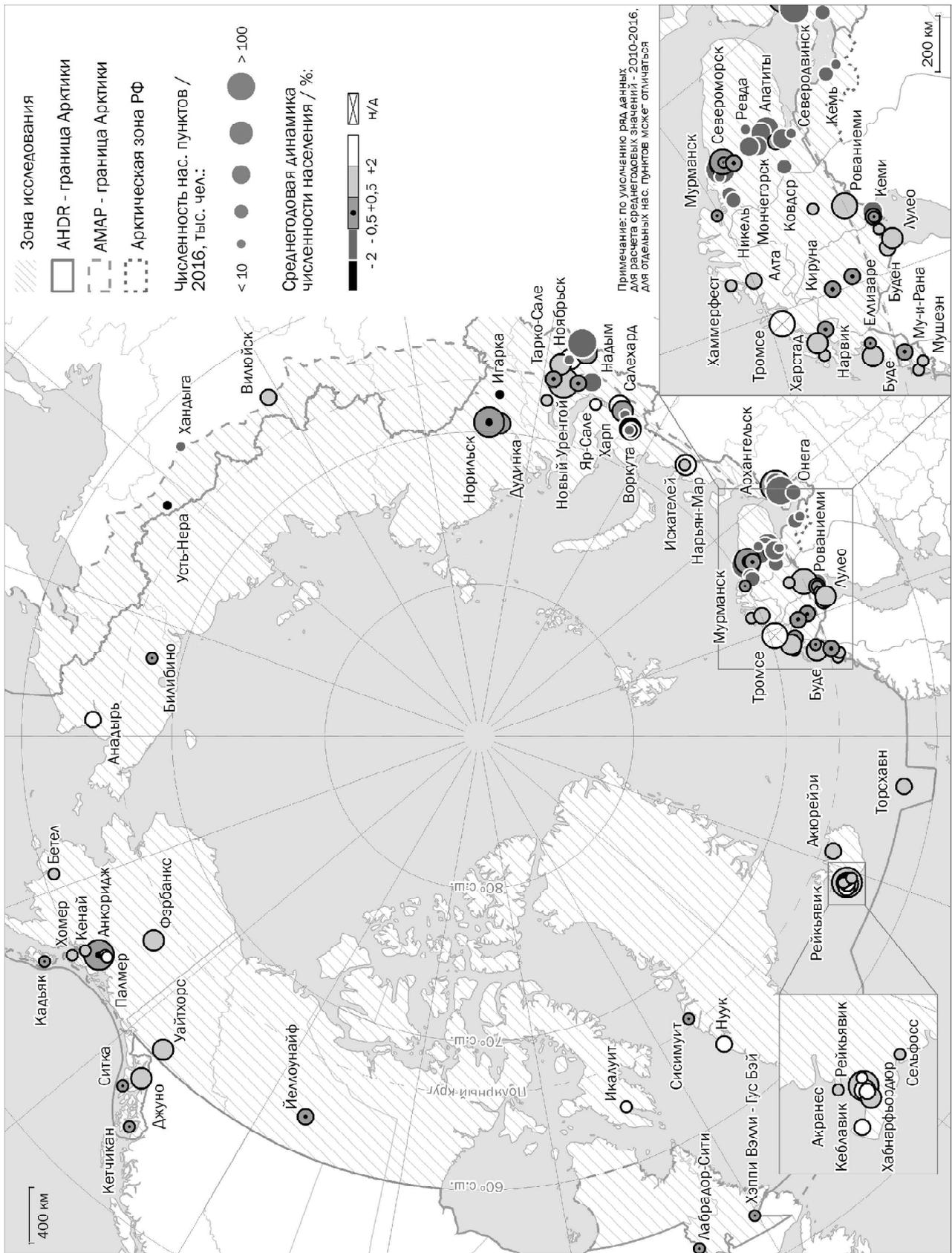


Рис. 1. Границы Арктики и динамика численности населения арктических городов. Составлено авторами

Fig. 1. Arctic borders and population dynamics of Arctic cities. Compiled by the authors

2004] был выбран критерий в 5 тыс. чел. (вне зависимости от официального статуса поселения). Не претендуя на переопределение самого понятия «город», будем считать именно это значение пороговым критерием крупного поселения в условиях Арктики, и именно эту категорию выберем в качестве объекта исследования. При таком подходе в исследование были включены некоторые российские населенные пункты, формально имеющие статус поселков городского (Усть-Нера, Вилюйск, Хандыга, Пурпе, Пангоды и др.) и сельского типа (Яр-Сале, Тазовский) и, наоборот, исключены из рассмотрения некоторые населенные пункты, формально имеющие статус города (например, Верхоянск в России и Доусон в Канаде<sup>7</sup>), многие небольшие поселки городского типа (например, Диксон с актуальным населением около 500 чел.).

Методические затруднения вызывает и то обстоятельство, что значительная часть статистических данных привязана не к городам как таковым, а к ячейкам статистического наблюдения или муниципального самоуправления, границы которых, как правило, не совпадают с границами городов. Так, например, в Финляндии в качестве низовых ячеек самоуправления выделяются коммуны (фин. *kunta*, швед. *kommun*), которые могут включать несколько населенных пунктов, в том числе деревни, подобно городским округам в России. Напротив, в Канаде статистика собирается по так называемым «канадским центрам населения» (*Canada's population centres (POPCTRs)*), выделяемым по единым для страны критериям (более 1 тыс. чел. и некоторые

дополнительные). Однако критерии города как единицы самоуправления свои в каждой провинции и территории и определяются традициями. В итоге, в качестве основного объекта исследования были выбраны муниципальные образования РФ и их зарубежные аналоги, детально методика освещена в предыдущих исследованиях авторов [Zamyatina, Goncharov, 2018a, b].

**Результаты исследования и их обсуждение.** По итогам пересчета городского населения по единым критериям уровень арктической урбанизации оказался в большинстве случаев ниже, чем обычно считается (табл. 1). Расхождение, очевидно, объясняется исключением из анализа городов (в России также поселков городского типа) с населением ниже порогового. В официальной статистике большинства арктических стран существует значительное количество населенных пунктов, формально считающихся городскими, но с точки зрения принятого в данной работе критерия таковыми не являющихся.

Объяснимое снижение уровня арктической урбанизации по сравнению с национальными оценками не снимает проблемы ее специфичности как таковой, в первую очередь, применительно к России, являющейся абсолютным лидером по численности городского населения в Арктике.

Как уже говорилось, город в Арктике возникает и функционирует в экстремальных природных и сложных экономических условиях. Поэтому предположим априори, что для существования арктического города необходимо наличие каких-то экстраординарных причин, перевешивающих огромные

Таблица 1

Урбанизация Арктики: результаты пересчета по единым критериям, 2016

Страна*	Население Арктики, тыс. чел.	Городское население, тыс. чел.	Оценка уровня урбанизации, %	Альтернативные оценки, % / источник
Россия	2677,0	2141,9	80,0	89/Росстат
Исландия	332,5	256,8	77,2	94/AHDR
США (Аляска)	741,5	422,8	57,0	57/AHDR
Финляндия	169,9	95,5	56,2	н/д
Швеция	191,7	102,0	53,2	н/д
Норвегия	466,5	213,3	45,7	69/AHDR
Канада	141,4	62,7	44,3	76/46/32**/AHDR
Гренландия	56,2	23,0	40,9	86/AHDR
Фарерские о-ва	49,1	13,0	26,5	42/AHDR
ИТОГО	4825,8	3331,0	69,0	н/д

\* Гренландия и Фарерские острова официально считаются датскими, фактическая степень их автономии во внутренней политике (которая продолжает увеличиваться) позволяет рассматривать их в качестве отдельных стран.

\*\* По территориям, соответственно: Юкон, Северо-Западные территории, Нунавут.

Составлено авторами по данным национальных статистических служб, отчетов AHDR.

<sup>7</sup> Население Доусона ниже официального порогового значения города в территории Юкон, однако специальным постановлением Доусону оставлено право именоваться «город Доусон» (*The City of Dawson*).

экономические издержки на его создание и поддержание жизнеспособности. Это могут быть особенные параметры или стратегическое положение конкретной бухты, заставляющие предпочитать именно ее на протяжении сотен километров безлюдного побережья, уникальные по объему запасов месторождения и т. д. Ослабление влияния условий, вызвавших к жизни город, зачастую приводит к его упадку, как это произошло, например, с Игаркой, утратившей роль экспортного порта с прекращением вывоза сибирского леса по Северному морскому пути.

В литературе не раз рассматривались особенности специализации арктических городов – в большинстве случаев речь идет о центрах добычи (иногда также первичной переработки) сырья, при этом нередко акцент делается на монопрофильной специализации арктических городов. В последние годы появились работы о роли *административного фактора* развития поселений в удаленных районах, в частности, в Арктике [Huskey, Taylor, 2016]. Сочетание «столицы – монопрофильные сырьевые центры – транспортные узлы» стало отправной точкой для составления нашей типологии, однако, далее были внесены существенные изменения.

Главный лимитирующий фактор при разработке методики исследования – отсутствие сопоставимой статистики на городском уровне во всех изучаемых странах. В связи с этим исследование основано на кластеризации выделенных городов по специфическим основаниям – маркирующим функциям.

Так, очевидно, что большое влияние на развитие городов (и в том числе на их жизнестойкость) оказывает их положение внутри или вне агломераций. Отдельно стоящие города в полной мере испытывают на своем развитии фактор удаленности, тогда как целый ряд городов в Арктике являются пригородами более крупных населенных пунктов с вытекающими положительными (например, для населения и предпринимателей – доступность более широкого спектра услуг в более крупном городе) и отрицательными (конкуренция более крупного города на рынке труда и др.) факторами развития. С учетом редкой сети населенных пунктов в Арктике в целом, в данной работе был применен очень условный критерий *принадлежности к периферии городской агломерации* (и, соответственно, очень расширительная трактовка самой городской агломерации), основанный только на расстоянии. Принадлежность к периферии городской агломерации определялась по признаку наличия более крупного по численности населения города в радиусе 150 км от рассматриваемого. При выборе порогового значения учитывались результаты личного полевого опыта изучения социально-экономических связей примерно двух десятков северных городов [Замятина, Пилясов, 2013].

В условиях Арктики, зачастую бездорожной, транспортные узлы – это, как правило, морские порты, поэтому в качестве второго критерия для типо-

логии было взято именно *наличие порта* (население портовых городов в исследуемой совокупности составляет 2,2 млн чел., или 2/3 от всего городского населения Арктики, выделенного по нашей методике). Самые крупные арктические города – в России (Мурманск, Архангельск) и за рубежом (Анкоридж, Рейкьявик, Тромсё, Будё) – портовые. В целом многие города региона расположены «на входе» в сухопутные районы Арктики с моря. Интересные исключения составляют здесь уже упомянутые Мурманск и Архангельск: эти города расположены не столько «на входе» в свои регионы (оба региона обладают железно- и автодорожной сетью, обеспечивающей надежную транспортную связь с остальными районами страны), сколько «на выходе»: это базы перевалки морских грузов практически для всех остальных районов российской Арктики (в советское время эти функции были выражены даже ярче в силу более активного использования Северного морского пути для снабжения городов Крайнего Севера).

Очевидно, что существенную часть составляют арктические города при *военных базах* – но выделение в отдельную категорию городов стратегического назначения в целом по мировой Арктике затруднено: если в России можно опереться, в первом приближении, на статус ЗАТО, то за рубежом информация не всегда доступна, и кроме того, многие стратегические объекты привязаны к «гражданским» городам, например, военные аэродромы близ Тромсё, Анкориджа и др. Поэтому ЗАТО было решено условно считать моноотраслевыми городами со специфической отраслью специализации, не выделяя отдельного типа или подтипа стратегических городов.

Важным новым критерием при составлении типологии стало *наличие университета или иного высшего учебного заведения (кроме филиалов)*. С одной стороны, введение данного критерия обусловлено общей тенденцией усиления роли экономики знания, в том числе и в Арктике [Замятина, Пилясов, 2018], с другой – анализом траекторий развития конкретных городов Арктики. Так, например, для Фэрбанкса университет стал «спасательным кругом» экономики после завершения золотой лихорадки уже в начале XX в. Специализация большинства существующих в Арктике университетов и научно-исследовательских центров ориентирована на выработку специфического знания, связанного с преодолением негативного воздействия природных условий полярных территорий (арктическая медицина, климатология и т. п.) и использования местных ресурсов (геология, науки об океане, полярное сельское хозяйство и т. д.). Поэтому развитие центров выработки специфических арктических знаний и компетенций вполне можно отнести к числу факторов, перевешивающих неблагоприятную среду развития городов, в том числе и после ослабления роли, например, добычи полезных ископаемых (Фэрбанкс).

Таким образом, в качестве финальных признаков типологии были выбраны следующие: *наличие*

вуза<sup>8</sup>, наличие статуса административного центра, принадлежность к периферии городской агломерации (города-пригороды). Параметр прибрежного положения (расстояние до береговой линии) применялся для выделения подтипов.

Не соответствующие ни одному из критериев города были методом исключения отнесены к четвертому типу (в котором, как и в других типах были выделены приморские и внутриконтинентальные).

Критерий наличия научных и высших учебных учреждений позволил почти однозначно выделить ключевые экономические центры регионального и национального уровня. Преимущественно это наиболее крупные арктические города, за исключением столиц небольших по населению стран или регионов (Фарерские острова и Гренландия, де-юре относящиеся к Дании). Малая численность населения не отрицает ведущей роли городов (соответственно, Торсхавн и Нуук) в местной экономике.

В итоге, были выделены четыре основных типа арктических городов: ключевые многофункциональные центры (по признаку наличия вуза), периферийные административные центры, города-пригороды разной специализации и удаленные промышленные центры с несколькими подтипами каждый (рис. 2, табл. 2).

Получившееся распределение арктических городов разных типов по странам неравномерно (табл. 3). Особенно ярко выделяется специфика России по доле удаленных от других городских центров промышленных городов (5 из 7). Это, по сути, монопрофильные города при месторождениях, а также большинство внутриконтинентальных городов-пригородов<sup>9</sup>. При этом третья категория – внутриконтинентальные города-пригороды более крупных городских центров – оказываются и наиболее уязвимыми. Именно в этих населенных пунктах отмечается, в среднем, наибольшая отрицательная динамика численности населения. Что характерно, в эту категорию попали бы и ранее ликвидированные и расселенные поселки – пригороды Воркуты (например, Хальмер-Ю). Динамика численности населения подтипа удаленных внутриконтинентальных городов (города при месторождениях) близка к нулю (рост численности населения ямальских нефтегазодобывающих городов компенсирует депопуляцию более ранних угле- и горнодобывающих)<sup>10</sup>.

Здесь ярко проявляется большая монопрофильность российской городской Арктики в целом. За рубежом большинство месторождений разрабатывается вахтовым методом, а если при них и возник-

ают города, то численность их населения не превышает 25 тыс. чел. (Кируна в Швеции) или даже 10 тыс. чел. (Лабрадор-Сити в Канаде), и они почти не имеют своих городов-спутников вроде Уренгоя, Муравленко и Воргашора. Благополучие таких городов, очевидно, в значительной степени зависит от циклов жизни соответствующих месторождений, и, таким образом, два подтипа внутриконтинентальных городов – удаленные крупные города, не имеющие статуса административных столиц и вузов, и особенно их пригороды – можно считать наиболее потенциально проблемными. Для более детального анализа перспектив здесь большое значение имеет наличие железнодорожного и автомобильного сообщения.

Очевидная «гипертрофия» российских сырьевых городов по сравнению с зарубежными аналогами может иметь различную природу. С одной стороны, очевидно влияние советских идеологических установок на целенаправленное заселение Крайнего Севера, не соответствующее рыночным реалиям. Смена принципов хозяйствования в условиях Севера, произошедшая в нашей стране в 1990-е годы, привела к радикальному пересмотру подхода к городам как к локальным базам освоения крупных ресурсов: новые города практически перестали создаваться в ресурсных районах. Это очень хорошо видно на примере освоения нефтегазовых запасов Ненецкого округа, где масштабная добыча началась только в 1990-е годы. Легко предположить, что если бы это произошло десятилетием раньше, то по советским образцам освоения территории здесь должны были возникнуть новые города – например, у ключевых для округа месторождений Харьгинское и Варандей. Однако в рыночных условиях вместо новых городов широкое распространение получили вахтовые поселки. Некоторые из них по размеру уже сопоставимы с городами – так, Сабетта на полуострове Ямал (ЯНАО) насчитывает не менее 22 тыс. занятых [Официальный сайт Президента РФ, 2016], причем в СМИ встречаются оценки, на треть превышающие данную цифру: в споре говорить об особом феномене вахтовых поселков и сразу возникающем вопросе возможностей их отнесения к городам (не по форме, а по сути), однако – это тема для отдельного исследования.

С другой стороны, многие ресурсные города зарубежных стран находятся в относительной близости к другим городским центрам (особенно в Скандинавии), и в условиях возможности получения ряда услуг в соседних городах (например, образо-

<sup>8</sup> Филиалы не учитывались. Город Апатиты, где расположен Кольский научный центр РАН, а также, с большой долей условности – Норильск, где десятилетиями функционирует Норильский индустриальный институт (ныне Норильский государственный индустриальный институт), где сложилась мощная школа проектировки зданий и сооружений в условиях вечной мерзлоты, были отнесены к категории университетских.

<sup>9</sup> Для более детального анализа, возможно, целесообразно выделить подгруппы внутриконтинентальных пригородов крупных портовых городов (например, Молочное, Уасилла), и непортовые пригороды внутриконтинентальных городов (Воргашор, Муравленко).

<sup>10</sup> Динамика численности населения арктических городов носит сложный характер и отличается, как правило, высоким валовым объемом одновременно как входящей, так и исходящей миграции [Zamyatina, Goncharov 2018-a, 2018-b; Vlasova, Petrov, 2010].

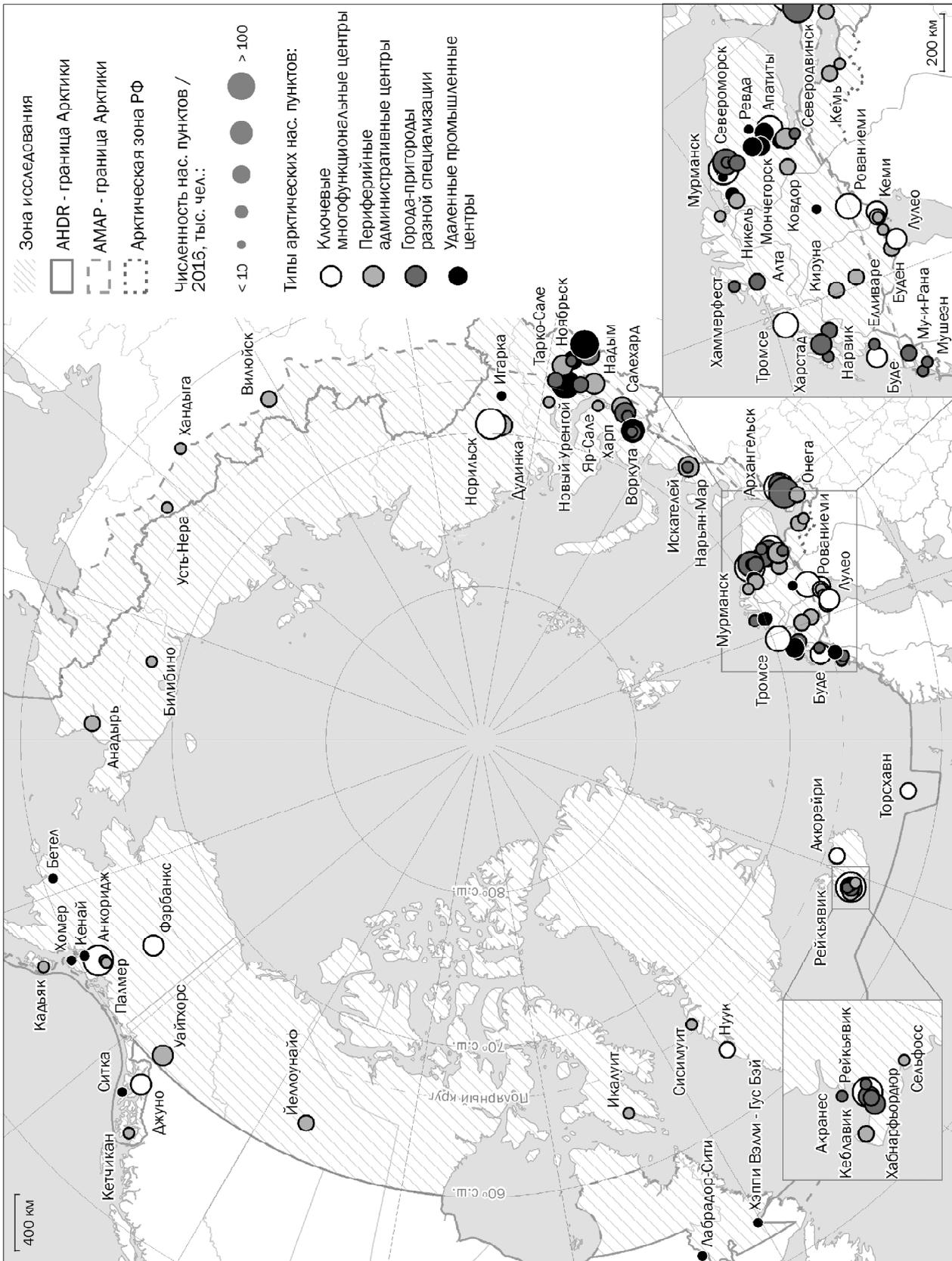


Рис. 2. Типы городов Арктики. Составлено авторами  
 Fig. 2. Types of Arctic cities. Compiled by the authors

## Типы

1. Ключевые многофункциональные (университетские) центры			2. Периферийные административные центры		
Название	Страна	Население, тыс. чел.	Название	Страна	Население, тыс. чел.
<i>1а. Портовые университетские столицы национального и регионального уровня</i>			<i>2а. Портовые регионального уровня</i>		
Архангельск	Россия	351 226	Салехард	Россия	48 467
Мурманск	Россия	301 572	Нарьян-Мар	Россия	24 535
Рейкьявик	Исландия	122 198	Анадырь	Россия	14 899
Тромсе	Норвегия	64 448	Вадсё	Норвегия	5 107
Лулео	Швеция	43 574	<i>2б. Внутриконтинентальные регионального уровня</i>		
Будё	Норвегия	40 209	Уайтхорс	Канада	21 732
Джуно	США	32 756	Йеллоунайф	Канада	18 884
Нуук	Гренландия	17 600	Икалуит	Канада	7 082
Торсхавн	Фарерские о-ва	12 984	<i>2в. Портовые районного уровня</i>		
<i>1б. Внутриконтинентальные университетские столицы</i>			Кандалакша	Россия	32 592
Рованиemi	Финляндия	52 128	Дудинка	Россия	21 978
<i>1в. Нестолочные портовые университетские города</i>			Онега	Россия	19 706
Анкоридж	США	298 695	Кемь	Россия	11 775
Акюрейри	Исландия	18 235	Кола	Россия	9 735
			Беломорск	Россия	9 678
			Кетчикан	США	8 197
			Тазовский	Россия	7 518
			Каликс	Швеция	7 495
			Сельфосс	Исландия	7 130
			Яр-Сале	Россия	7 030
			Хапаранда	Швеция	6 679
			Кадьяк	США	6 253
			Сисмиут	Гренландия	5 414
<i>1г. Нестолочные внутриконтинентальные университетские города</i>			<i>2г. Внутриконтинентальные районного уровня</i>		
Норильск	Россия	177 428	Надым	Россия	44 940
Апатиты	Россия	56 730	Тарко-Сале	Россия	21 448
Фэрбанкс	США	32 325	Ковдор	Россия	17 110
Кеми	Финляндия	21 021	Кируна	Швеция	17 037
Торнио	Финляндия	17 046	Будё	Швеция	16 830
			Никель	Россия	12 082
			Виллойск	Россия	10 744
			Елливаре	Швеция	10 362
			Палмар	США	6 788
			Хандыга	Россия	6 291
			Усть-Нера	Россия	5 597
			Билибино	Россия	5 453

Таблица 2

городов

Города-пригороды разной специализации			Удаленные промышленные центры		
Название	Страна	Население, тыс. чел.	Название	Страна	Население, тыс. чел.
<i>3а. Портовые</i>			<i>4а. Портовые</i>		
Северодвинск	Россия	185 075	Харстад	Норвегия	20 793
Североморск	Россия	51 004	Му-и-Рана	Норвегия	18 555
Новодвинск	Россия	38 906	Алта	Норвегия	14 737
Коупавогюр	Исландия	35 242	Ситка	США	8 863
Хабнарфьордюр	Исландия	28 698	Кенай	США	7 661
Лабытнанги	Россия	26 331	Бетел	США	6 450
Полярный	Россия	17 296	Хэппи Вэлли - Гус Бэй	Канада	6 408
Нарвик	Норвегия	14 279	Хомер	США	5 515
Мурмаши	Россия	13 817	Игарка	Россия	4 975
Гардабайр	Исландия	12 548			
Гаджиево	Россия	12 532			
Мушеэн	Норвегия	9 820			
Мосфедльсбайр	Исландия	9 444			
Хаммерфест	Норвегия	7 938			
Искателей	Россия	7 203			
Акранес	Исландия	7 040			
Видяево	Россия	6 303			
Феуске	Норвегия	6 138			
Саннесшеэн	Норвегия	6 069			
Зеленоборский	Россия	5 846			
Сафоново	Россия	5 287			
Сортланн	Норвегия	5 240			
<i>3б. Внутриконтинентальные</i>			<i>4б. Внутриконтинентальные</i>		
Мончегорск	Россия	42 893	Новый Уренгой	Россия	111 163
Муравленко	Россия	32 649	Ноябрьск	Россия	106 631
Кировск	Россия	26 971	Воркута	Россия	59 231
Оленегорск	Россия	21 097	Губкинский	Россия	27 346
Полярные Зори	Россия	14 794	Заполярный	Россия	15 211
Снежногорск	Россия	12 650	Лабрадор-Сити	Канада	8 622
Пангоды	Россия	10 597	Соданкюля	Финляндия	5300
Воргашор	Россия	10 450			
Уренгой	Россия	10 190			
Заозерск	Россия	9 872			
Пурпе	Россия	9 483			
Уасилла	США	9 284			
Северный	Россия	8 481			
Ревда	Россия	7 822			
Харп	Россия	6 193			
Молочный	Россия	5 061			

Таблица 3

## Основные показатели подтипов арктических городов (по расчетам авторов – по данным 2016 г.)

Подтип	Общее население, тыс. чел.	Средняя численность населения, тыс. чел.	Среднегод. динамика численности населения*, %	Кол-во городов, шт.	Из них в России, шт.
<i>Ключевые многофункциональные (университетские) центры</i>					
1а Портовые столицы национального и регионального уровня	986,6	109,6	0,81	9	2
1б Внутриконтинентальные университетские столицы	52,1	52,1	0,62	1	0
1в Нестоличные портовые университетские города	316,9	158,5	0,69	2	0
1г Нестоличные внутриконтинентальные университетские города	304,6	60,9	-0,15	5	2
<i>Периферийные административные центры</i>					
2а Портовые национального и регионального уровня	93,0	23,3	1,71	4	3
2б Внутриконтинентальные регионального уровня	47,7	15,9	1,24	3	0
2в Портовые районного уровня	177,4	11,8	0,25	15	8
2г Внутриконтинентальные районного уровня	174,7	14,6	-0,07	12	8
<i>Города-пригороды разной специализации</i>					
3а Портовые города-пригороды	512,1	23,3	0,76	22	11
3б Внутриконтинентальные города-пригороды	238,5	14,9	-0,53	16	15
<i>Удаленные промышленные центры</i>					
4а Портовые	94,0	10,4	0,35	9	1
4б Внутриконтинентальные	333,5	47,6	0,08	7	5
ИТОГО	3331,0	45,2	0,45	105	55

\* Среднегодовые – на основании имеющихся данных. По умолчанию ряд данных для расчета – 2010–2016 гг. Для отдельных населенных пунктов может отличаться ввиду отсутствия релевантной статистики.

Составлено по данным расчетов авторов.

вания, медицины и даже отдельных торгово-бытовых) вполне возможно их существование в монопрофильном варианте.

Среди удаленных городов зарубежных стран преобладают портовые, что отражает, в целом, более приморскую среду зарубежной Арктики. Среди них выделяются старинные города – ранние центры колонизации Аляски, в частности, Ситка, первая (российская) столица Аляски, которая в настоящий момент является центром рыболовства и туризма, но даже не является центром боро (аналог района).

В современной России, напротив, зачастую именно внутриконтинентальные сырьевые города являются единственным центром освоения (в широком смысле) обширных территорий. Парадоксально, но в 1930–50-е годы (когда транспортная инфраструктура была еще крайне неразвита) такие ресурсные по основной специализации города создавались как настоящие форпосты колонизации с полным набором городских функций: здесь развивались научные исследования, культурные учреждения (например, свой театр: Норильск, Воркута), спортивная, образовательная, медицинская инфраструктура, сельское хозяйство. Феномен ранних арктических городов СССР – это не просто гипертрофия сырьевых городов, это – *комплексные форпосты освоения*. В 1970-е годы в связи с возобладанием ведомственной модели освоения и одновременно с разви-

тием транспорта, облегчившим коммуникацию с городами основной зоны расселения, комплексный характер городов Крайнего Севера стал размываться: Новый Уренгой и Ноябрьск по набору локальных функций парадоксально беднее Норильска и Воркуты (учреждения культуры, образования и др.).

Преобладание вахтового метода в освоении месторождений в зарубежной Арктике отнюдь не мешает развиваться административным, логистическим и университетским центрам. Многие административные центры, в том числе и в России, несут в числе прочих и промышленные функции – нередко это старинные поселения, ставшие опорной базой на очередном витке освоения Арктики (например, Надым). Данные убедительно показывают, что в *арктических городах с высоким административным статусом наблюдается наиболее устойчивый рост численности населения*. Именно в этих городах, равно как и в целом в многофункциональных центрах, активнее развивается арктический туризм, а также некоторые направления промышленного сервиса, например, тестирование техники на предмет устойчивости к арктическим климатическим условиям (Йеллоунайф).

В данном случае административный статус можно рассматривать как «якорный» актив, в отсутствие плотной системы населенных пунктов обеспечивающий некоторую диверсификацию экономики.

Доля арктических городов России среди университетских/вузовских центров существенно меньше. Включение в эту категорию Норильска довольно условно и связано в большей степени с накопленным в советские годы объемом научных работ и сохранением местного вуза, чем с наработкой специализированного арктического знания. Ключевых многофункциональных центров в России всего 4 из 16: на фоне мировой Арктики Россия явно отстает с точки зрения развития базы арктической экономики знания.

Очевидно, что удаленные, но мощные города при месторождениях в настоящее время неоправданно недоразвиты в качестве городских баз окружающей территории (административных, информационных, научно-образовательных центров). В перспективе, по мере снижения роли ресурсных отраслей, именно классические городские функции предоставления услуг для окружающей территории могли бы стать основой их диверсификации и сохранения (при этом, по всей вероятности, при сокращении общей численности их населения). Таким образом, основа жизнестойкости удаленных промышленных центров в длительной перспективе – это переориентация их экономики в сторону окружающей территории, развитие местно востребованных услуг, в первую очередь, научных, образовательных.

Перспективность развития арктических многофункциональных городов может быть объяснена и теоретически. В силу экстраординарности почти каждого арктического города, контрасты между городами и окружающей территорией в Арктике радикально острее, чем в более плотно населенных регионах. Городам противопоставляется местность с крайне разреженной сетью сельских поселений. Зачастую можно говорить об очень специфической территории мобильности, где вместо стационарных сельских населенных пунктов распространены мобильные формы расселения и хозяйствования – виды кочевого традиционного хозяйства коренных народов, вахтовые поселки ресурсных корпораций и промышленные объекты, обслуживаемые в удаленном режиме; малолюдные стационарные поселки встречаются здесь существенно реже, чем в более плотно освоенных районах.

В этой контрастной среде существенно мощнее ощущается широко освещенный Кругманом

эффект возрастающей отдачи [Krugman, 1991; Пилиясов, 2011а]. Даже небольшой по размерам город в Арктике уже самим фактом своего существования получает мощное преимущество освоенности (наличие ресурсов отопления, хоть какой-то периодической транспортной, информационной связи с внешним миром и др.). Здесь в большей степени концентрируются городские функции, чем в аналогичном по численности населенном пункте средней полосы. Такие города вбирают часть функций, которые в неарктических условиях были бы рассредоточены в пространстве (в частности, интенсивное сельскохозяйственное производство, функции обслуживания населения и производства, социальные и административные функции и др.).

Таким образом, интерес к арктической урбанизации со стороны географической науки оправдан не только возрастающей ролью городов в мировом хозяйстве и осознанием этой роли, но и возможностью выхода на фундаментальные закономерности городского развития, которые в силу экстремальности условий Арктики проявляются здесь ярче и контрастнее.

#### **Выводы:**

– большинство городов как российской, так и зарубежной Арктики – административные, портовые, сервисные, или университетские центры, для части городов важны стратегические функции;

– российская практика показывает уникальные примеры развития относительно крупных, 100-тысячных промышленных городов в высоких широтах. Однако исходя из наблюдаемых тенденций можно ожидать некоторого выравнивания функций арктических городов в нашей стране и за рубежом. В перспективе можно ожидать роста преимущественно административных центров активно развивающихся регионов, возможно расширение научных функций, тогда как численность узкоспециализированных ресурсных городов будет, по-видимому, уменьшаться;

– для смягчения рисков, связанных с монопрофильной структурой экономики наиболее крупных ресурсных городов Российской Арктики, не обладающих статусом региональных столиц, целесообразно расширение их функций за счет развития обслуживающих отраслей, расширения их научно-исследовательской базы и т. д.

**Благодарности.** Статья подготовлена при поддержке гранта РФФИ № 18-05-60088 «Устойчивость развития Арктических городов в условиях природно-климатических изменений и социально-экономических трансформаций».

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Бабурин В.Л., Земцов С.П. Эволюция системы городских поселений и динамика природных и социально-экономических процессов в Российской Арктике // Региональные исследования. 2015. Т. 50. № 4. С. 76–83.

Бадина С.В. Количественная оценка уязвимости социально-экономического потенциала Российской Арктики в зоне дег-

радации вечной мерзлоты // Региональные исследования. 2017. № 3(57). С. 107–116.

Замятина Н.Ю., Пилиясов А.Н. Новая теория освоения (пространства) Арктики и Севера: полимасштабный междисциплинарный синтез // Арктика и Север. 2018. № 31. С. 5–27.

Замятина Н.Ю., Пилясов А.Н. Концепция близости: зарубежный опыт и перспективы применения в России // Известия Российской академии наук. Серия географическая. 2017. № 3. С. 8–21.

Замятина Н.Ю., Пилясов А.Н. Россия, которую мы обрели: исследуя пространство на микроуровне. Москва: Новый Хронограф, 2013. 548 с.

Колосов В.А., Гречко Е.А., Мироненко К.В., Самбунова Е.Н., Слука Н.А., Тикунова И.Н., Ткаченко Т.Х., Федорченко А.В., Фомичев П.Ю. Горизонты исследований в области географии мирового хозяйства // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5. Геогр. 2016. № 1. С. 3–12.

Пилясов А.Н. Города-базы Арктического фронта // Вопросы географии. № 141. Проблемы регионального развития России. М.: Издательский дом Кодекс, 2016. С. 503–529.

Пилясов А.Н. Новая экономическая география (НЭГ) и ее потенциал для изучения размещения производительных сил России // Региональные исследования. 2011а. № 1. С. 3–31.

Пилясов А.Н. Города Российской Арктики: сравнение по экономическим индикаторам // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5. Геогр. 2011б. № 4. С. 64–69.

Природные факторы развития урбанизированных пространств Арктической зоны России / В.Л. Бабулин, М.Д. Горячко, С.П. Земцов, С.В. Бадина // Вопросы географии. 142: География полярных районов. Т. 142. География полярных регионов. Москва: ООО Издательский дом «Кодекс», 2016. С. 47–56.

Швайцер П. Коренные народы и урбанизация на Аляске и на Канадском Севере // Этнографическое обозрение. 2016. № 1. С. 10–22.

Arctic Human Development Report: Regional Processes and Global Linkages, Larsen J., Fondahl G. (Eds.), Copenhagen: Nordisk Ministerred, 2015, 507 p.

Berman M., Howe L. Remoteness, Transportation Infrastructure and Urban-Rural Population Movements in the Arctic, Proc. of the International Conference on Urbanisation of the Arctic. Nuuk, Greenland, August 2012, Stockholm: Nordregio, 2012, p. 108–122.

Collier P., Venables A. Urbanization in developing economies: The assessment. Oxford Review of Economic Policy, 2017, no. 33(3), p. 355–372.

Fujita M., Krugman P., Venables A.J. The Spatial Economy: Cities, Regions, and International Trade. The MIT Press, 1999, 367 p.

Hansen K., Rasmussen R., Weber R. Nordregio Working Paper No. 6. Proc. of the First International Conference on Urbanisation, Arctic Conference, Ilimmarfik, Nuuk, Greenland, 28–30 August 2012, 2013.

Heleniak T. Changing Settlement Patterns across the Russian North at the Turn of the Millennium. Russia's Northern Regions on the Edge: Communities, Industries and Populations from Murmansk to Magadan, Tykkylainen M., Rautio V. (Eds.), Kikimora Publications University of Helsinki: Helsinki, Finland, 2008, p. 25–52.

Heleniak T. Growth Poles and Ghost Towns in the Russian Far North, Russia and the North, Wilson Rowe E. (Ed.), University of Ottawa Press: Ottawa, 2009, p. 129–163.

Huskey L. Challenges to Economic Development: Dimensions of «Remoteness» in the North, Polar Geography, 2005, vol. 29, no. 2, p. 119–125.

Huskey L. Limits to growth: remote regions, remote institutions, Annals of Regional Science, 2006, vol. 40, p. 147–155.

Huskey L., Morehouse Th.A. Development in remote regions: What do we know? Arctic, 1992, no. 45(2), p. 128–137.

Huskey L., Taylor A. The dynamic history of government settlements at the edge, Settlements at the Edge. Remote Human Settlements in Developed Nations, Edward Elgar Publishing: Cheltenham, UK, Northampton, MA, USA, 2016, p. 25–48.

Jull M. The improbable city: adaptations of an Arctic metropolis, Polar Geography, 2017, no. 40(4), p. 291–305.

Krugman P. Increasing Returns and Economic Geography, Journal of Political Economy, 1991, vol. 99, no. 3, p. 483–499.

Sustaining Russia's Arctic Cities: Resource Politics, Migration, and Climate Change. Orttung R. (Ed.), 2016, New York: Berghahn Books.

Vlasova T., Petrov A. Migration and socio-economic well-being in the Russian north: interrelations, regional differentiation, recent trends and emerging issues, Migration in the Circumpolar North, CCI Press in cooperation with the University of the Arctic Lakehead University, Thunder Bay, Ontario, Canada, 2010, p. 163–193.

Zamyatina N., Goncharov R. Population mobility and the contrasts between cities in the Russian Arctic and their southern Russian counterparts. Area Development and Policy, 2018a, no. 3, p. 293–308.

Zamyatina N., Goncharov R. Arctic urbanization: resilience in a condition of permanent instability. The case of Russian Arctic cities. Resilience and Urban Disasters Surviving Cities, Borsekova K., Nijkamp P. (Eds.), New Horizons in Regional Science series, Edward Elgar Publishing Ltd Cheltenham, UK, 2018b, p. 136–154.

Электронные ресурсы

Официальный сайт Президента РФ // События. Встреча с председателем правления компании «НОВАТЭК» Леонидом Михельсоном. 14 ноября 2016 года. 14:30 : URL: <http://www.kremlin.ru/events/president/news/53251> (дата обращения 05.04.2020).

AHDR (Arctic Human Development Report) 2004. Akureyri: Stefansson Arctic Institute. 235 p. : URL: <https://www.sdwg.org/wp-content/uploads/2016/04/Arctic-Human-Development-Report-2004.pdf> (дата обращения 05.04.2020).

Berman M. Remoteness and Mobility: Transportation Routes, Technologies, and Sustainability in Arctic Communities. Working paper. 2013 : URL: [https://www2.gwu.edu/~ieresgwu/assets/docs/Berman\\_Remoteness\\_mobility.pdf](https://www2.gwu.edu/~ieresgwu/assets/docs/Berman_Remoteness_mobility.pdf) (дата обращения 25.11.2019).

Поступила в редакцию 21.05.2019

После доработки 14.10.2019

Принята к публикации 06.03.2020

N.Yu. Zamyatina<sup>1</sup>, R.V. Goncharov<sup>2</sup>

#### ARCTIC URBANIZATION: A PHENOMENON AND A COMPARATIVE ANALYSIS

The article provides a comparative assessment of the level of urbanization within the Arctic territories of the world according to common criteria. All settlements of the Arctic with population exceeding 5,000 people are analyzed, regardless of their status. The border of the Arctic coincides with the southernmost of three options most often used in the international studies on the socio-economic geography of the Arctic. According to the results of the assessment, the level of urbanization in many regions of foreign Arctic is lower than the estimates given in relevant scientific literature. Specific features of the development of

<sup>1</sup> Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Department of Social-Economic Geography of Foreign Countries, Leading Scientific Researcher, PhD in Geography; e-mail: nadezam@yandex.ru

<sup>2</sup> National Research University Higher School of Economics, Faculty of Urban and Regional Development, Vysokovsky Graduate School of Urbanism, Associate Professor, PhD in Geography; e-mail: rus.goncharov@gmail.com

Arctic cities are considered, the main types of cities in the Russian and foreign Arctic are identified. While choosing the typology criteria, the following factors were taken into account: the influence of remoteness from other urban centers on the economic development (the importance of this factor is high in the Arctic due to the rare urban network); factors of socio-economic development in the «knowledge economy» era; transport and geographical location etc. As a result, three main criteria were chosen, i. e. the presence of its own university, administrative status, location within the agglomeration of a larger city. Four types of Arctic cities were identified: 1. Key multifunctional (university) cities. 2 Peripheral administration centers. 3. Suburban cities of different specializations. 4. Remote industrial centers. The criterion of coastal position was used to distinguish subtypes. As a rule, cities of the first type have the status of a national or regional administrative capital (with some exceptions), and are university cities. Almost half of the urban population of the Arctic lives in such cities (Murmansk, Arkhangelsk, Anchorage, Tromsø, Reykjavik, etc.). The second type includes regional capitals without their own university (Salekhard, Yellowknife, etc.). The cities of the third type are mainly concentrated around the cities of the first type (Murmansk, Wasilla, etc.). Finally, the fourth type of cities embraces remote cities that do not have either capital status or an independent university. This group includes mainly cities located near the mineral deposits (Novy Urengoy, Labrador City, etc.). The specific feature of the Russian Arctic is a higher proportion of inland (non-port) suburban cities (most rapidly losing population) and remote industrial centers (conditionally «cities near deposits»). The foreign Arctic has a high proportion of the cities of the first type (capital university cities).

*Key words:* Arctic, urban population, cities of the world

**Acknowledgements.** The study was financially supported by the Russian Foundation for Basic Research (project № 18-05-60088 «Urban Arctic resilience in the context of climate change and socio-economic transformations»).

## REFERENCES

- Arctic Human Development Report: Regional Processes and Global Linkages*, Larsen J., Fondahl G. (Eds.), Copenhagen, Nordisk Ministerråd, 2015, 507 p.
- Badurin V.L., Goryachko M.D., Zemtsov S.P., Badina S.V. Natural factors of development of urbanized spaces in the Arctic zone of Russia. *Voprosy geografii, № 142. Geografiya polyarnykh raionov* [Geography issues, no 142: Geography of Polar regions], Moscow, Kodeks Publ., 2016, p. 47–56. (In Russian)
- Badurin V.L., Zemtsov S.P. Evolyuciya sistemy gorodskih poselenii i dinamika prirodnyh i social'no-ekonomicheskikh processov v Rossiiskoi Arktike [The evolution of urban settlements and the dynamics of natural and socio-economic processes in the Russian Arctic], *Regional'nye issledovaniya*, 2015, vol. 50, no. 4, p. 76–83. (In Russian)
- Badina S.V. Kolichestvennaya ocenka uyazvimosti social'noekonomicheskogo potenciala Rossiiskoi Arktiki v zone degradacii vechnoi merzloty [Quantification of Russia Arctics socio-economic potential vulnerability in the zone of permafrost degradation], *Regional'nye issledovaniya*, 2017, no. 3(57), p. 107–116. (In Russian)
- Berman M., Howe L. Remoteness, Transportation Infrastructure, and Urban-Rural Population Movements in the Arctic, *Proc. of the International Conference on Urbanisation of the Arctic*, Nuuk, Greenland, August 2012, Stockholm: Nordregio, 2012, p. 108–122.
- Collier P., Venables A. Urbanization in developing economies: The assessment. *Oxford Review of Economic Policy*, 2017, vol. 33(3), p. 355–372.
- Fujita M., Krugman P., Venables A.J. *The Spatial Economy: Cities, Regions, and International Trade*. The MIT Press, 1999, 367 p.
- Hansen K., Rasmussen R., Weber R. Nordregio Working Paper No. 6. *Proc. of the First International Conference on Urbanisation, Arctic Conference*, Ilmimarfik, Nuuk, Greenland, 28–30 August 2012, 2013.
- Heleniak T. Changing Settlement Patterns across the Russian North at the Turn of the Millennium. *Russia's Northern Regions on the Edge: Communities, Industries and Populations from Murmansk to Magadan*, Tykkyläinen M., Rautio V. (Eds.), Kikumora Publications University of Helsinki: Helsinki, Finland, 2008, p. 25–52.
- Heleniak T. Growth Poles and Ghost Towns in the Russian Far North, *Russia and the North*, Wilson Rowe E. (Ed.), University of Ottawa Press: Ottawa, 2009, p. 129–163.
- Huskey L. Challenges to Economic Development: Dimensions of «Remoteness» in the North, *Polar Geography*, 2005, vol. 29, no. 2, p. 119–125.
- Huskey L. Limits to growth: remote regions, remote institutions, *Annals of Regional Science*, 2006, vol. 40, p. 147–155.
- Huskey L., Morehouse Th.A. Development in remote regions: What do we know? *Arctic*, 1992, no. 45(2), p. 128–137.
- Huskey L., Taylor A. The dynamic history of government settlements at the edge, *Settlements at the Edge. Remote Human Settlements in Developed Nations*, Edward Elgar Publishing: Cheltenham, UK, Northampton, MA, USA, 2016, p. 25–48.
- Jull M. The improbable city: adaptations of an Arctic metropolis, *Polar Geography*, 2017, no. 40(4), p. 291–305.
- Kolosov V.A., Grechko E.A., Mironenko K.V., Samburova E.N., Sluka N.A., Tikunova I.N., Tkachenko T.Kh., Fedorchenko A.V., Fomichev P.Yu. Gorizonty issledovaniy v oblasti geografii mirovogo hozyajstva (k 25-letiyu kafedry geografii mirovogo khozyajstva) [Horizons of research in geography of world economy (to the 25<sup>th</sup> anniversary of the Department of geography of world economy)], *Vestn. Mosk. un-ta, Ser. 5, Geogr.*, 2016, no. 1, p. 3–12. (In Russian)
- Krugman P. Increasing Returns and Economic Geography, *Journal of Political Economy*, 1991, vol. 99, no. 3, p. 483–499.
- Pilyasov A.N. Goroda Rossiiskoi Arktiki: sravnenie po ekonomicheskim indikatoram [Cities of the Russian Arctic: comparison by economic indicators], *Vestn. Mosk. un-ta, Ser. 5, Geogr.*, 2011a, no. 4, p. 64–69. (In Russian)
- Pilyasov A.N. Cities-bases of the Arctic frontier, *Voprosy geografii, № 141. Problemy regional'nogo razvitiya Rossii* [Geography issues, no 141. Problems of the regional development of Russia], Moscow, Kodeks Publ., 2016, p. 503–529. (In Russian)
- Pilyasov A.N. Novaya ekonomicheskaya geografiya (NEG) i ee potencial dlya izucheniya razmeshcheniya proizvoditel'nyh sil Rossii [New economic geography (NEG) and its contribution to the studies of placement of productive forces in Russia], *Regional'nye issledovaniya*, 2011b, no. 1, p. 3–31. (In Russian)
- Schweitzer P. Korennye narody i urbanizatsiia na Aliaske i na kanadskom Severe [Indigenous Peoples and Urbanization in Alaska

and the Canadian North], *Etnograficheskoe obozrenie*, 2016, no. 1, p. 10–22. (In Russian)

*Sustaining Russia's Arctic Cities: Resource Politics, Migration, and Climate Change*. Ortung R. (Ed.), 2016, New York: Berghahn Books.

*Vlasova T., Petrov A.* Migration and socio-economic well-being in the Russian north: interrelations, regional differentiation, recent trends and emerging issues, *Migration in the Circumpolar North*, CCI Press in cooperation with the University of the Arctic Lakehead University, Thunder Bay, Ontario, Canada, 2010, p. 163–193.

*Zamyatina N.Yu., Pelyasov A.N.* Konceptiya blizosti: zarubezhnyi opyt i perspektivy primeneniya v Rossii [Concept of proximity: foreign experience and prospects of application in Russia], *Izvestiya Rossiiskoi akademii nauk, Seriya geograficheskaya*, 2017, no. 3, p. 8–21. (In Russian)

*Zamyatina N.Yu., Pelyasov A.N.* The new theory of the Arctic and Northern development: multi-scale interdisciplinary synthesis. *Arctic and North*, 2018, no. 31, p. 4–21.

*Zamyatina N.Yu., Pelyasov A.N.* *Rossiya, kotoruyu my obreli: issleduya prostranstvo na mikrourovne* [Russia which we have found: exploring space at the micro level], Moscow, Novyi Khronograf Publ., 2013, 548 p. (In Russian)

*Web sources*

AHDR (Arctic Human Development Report) 2004. Akureyri: Stefansson Arctic Institute, 235 p., URL: <https://www.sdwg.org/wp-content/uploads/2016/04/Arctic-Human-Development-Report-2004.pdf> (access date 05.04.2020).

Berman Matthew. Remoteness and Mobility: Transportation Routes, Technologies, and Sustainability in Arctic Communities. Working paper. 2013, URL: [https://www2.gwu.edu/~ieresgwu/assets/docs/Berman\\_Remoteness\\_mobility.pdf](https://www2.gwu.edu/~ieresgwu/assets/docs/Berman_Remoteness_mobility.pdf) (access date 25.11.2019).

Official Internet site of the President of Russian Federation/ Sobytiya/ Vstrecha s predsdatelem pravleniya kompanii "NOVATEK" Leonidom Mikhel'sonom. 14 noyabrya 2016 goda. 14:30, URL: <http://www.kremlin.ru/events/president/news/53251> (access date 05.04.2020).

Received 21.05.2019

Revised 14.10.2019

Accepted 06.03.2020

УДК 551.465

И.В. Серых<sup>1</sup>, А.В. Толстик<sup>2</sup>

## О ПРИЧИНАХ ДОЛГОПЕРИОДНОЙ ИЗМЕНЧИВОСТИ ПРИПОВЕРХНОСТНОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА НАД БЕЛЫМ МОРЕМ

Исследованы изменения приповерхностной температуры воздуха (ПТВ) Белого моря. Межгодовые изменения средних аномалий ПТВ в регионе Белого моря за 1980–2010 гг., рассчитанные по различным реанализам, оказались хорошо согласованы друг с другом. При этом наиболее близкими к остальным источникам данных оказались два реанализа: MERRA-2 с высоким разрешением за период спутниковых наблюдений и NCEP/NCAR с более низким разрешением, но за более продолжительный период. Поэтому для детального анализа изменений ПТВ различных районов Белого моря был выбран MERRA-2, а для исследования более продолжительных изменений ПТВ всего региона Белого моря – данные реанализа NCEP/NCAR. Дополнительно был произведен сравнительный анализ полученных результатов с данными температуры поверхностного слоя воды и приповерхностного воздуха на береговых и островных гидрометеорологических станциях Белого моря. Произведен расчет изменений аномалий ПТВ в отдельных районах Белого моря. Их анализ показал незначительные различия изменений аномалий ПТВ между отдельными районами и регионом Белого моря в целом. Поэтому при дальнейшем анализе межгодовых колебаний исследованы средние аномалии ПТВ по всей акватории Белого моря.

Анализ среднемесячных данных ПТВ Белого моря показал ее существенный рост за последние десятилетия. На фоне этого роста выявлена межгодовая изменчивость ПТВ с периодами, близкими к периодам Эль-Ниньо – Южного колебания (2–7 лет) и Северо-Атлантического колебания (7–10 лет). Показано влияние этих колебаний на межгодовую изменчивость ПТВ Белого моря и найдены периоды их синхронизации и рассинхронизации. В периоды с середины 1960-х по начало 1970-х гг. и со второй половины 1980-х по середину 2010-х гг. во время событий Эль-Ниньо в Белом море, как правило, наблюдались отрицательные аномалии ПТВ, а во время событий Ла-Нинья – положительные аномалии. В период с конца 1960-х по середину 1990-х гг. Северо-Атлантическое колебание оказывало положительное влияние на аномалии ПТВ Белого моря, во второй половине 1990-х гг. это влияние сменило знак, но с начала 2000-х гг. снова стало положительным. Высказана гипотеза о роли Глобальной атмосферной осцилляции в качестве синхронизирующего звена между тропиками Тихого океана, Северной Атлантикой и регионом Белого моря.

*Ключевые слова:* изменчивость климата, приповерхностная температура воздуха, Белое море, Эль-Ниньо – Южное колебание, Глобальная атмосферная осцилляция, Северо-Атлантическое колебание

**Введение.** Белое море представляет особую важность для нашей страны, поскольку полностью входит в территориальные воды Российской Федерации и активно используется для морского транспорта, рыболовства, рекреации. Поэтому изучение изменчивости физических и биологических процессов в регионе Белого моря необходимо для развития Северного экономического района.

Над акваторией Белого моря в течение года преобладают воздушные массы, приходящие из Северной Атлантики. Они обуславливают достаточно теплую продолжительную зиму, прохладное короткое лето при значительной облачности и высокой влажности воздуха. Неустойчивые погодные условия наблюдаются во все сезоны года вследствие частой смены воздушных масс. Интенсивная циклоническая деятельность, относительно быстрая смена синоптических процессов проявляются в заметной изменчивости значений метеорологических

величин [Климат Карелии..., 2004]. Некоторые участки территорий субъектов Российской Федерации, омываемые Белым морем, приравнены к Арктической зоне по климатическим условиям.

Анализ воздействия изменчивости климата на процессы в Белом море приведен, например, в [Климат Карелии..., 2004; Белое море..., 2007; Система..., 2010; Толстик, 2016]. В указанных работах отмечена общая тенденция к потеплению, наблюдаемая и в настоящее время в районе Белого моря [Красильникова, 2018]. Анализ временных рядов температуры поверхностного слоя воды Белого моря, в том числе с использованием данных ВНИИГМИ-МЦД, выполнен ранее и представлен в монографии [Толстик, 2016]. В настоящей работе внимание уделено в основном приповерхностной температуре воздуха (ПТВ).

Северо-Атлантическое колебание (САК или NAO – в английской транскрипции) является важ-

<sup>1</sup> Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, Москва, лаборатория крупномасштабной изменчивости гидрофизических полей, канд. физ.-мат. н., ст. науч. с.; e-mail: iserykh@ocean.ru

<sup>2</sup> Институт водных проблем Севера Карельского научного центра РАН, Петрозаводск, лаборатория географии и гидрологии, канд. геогр. н., руководитель лаборатории; e-mail: alexeytolstikov@mail.ru

ным механизмом формирования долгопериодной изменчивости элементов климата. САК характеризуется разностью атмосферного давления между Азорским максимумом и Исландским минимумом, что в свою очередь влияет на интенсификацию западного переноса в Северном полушарии. В [Диксон, Майнке, 2005] показано, что САК влияет на три основных параметра: скорость ветра; скрытый и явный потоки тепла; испарение и осадки.

В последние годы все чаще появляются работы, показывающие связь САК с явлением Эль-Ниньо – Южное колебание [Rodriguez-Fonseca et al., 2016; Henriksson, 2018]. Хотя события Эль-Ниньо происходят в тропической зоне Тихого океана, тем не менее, их воздействие посредством дальних связей влияет на САК. Так, например, была выявлена связь между событиями Эль-Ниньо и углублением Исландской депрессии [Астафьева, Раев, 2010]. Баренцево море по данным В.И. Бышева [Бышев, 2003] откликается на Эль-Ниньо понижением теплосодержания вод и увеличением ледовитости. Поэтому актуальной выглядит задача поиска связей между индексом САК, событиями Эль-Ниньо и температурным режимом Белого моря.

В работе [Бышев и др., 2012] была представлена пространственная структура аномалий атмосферного давления на уровне моря (ДУМ), названная Глобальной атмосферной осцилляцией (ГАО), возникающая задолго до очередных событий Эль-Ниньо. Эта структура симметрична относительно экватора, несмотря на различия в конфигурациях континентов Северного и Южного полушарий. Она покрывает практически всю Землю, в том числе, включая в себя аномалии, приписываемые проявлению дальних связей с Эль-Ниньо.

В более поздней работе [Бышев и др., 2016] был применен *t*-тест Стьюдента к различиям в пространственных структурах между событиями Эль-Ниньо и Ла-Нинья. Тест показал, что разности приземных значений давления и температуры, свойственные событиям Эль-Ниньо и Ла-Нинья, являются статистически высоко значимыми практически везде на Земле, а не только в тропиках Тихого океана (ареале действия Эль-Ниньо). Тем самым было дополнительно формальное доказательство существования ГАО. Хотя проблема причинности ГАО и Эль-Ниньо в работе [Бышев и др., 2016] специально не рассматривалась, ее авторы на основе вышеизложенного сформулировали и обосновали рабочую гипотезу о том, что Южное колебание (ЮК) должно рассматриваться как структурный элемент ГАО в тихоокеанском регионе.

В работе [Serykh et al., 2019] было показано, что ГАО включает в себя в качестве своих элементов как ЮК, так и внетропические колебания, такие как САК. Был предложен индекс ГАО, рассчитываемый как комбинация нормированных значений аномалий ДУМ в десяти географических районах, совпадающих с экстремумами (максимумами и минимумами) в поле ГАО: ( $5^{\circ}$  ю. ш.– $5^{\circ}$  с. ш.,  $35$ – $25^{\circ}$  з. д.) + ( $5^{\circ}$  ю. ш.– $5^{\circ}$  с. ш.,  $55$ – $65^{\circ}$  в. д.) + ( $55$ – $65^{\circ}$  с. ш.,  $95$ – $85^{\circ}$  з. д.) +

( $65$ – $55^{\circ}$  ю. ш.,  $95$ – $85^{\circ}$  з. д.) + ( $5^{\circ}$  ю. ш.– $5^{\circ}$  с. ш.,  $145$ – $155^{\circ}$  в. д.) – ( $45$ – $55^{\circ}$  с. ш.,  $175$ – $165^{\circ}$  з. д.) – ( $45$ – $55^{\circ}$  с. ш.,  $15$ – $5^{\circ}$  з. д.) – ( $55$ – $45^{\circ}$  ю. ш.,  $15$ – $5^{\circ}$  з. д.) – ( $55$ – $45^{\circ}$  ю. ш.,  $175$ – $165^{\circ}$  з. д.) – ( $5^{\circ}$  ю. ш.– $5^{\circ}$  с. ш.,  $95$ – $85^{\circ}$  з. д.). При Эль-Ниньо этот индекс является положительным, а при Ла-Нинья – отрицательным. Исследование индекса ГАО показывает, что внетропические компоненты ГАО могут быть независимы от ЮК, в то время как последнее сопровождает ГАО во всех случаях. Более того, ввиду общего распространения ГАО с запада на восток как пространственной структуры, некоторые ее внетропические компоненты демонстрируют изменения своих особенностей еще до того, как Эль-Ниньо начинает формироваться.

Таким образом, изучение связей ГАО с температурными аномалиями приповерхностного слоя воздуха над Белым морем является задачей данного исследования.

**Материалы и методы исследований.** Для детального анализа отдельных регионов Белого моря использовались среднемесячные данные приповерхностной температуры воздуха (ПТВ) реанализа спутниковых измерений NASA MERRA-2 на сетке  $0,5^{\circ}$  с. ш.  $\times$   $0,625^{\circ}$  в. д. за период 1980–2017 гг. [Gelaro et al., 2017]. Производилось осреднение данных для региона Белого моря ( $63,75^{\circ}$ – $68,75^{\circ}$  с. ш.;  $32,1875^{\circ}$ – $44,6875^{\circ}$  в. д.), координаты которого выбраны с учетом сетки MERRA-2.

Также исследованы данные ПТВ из реанализов: NOAA CIRES 20<sup>th</sup> Century Global Reanalysis Version 2c (20<sup>th</sup>C\_ReanV2c) на сетке  $2^{\circ} \times 2^{\circ}$  за период 1851–2014 гг. [Compo et al., 2011], ECMWF ERA-20C на сетке  $1^{\circ} \times 1^{\circ}$  за период 1900–2010 гг. [Stickler et al., 2014], JMA JRA-55 на сетке  $1,25^{\circ} \times 1,25^{\circ}$  за период 1958–2013 гг. [Kobayashi et al., 2015], NCEP/NCAR Reanalysis на сетке  $2,5^{\circ} \times 2,5^{\circ}$  за период 1948–2018 гг. [Kalnay et al., 1996], NCEP-DOE на глобальной Гауссовой сетке T62 ( $192 \times 94$ ) за период 1980–2013 гг. [Kanamitsu et al., 2002], ERA-Interim на сетке  $0,75^{\circ} \times 0,75^{\circ}$  за период 1980–2016 гг. [Dee et al., 2011] и NCEP-CFSR на сетке  $0,5^{\circ} \times 0,5^{\circ}$  за период 1980–2016 гг. [Saha et al., 2014].

Произведен сравнительный анализ всех данных. Для этого рассчитаны матрицы кросс-корреляций изменений средних аномалий ПТВ без сглаживания и с годовым скользящим сглаживанием между различными реанализами в регионе Белого моря за единый для всех рассмотренных реанализов период 1980–2010 гг. Поскольку значения кросс-корреляций без сглаживания и со сглаживанием оказались достаточно близки, и в этой статье рассматриваются межгодовые изменения, мы приводим только матрицу с годовым скользящим сглаживанием (табл. 1).

Как видно из табл. 1, межгодовые изменения средних аномалий ПТВ в регионе Белого моря за 1980–2010 гг., рассчитанные по различным реанализам, оказались хорошо коррелированы друг с другом. При этом наиболее близкими к остальным источникам данных оказались два реанализа: MERRA-2 с

Таблица 1

**Матрица кросс-корреляций изменений средних аномалий приповерхностной температуры воздуха (с годовым скользящим сглаживанием) между различными реанализами в регионе Белого моря за 1980–2010 гг.**

Реанализ	20 <sup>th</sup> C_ReanV2c	ERA-20C	JRA-55	NCEP/NCAR	NCEP-DOE	MERRA-2	ERA-Interim	NCEP-CFSR
20 <sup>th</sup> C_ReanV2c	1	0,89	0,90	0,87	0,82	0,89	0,90	0,91
ERA-20C	0,89	1	0,98	0,95	0,92	0,98	0,98	0,97
JRA-55	0,90	0,98	1	0,97	0,94	0,98	0,99	0,98
NCEP/NCAR	0,87	0,95	0,97	1	0,96	0,99	0,97	0,99
NCEP-DOE	0,82	0,92	0,94	0,96	1	0,96	0,94	0,95
MERRA-2	0,89	0,98	0,98	0,99	0,96	1	0,98	0,99
ERA-Interim	0,90	0,98	0,99	0,97	0,94	0,98	1	0,99
NCEP-CFSR	0,91	0,97	0,98	0,99	0,95	0,99	0,99	1

высоким разрешением за период спутниковых наблюдений и NCEP/NCAR с более низким разрешением, но за более продолжительный период. Поэтому для детального анализа изменений ПТВ различных районов Белого моря был выбран MERRA-2, а для исследования более продолжительных изменений ПТВ всего региона Белого моря – данные реанализа NCEP/NCAR.

Регион Белого моря был разбит на 7 районов согласно [Люция..., 1995], в которые попадают следующие узлы сетки MERRA-2:

1. Воронка (66,5°–68°с. ш.; 40,625°–44,5°в. д.),
2. Горло (65,5°–66,5°с. ш.; 39,375°–42°в. д.),
3. Кандалакшский залив (66°–67° с. ш.; 32,5°–35,625°в. д.),
4. Двинский залив (64,5°–65,5°с. ш.; 37,5°–40°в. д.),
5. Онежский залив (64°–65°с. ш.; 35°–38°в. д.),
6. Мезенский залив (66,5°–67°с. ш.; 42,5°–44,5°в. д.),
7. Бассейн (65,5°–66°с. ш.; 35°–40°в. д.).

ПТВ Белого моря присущ сильный сезонный ход, составляющий 22–30°С: в среднем от –10°С до +15°С. Причем в отдельные годы среднемесячная ПТВ опускалась ниже –15°С. Поэтому для анализа межгодовых изменений сезонный ход был исключен из рассмотрения. Для этого в каждом узле сетки рассчитывался средний сезонный ход за рассматриваемый период, который затем вычитался из исходных данных для получения аномалий относительно сезонного хода. Линейные тренды полученных таким образом аномалий ПТВ рассчитывались методом наименьших квадратов. Произведен расчет изменений аномалий ПТВ в каждом рай-

оне (табл. 2), и построена матрица кросс-корреляций изменчивости аномалий ПТВ между районами (табл. 3). Их анализ показал незначительные различия изменений аномалий ПТВ между отдельными районами и регионом Белого моря в целом. Поэтому при дальнейшем анализе межгодовых колебаний решено исследовать средние аномалии ПТВ по всей акватории Белого моря.

Для сглаживания и полосовой фильтрации рядов исследуемых характеристик применялся фильтр Баттерворта. Спектры строились методом быстрого преобразования Фурье. Вейвлетное преобразование производилось с применением вейвлетной функции Морле [Torrence, Compo, 1998]. Для вейвлетных кросс-корреляций двух рядов вычислялись произведения их вейвлетных вещественных компонент [Torrence, Webster, 1999].

Для анализа долгопериодной климатической изменчивости всей акватории Белого моря были использованы среднемесячные данные температуры поверхности воды из архива NOAA Extended Reconstructed Sea Surface Temperature v5 (ERSSTv5) на сетке 2°×2° за период 1854–2017 гг. [Huang et al., 2017]. Как более надежный был выбран период 1900–2017 гг. Индекс NAO за 1900–2018 гг. был взят из NCAR Hurrell North Atlantic Oscillation Index (PC-based) [Hurrell et al., 2003].

Далее был произведен сравнительный анализ полученных результатов с данными температуры поверхностного слоя воды и приповерхностного воздуха на береговых и островных гидрометеорологических станциях Белого моря, содержащихся в комплексной базе данных ИВПС КарНЦ РАН «Белое

Таблица 2

**Средние значения роста аномалий приповерхностной температуры воздуха (°С/10 лет) в исследуемых районах по данным MERRA-2 за 1980–2017 гг.**

Реанализ	Район							Все Белое море
	1 Воронка	2 Горло	3 Кандалакшский залив	4 Двинский залив	5 Онежский залив	6 Мезенский залив	7 Бассейн	
MERRA-2	0,37	0,40	0,63	0,46	0,57	0,32	0,60	0,43

Таблица 3

**Матрица кросс-корреляций изменений средних аномалий приповерхностной температуры воздуха между различными районами Белого моря за 1980–2017 гг.**

Район	Номер района							Все Белое море
	1	2	3	4	5	6	7	
1. Воронка	1	0,95	0,98	0,96	0,98	0,96	0,95	0,93
2. Горло	0,95	1	0,96	0,87	0,91	0,85	0,97	0,90
3. Кандалакшский залив	0,98	0,96	1	0,92	0,97	0,93	0,97	0,93
4. Двинский залив	0,96	0,87	0,92	1	0,94	0,95	0,84	0,94
5. Онежский залив	0,98	0,91	0,97	0,94	1	0,98	0,92	0,95
6. Мезенский залив	0,96	0,85	0,93	0,95	0,98	1	0,86	0,93
7. Бассейн	0,95	0,97	0,97	0,84	0,92	0,86	1	0,87
Все Белое море	0,93	0,90	0,93	0,94	0,95	0,93	0,87	1

море и его водосбор» [Толстикова и др., 2010]. В частности, здесь содержатся многолетние ряды измеренных величин, полученные через ВНИИГМИ-МЦД (<https://meteoinfo.ru>) и данные комплексных экспедиций в Белом море ИВПС КарНЦ РАН. Оценивались тренды и колебания гидрологических и метеорологических параметров. Подробный анализ изменчивости температуры поверхностного слоя воды Белого моря по данным измерений и моделирования представлен ранее в монографии [Толстикова, 2016].

Достаточно высокая согласованность результатов, полученных по различным источникам, позволила в дальнейшей работе использовать данные ПТВ и ДУМ из реанализа NCEP/NCAR.

**Результаты исследований и их обсуждение.**

Анализ данных NCEP/NCAR показал рост средней ПТВ Белого моря за период 1950–2018 гг. приблизительно на 1,6°C (рис. 1 А), что вызвано, по всей видимости, глобальным потеплением климата [IPCC, 2013; Бюллетень ВМО, 2018]. На фоне общего роста ПТВ наблюдается сильная межгодовая изменчивость ее аномалий относительно сезонного хода. Причем изменчивость ПТВ в холодное время года превышает изменчивость в теплое, что может быть вызвано усилением в зимнее время влияния САК на регион Белого моря.

При рассмотрении графика короткопериодных межгодовых колебаний аномалий ПТВ выделяются непродолжительные, длящиеся один–два года, аномально холодные и теплые периоды (см. рис. 1 А, черная линия). Один из таких периодов отрицательных аномалий 1997–1998 гг. можно связать с произошедшим в это время сильным событием Эль-Ниньо [Толстикова, 2016].

При рассмотрении графика долгопериодных колебаний аномалий ПТВ Белого моря (см. рис. 1 А, серая линия) видно, что в середине 1970-х гг. произошли резкие междекадные изменения. Этот переход между продолжительными периодами аномалий противоположных знаков приходится на глобальный климатический сдвиг 1976–1977 гг. [Byshev et al., 2017]. Обратный глобальный климатический сдвиг произошел в конце 1990-х гг. [Byshev et al.,

2017], что также прослеживается на графике долгопериодных колебаний. Начиная с 1999 г. наблюдается резкий рост не только ПТВ, но и температуры поверхности воды Белого моря, который продолжается и в настоящее время [Толстикова, Чернов, 2019]. Короткие периоды отрицательных аномалий во время этого роста можно связать с событиями Эль-Ниньо 2002–2003, 2009–2010 и 2015–2016 гг.

Поскольку ряд аномалий ПТВ Белого моря является нестационарным, к нему уместно применить технику вейвлетного анализа (см. рис. 1 Б). По полученной вейвлет-диаграмме периоды колебаний аномалий ПТВ Белого моря можно разделить на 3 диапазона: 1) от 2 до 4 лет, 2) от 7 до 10 лет, 3) от 12 до 18 лет. Поскольку периоды повышения энергии изменчивости разделены периодами с более низкими энергиями колебаний, и календарное время усиления колебаний на периодах 2–4 года и 7–10 лет не совпадает, то, по всей видимости, колебания на этих периодах имеют различные источники происхождения. Для понимания факторов, влияющих на межгодовую изменчивость ПТВ Белого моря, необходимо установить источники этих колебаний.

Спектральная оценка временного ряда нормированных (на среднеквадратическое отклонение этого ряда) аномалий ПТВ Белого моря (рис. 2) демонстрирует два пика на периодах более одного года, формально являющихся статистически значимыми (с вероятностью более 95%): ~3 года и ~8 лет. Помимо этого, на графике энергетического спектра рис. 2 присутствует повышение спектральной плотности на периоде ~14 лет. Повышение энергии колебаний на этом периоде также наблюдается и на вейвлет-диаграмме (см. рис. 1 Б). Но из-за ограниченной длины исследуемого временного ряда повышение спектральной плотности на квазичетырнадцатилетнем периоде не является формально статистически значимым, хотя и представляет интерес, поскольку в работе [Arthun et al., 2017] показано, что Северо-Атлантическое течение переносит аномалии температуры верхнего слоя воды с периодичностью ~14 лет. Тем не менее, длина ряда в Белом море не является репрезентативной, чтобы уверенно гово-

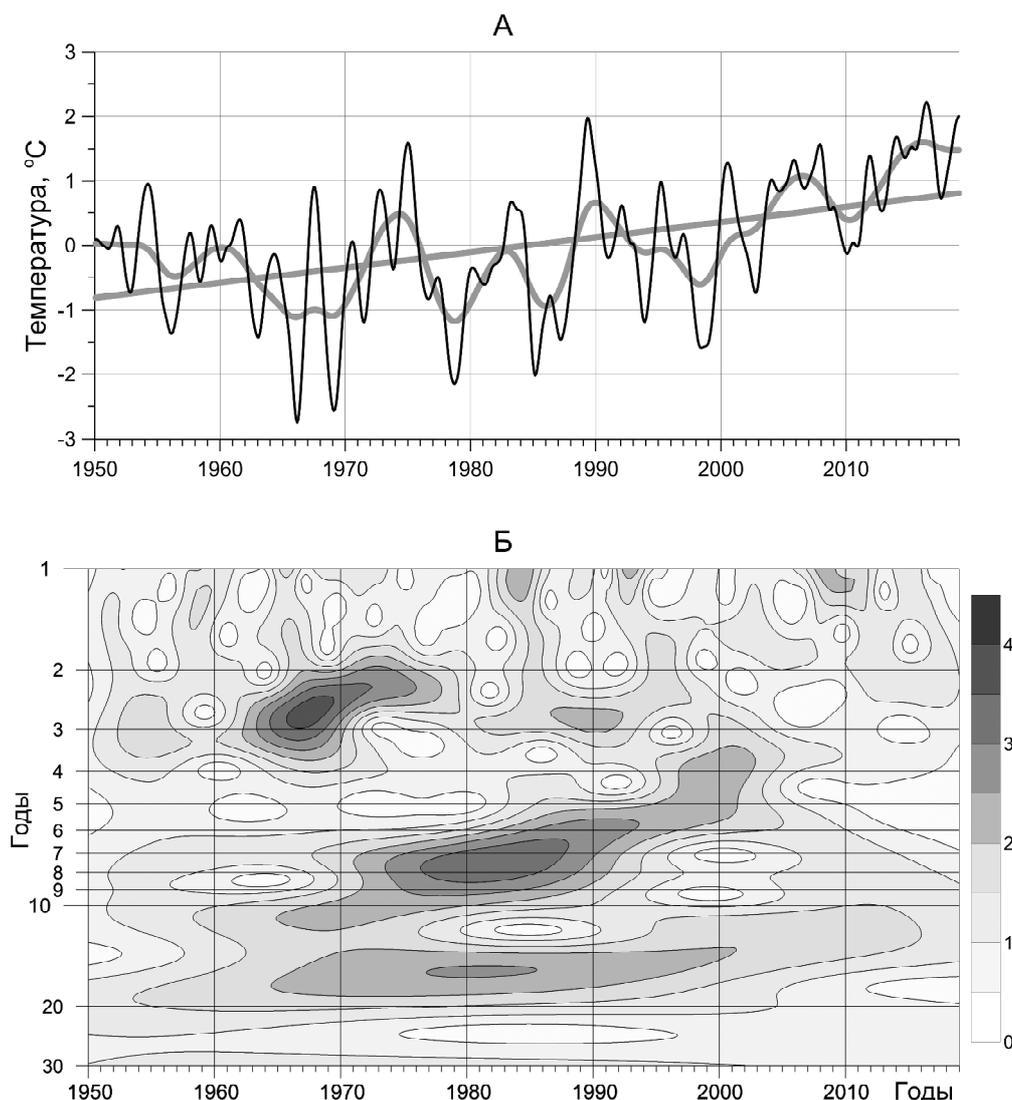


Рис. 1. Изменения температуры: А – изменения средних аномалий приповерхностной температуры воздуха Белого моря, сглаженных 2-летним (тонкая черная линия) и 7-летним (толстая серая кривая линия) фильтрами Баттерворта нижних частот, и их линейный тренд (толстая серая прямая линия); Б – картина вейвлетного преобразования ряда средних аномалий приповерхностной температуры воздуха Белого моря без фильтрации после предварительного нормирования ряда на его среднеквадратическое отклонение

Fig. 1. Temperature changes: А – changes in mean surface air temperature anomalies of the White Sea, smoothed by 2-year (fine black line) and 7-year (heavy gray curved line) low-pass Butterworth filters, and their linear trend (heavy gray straight line). Б – the picture of the wavelet transformation of mean surface air temperature of the White Sea without filtering, after normalizing of the series by its standard deviation

речь о колебаниях на квазичетырнадцатилетнем периоде. Поэтому мы не станем подробно рассматривать в этой статье междекадные колебания (с периодами более 10 лет), а остановимся на межгодовых колебаниях (с периодами от 2 до 10 лет). Обратим далее наше внимание на формально статистически значимые периоды: ~3 года и ~8 лет.

Расчет вейвлетных преобразований и спектральных оценок (см. рис. 1 Б и 2) показал, что в межгодовой изменчивости ПТВ Белого моря выделяется период около 3 лет, характерный для Эль-Ниньо – Южного колебания [Серых, Сонечкин, 2017; Serykh, Sonechkin, 2019, 2020]. В работах [Бышев и др., 2012, 2016; Вакуленко и др., 2018; Серых, 2018; Serykh et al., 2019] показано, что Южное колебание (ЮК) является элементом баричес-

кой структуры Глобальной атмосферной осцилляции (ГАО), что частично объясняет связь столь отдаленных регионов, как тропики Тихого океана и Белое море.

Взаимосвязь ПТВ Белого моря с индексом ГАО (его определение дано во введении) отображена на рис. 3. На верхней части рис. 3 показаны ряды индекса ГАО и аномалий ПТВ Белого моря после применения полосового фильтра Баттерворта от 2 до 7 лет. Было произведено предварительное удаление линейных трендов, центрирование и нормирование рядов на их среднеквадратические отклонения. Целью всех этих преобразований было сохранить только колебания на периодах, характерных для Эль-Ниньо (2–7 лет), и постараться убрать изменчивость на остальных периодах.

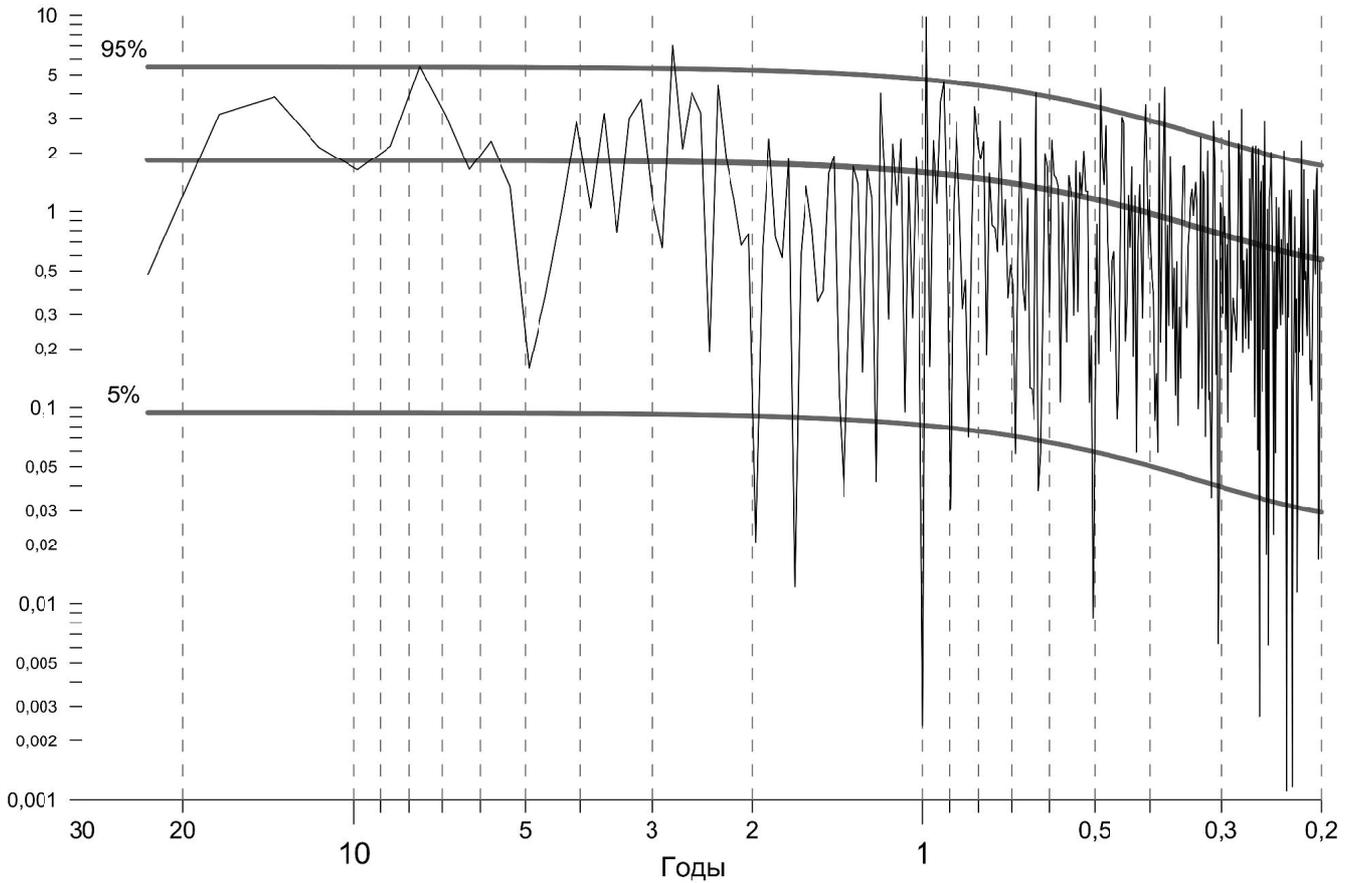


Рис. 2. Энергетический спектр (ломаная линия) ряда средних аномалий приповерхностной температуры воздуха Белого моря после предварительного нормирования на его среднеквадратическое отклонение. Отмечен доверительный интервал от 5% (гладкая линия внизу) до 95% (гладкая линия вверху) и спектр красного шума (гладкая линия между ними). На вертикальной шкале не указаны единицы измерения, поскольку спектральная оценка производилась по нормированным данным

Fig. 2. The energy spectrum (broken line) of mean surface air temperature anomalies of the White Sea after normalizing of the series by its standard deviation. The confidence interval from 5% (smooth line down) to 95% (smooth line above) and the spectrum of red noise (smooth line between them) are shown. The vertical scale is not signed, because the spectral estimate was performed using the normalized data

На рис. 3 А видно, что существуют периоды синхронизации и рассинхронизации колебаний рассматриваемых рядов. В периоды с середины 1960-х по начало 1970-х гг. и со второй половины 1980-х по середине 2010-х гг. во время событий Эль-Ниньо (положительная фаза ГАО) в Белом море, как правило, наблюдались отрицательные аномалии ПТВ, а во время событий Ла-Нинья (отрицательная фаза ГАО) – положительные аномалии. В остальные же периоды указанные отрицательные связи не наблюдались или же были положительными. Чем же вызвана синхронизация, рассинхронизация и изменение знака связей рассматриваемых колебаний?

На кросс-вейвлетной диаграмме исследуемых рядов (см. рис. 3 Б) видно, что сильные отрицательные связи между ГАО и ПТВ Белого моря характерны с середины 1960-х по начало 1970-х гг. для периодов колебаний от двух до четырех лет. Причем происходит постепенный перенос энергии вверх по масштабам от колебаний с периодами два–три года к колебаниям с периодами три–четыре года.

Затем, с начала 1970-х по середину 1980-х гг. на периодах от двух до четырех лет между рассматриваемыми характеристиками прослеживаются уже положительные связи, с аналогичным переносом энергии вверх по масштабам от колебаний с периодами два–три года к колебаниям с периодами три–четыре года. Во второй половине 1980-х гг. наблюдаются сильные отрицательные связи на периодах от двух до восьми лет, которые в начале 1990-х гг. замещаются положительными связями, но только на периодах от двух до трех лет. На периодах же от трех до семи лет отрицательные связи сохраняются вплоть до середины 2010-х гг.

В первой половине 1980-х гг. наблюдаются отрицательные связи между индексом ГАО и аномалиями ПТВ Белого моря на периоде ~2 года, с последующим переносом энергии вверх по масштабам к колебаниям с периодами три–семь лет. На рубеже веков этот перенос заканчивается и начинается перенос энергии вниз по масштабам от колебаний с периодами три–семь лет к колебаниям с периодами два–четыре года. Причем часть энергии проти-

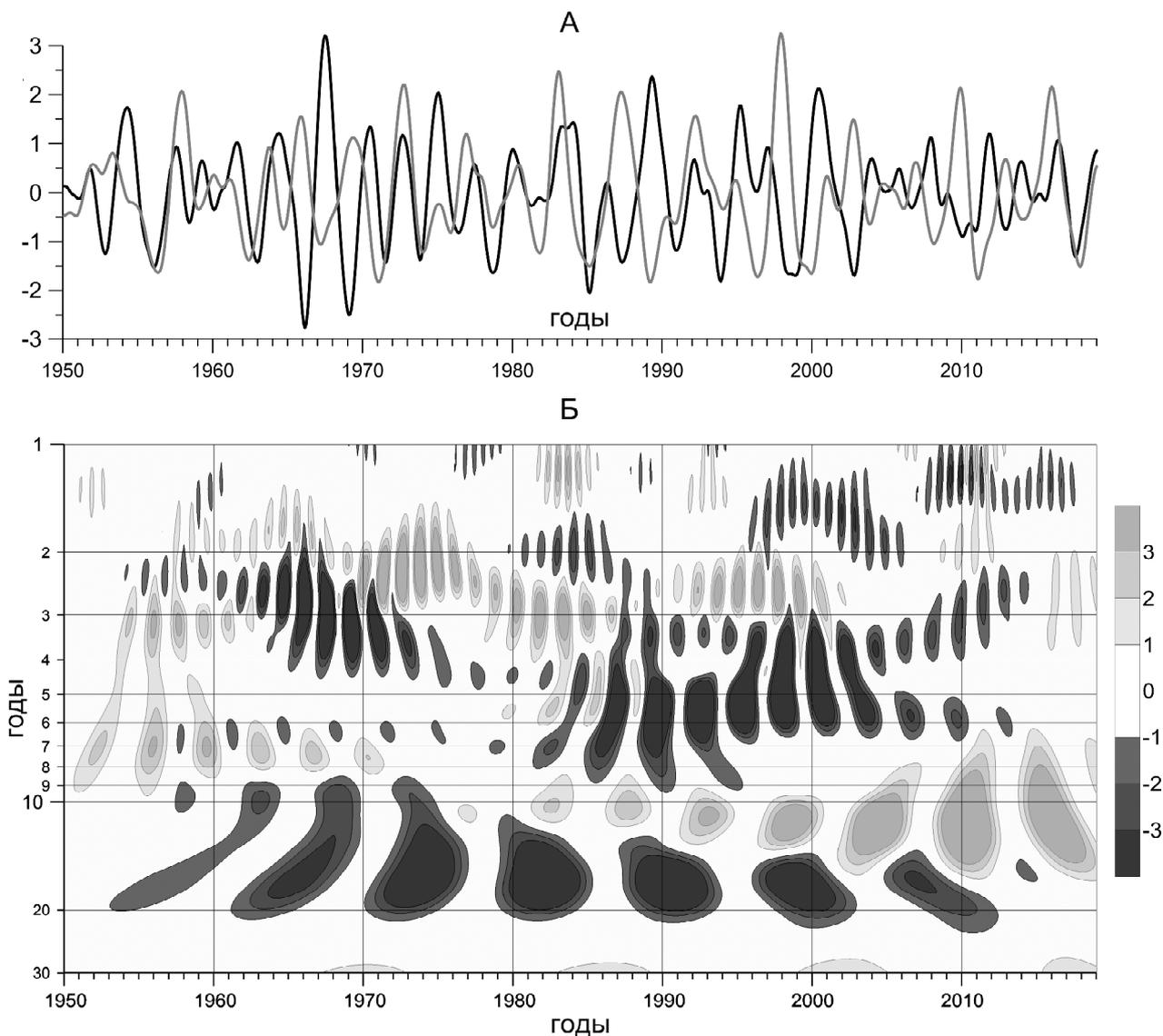


Рис. 3. Связи с Глобальной атмосферной осцилляцией: А – ряды индекса Глобальной атмосферной осцилляции (серая линия) и средних аномалий приповерхностной температуры воздуха Белого моря (черная линия) после применения полосового фильтра Баттерворта от 2 до 7 лет; Б – вейвлетная диаграмма кросс-корреляций их вещественных преобразований без фильтрации

Fig. 3. Links with the Global Atmospheric Oscillation: A – the series of the Global Atmospheric Oscillation Index (gray line) and mean surface air temperature anomalies of the White Sea (black line) after applying the Butterworth band-pass filter from 2 to 7 years; B – wavelet diagram of cross-correlations of their real transformations without filtering

вофазных колебаний на периодах пять–семь лет сохраняется до середины 2010-х гг. Наконец, после сильного события Эль-Ниньо 2015–2016 гг., отрицательные связи между ГАО и ПТВ Белого моря на периодах два–четыре года меняются на слабые положительные связи на этих же периодах. Рассмотрим возможные причины наблюдаемых переносов энергии по периодам колебаний.

В работах [Серых, Сонечкин, 2017а, 2017б, 2017в; Serykh, Sonechkin, 2019] все основные пики в спектрах Эль-Ниньо и ГАО в диапазоне временных масштабов от двух до семи лет были соотнесены с тремя внешними периодическими воздействиями на климатическую систему: 1) чандлеровским колебанием полюсов; 2) лунно-солнечной нутацией; 3) циклом солнечной активности. Глав-

ные периоды этих внешних воздействий составляют ~1,2, ~18,6 и ~11,5 года, соответственно. Поэтому, можно предположить, что синхронизация и рассинхронизация периодов воздействия этих внешних сил может являться причиной столь сложной картины кросс-корреляций индекса ГАО и аномалий ПТВ Белого моря.

Другой возможной причиной может являться состояние Северной Атлантики, как связующего звена между Тихим океаном и регионом Белого моря. Рассмотрим периоды от 7 до 10 лет, характерные для САК [Moron et al., 1998; Arthun et al., 2017], которое оказывает непосредственное влияние на регион Белого моря. Взаимосвязи САК с ПТВ Белого моря показаны на рис. 4. Здесь также было произведено предварительное удаление линейных

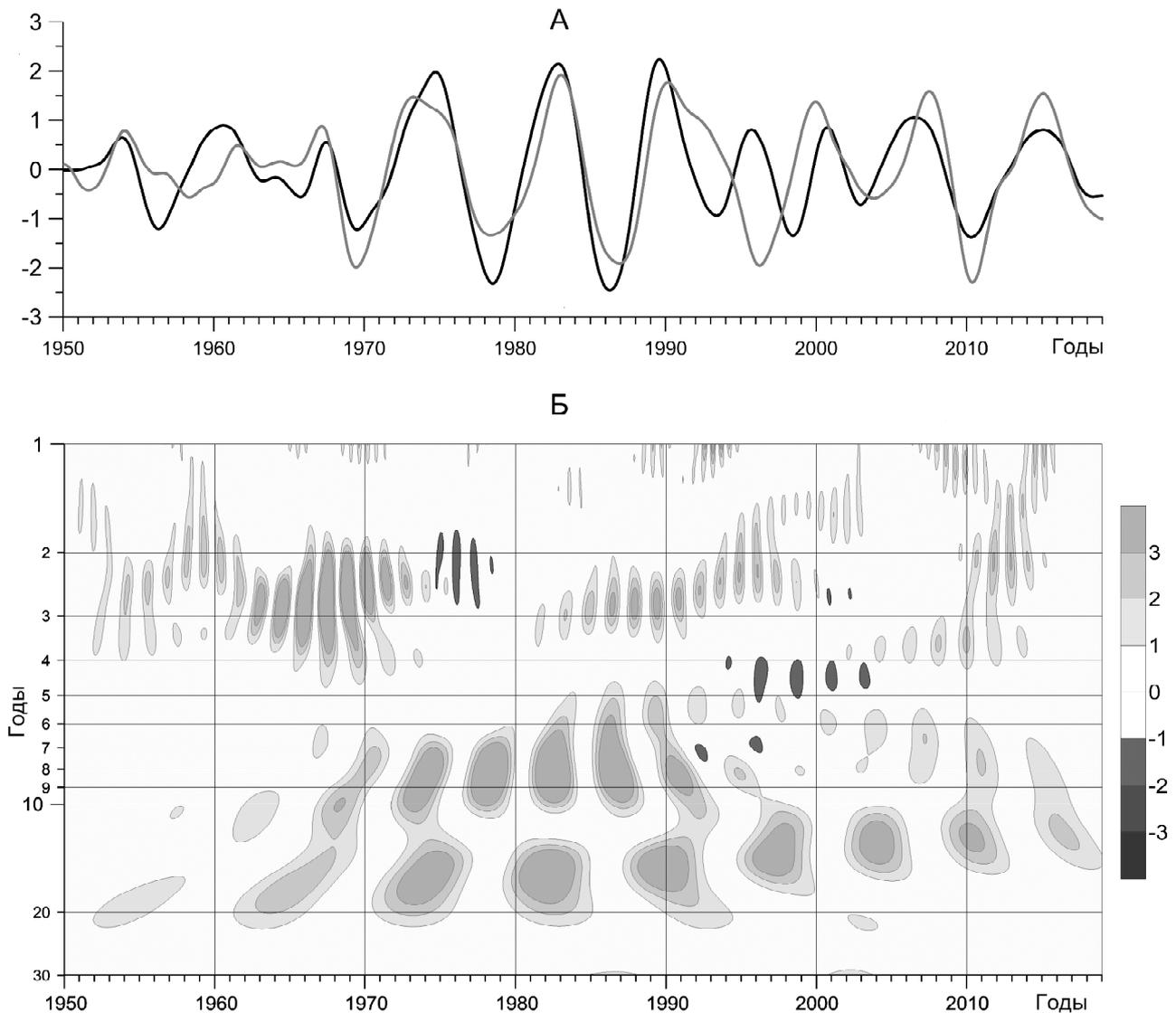


Рис. 4. Связи с Северо-Атлантическим колебанием: А – ряды индекса Северо-Атлантического колебания (серая линия) и средних аномалий приповерхностной температуры воздуха Белого моря (черная линия) после применения полосового фильтра Баттерворта от 7 до 10 лет; Б – вейвлетная диаграмма кросс-корреляций их вещественных преобразований без фильтрации

Fig. 4. Links with the North Atlantic Oscillation: A – series of the North Atlantic Oscillation Index (gray line) and mean surface air temperature anomalies of the White Sea (black line) after applying a Butterworth bandpass filter from 7 to 10 years; Б – wavelet diagram of cross-correlations of their real transformations without filtering

трендов, центрирование и нормирование рядов на их среднеквадратические отклонения.

На рис. 4 наблюдаются положительные связи между САК и аномалиями ПТВ Белого моря на периодах колебаний от семи до десяти лет. Причем с конца 1960-х по середину 1990-х гг. эти связи прослеживаются наиболее ярко – в это время влияние состояния Северной Атлантики на регион Белого моря было усилено. Во второй половине 1990-х гг. наблюдается разрушение положительных связей и даже замена их на отрицательные. После начала 2000-х гг. положительные связи на периодах семь–десять лет восстанавливаются, хотя они и не столь сильные как до этого. Возможно, что этот сдвиг второй половины 1990-х гг. связан с сильнейшим событием Эль-

Ниньо 1997–1998 гг. и последовавшим за этим глобальным климатическим сдвигом.

Можно предположить, что во время усиления влияния САК на регион Белого моря (с конца 1960-х по середину 1990-х гг.) происходит перенос энергии связей ГАО и ПТВ Белого моря вверх по масштабам от колебаний с периодами два–три года к колебаниям с периодами три–семь лет. В работе [Serykh et al., 2019] показано, что САК, так же, как и ЮК, является элементом барической структуры ГАО. Поэтому, во время усиления САК, периодичность связей ГАО и ПТВ Белого моря становится ближе к периодам, характерным для САК (семь–десять лет), а не для ЮК (два–четыре года). САК как бы оттягивает на себя энергию ГАО.

Интересным результатом является то, что на вейвлет-диаграмме кросс-корреляций индекса САК и нормированных аномалий ПТВ Белого моря (см. рис. 4 Б) прослеживаются положительные связи как на периодах семь–десять лет, так и на периодах два–четыре года. Поскольку и ЮК, для которого характерны колебания на периодах от двух до четырех лет [Серых, Сонечкин, 2017; Serykh, Sonechkin, 2019], и САК являются элементами ГАО, то повышенная энергия связей между САК и ПТВ Белого моря на периодах два–четыре года может являться сигналом ЮК, переданного посредством ГАО. Подтверждением этого является то, что с 1960-х по начало 1970-х гг., когда положительные связи САК и ПТВ Белого моря на периодах два–четыре года были усилены (см. рис. 4 Б), наблюдались сильные отрицательные связи ГАО и ПТВ Белого моря на этих же временных периодах (см. рис. 3 Б). Таким образом, в эти годы ЮК, посредством ГАО, и САК оказывали разнонаправленное влияние на ПТВ Белого моря.

После глобального климатического сдвига середины 1970-х гг. ситуация изменилась на противоположную: посредством ГАО произошла синхронизация ЮК и САК на периодах два–четыре года. Они начинают оказывать однонаправленное положительное влияние на ПТВ Белого моря, усиливая сигналы друг друга. После обратного глобального климатического сдвига конца 1990-х гг., синхронизация ЮК и САК на периодах от двух до четырех лет ослабевает, так же, как и их влияние на регион Белого моря. Таким образом, можно сделать вывод, что синхронизация Эль-Ниньо – Южного колебания, САК и ПТВ Белого моря происходит благодаря ГАО.

#### Выводы:

– за более чем 60-летний период наблюдений за приповерхностной температурой воздуха (ПТВ)

Белого моря выделяется ее ярко выраженный положительный тренд, что свидетельствует о проявлении в этом регионе процессов глобального потепления;

– на фоне положительного тренда ПТВ Белого моря наблюдаются ее колебания с различными периодами, связанными, по всей видимости, с влиянием планетарных и региональных мод климатической изменчивости;

– обнаружено, что в межгодовой изменчивости ПТВ Белого моря выделяются периоды от двух до семи лет и от семи до десяти лет, связанные, соответственно, с Эль-Ниньо – Южным колебанием и Северо-Атлантическим колебанием (САК);

– в периоды с середины 1960-х по начало 1970-х гг. и со второй половины 1980-х по середину 2010-х гг. во время событий Эль-Ниньо в Белом море, как правило, наблюдались отрицательные аномалии ПТВ, а во время событий Ла-Нинья – положительные аномалии;

– в период с конца 1960-х по середину 1990-х гг. САК оказывало сильное положительное влияние на аномалии ПТВ Белого моря, во второй половине 1990-х гг. это влияние сменило знак, но с начала 2000-х гг. снова стало положительным, хотя и не столь сильным, как в предыдущий период;

– в период усиления влияния САК на регион Белого моря происходит перенос энергии связей между Эль-Ниньо и ПТВ Белого моря вверх по масштабам от колебаний с периодами два–три года к колебаниям с периодами три–семь лет;

– обнаруженные изменения связей между Эль-Ниньо, САК и ПТВ Белого моря позволяют сделать предположение, что синхронизирующим механизмом этих процессов является Глобальная атмосферная осцилляция.

**Благодарности.** Работа выполнена по гранту РФФИ 18-05-01053 «Исследование гидрометеорологического и гидродинамического режимов Белого моря по данным спутниковой альтиметрии».

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Астафьева Н.М., Раев М.Д. Влияние крупномасштабного удаленного атмосферного окружения на траектории тропических циклонов // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса: Физические основы, методы и технологии мониторинга окружающей среды, потенциально опасных явлений и объектов : Сб. науч. ст. Т. 7. М.: ДоМира, 2010. № 1. С. 61–74.

Белое море и его водосбор под влиянием климатических и антропогенных факторов / Под ред. Н.Н. Филатова, А.Ю. Тержевика. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2007. 335 с.

Бышев В.И. Синоптическая и крупномасштабная изменчивость океана и атмосферы. М.: Наука, 2003. 344 с.

Бышев В.И., Нейман В.Г., Романов Ю.А., Серых И.В. Эль-Ниньо как следствие глобальной осцилляции в динамике климатической системы Земли // Доклады Академии Наук. 2012. Т. 446. № 1. С. 89–94. DOI: 10.1134/S1028334X12090012.

Бышев В.И., Нейман В.Г., Романов Ю.А., Серых И.В., Сонечкин Д.М. О статистической значимости и климатической роли Глобальной атмосферной осцилляции // Океанология. 2016. Т. 56. № 2. С. 179–185. DOI: 10.1134/S000143701602003X.

Бюллетень Всемирной метеорологической организации. Т. 67(2). 2018. 80 с.

Вакуленко Н.В., Серых И.В., Сонечкин Д.М. Хаос и порядок в атмосферной динамике. Часть 3. Предсказуемость Эль-Ниньо // Известия высших учебных заведений. Прикладная нелинейная динамика. 2018. Т. 26. № 4. С. 75–94. DOI: 10.18500/0869-6632-2018-26-4-75-94.

Диксон Р., Майнке Й. Океанографические условия Атлантики в 1998–1999 гг. и их постепенное восстановление после экстремальных воздействий // Сб. докл. Междунар. симпозиума «100 лет океанографических наблюдений на разрезе «Кольский меридиан» в Баренцевом море». Мурманск: Изд-во ПИНРО, 2005. С. 130–144.

Климат Карелии: изменчивость и влияние на водные объекты и водосборы / Отв. ред. Н.Н. Филатов. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2004. 224 с.

Красильникова В.В. Анализ многолетней изменчивости приземной температуры воздуха в районе Двинского залива Белого моря за период 1915–2015 гг. // Гидрометеорологические исследования и прогнозы. 2018. № 2(368). С. 110–119.

Лощия Белого моря. СПб: Мин. обороны СССР, ГУНиО. 1995. № 1110. 336 с.

Серых И.В., Сонечкин Д.М. Хаос и порядок в атмосферной динамике: Часть 1. Хаотические вариации погоды // Известия высших учебных заведений. Прикладная нелинейная динамика. 2017а. Т. 25. № 4. С. 4–22. DOI: 10.18500/0869-6632-2017-25-4-4-22.

Серых И.В., Сонечкин Д.М. Хаос и порядок в атмосферной динамике. Часть 2. Междугодовые ритмы Эль-Ниньо – Южного колебания // Известия высших учебных заведений. Прикладная нелинейная динамика. 2017б. Т. 25. № 5. С. 5–25. DOI: 10.18500/0869-6632-2017-25-5-5-25.

Серых И.В., Сонечкин Д.М. Сопоставление временных энергетических спектров индексов Эль-Ниньо – Южного колебания и глобальных полей температуры и атмосферного давления в приповерхностном слое // Фундаментальная и прикладная климатология. 2017в. Т. 2. С. 144–155. DOI: 10.21513/2410-8758-2017-1-144-155.

Серых И.В. О динамике и структуре Глобальной атмосферной осцилляции в климатических моделях и реальности // Океанологические исследования. 2018. Т. 46. № 1. С. 14–28. DOI: 10.29006/1564-2291.JOR-2018.46(1).2.

Система Белого моря. Природная среда водосбора Белого моря. Т. 1. М.: Научный мир, 2010. 480 с.

Толстиков А.В. Изменчивость температуры поверхностного слоя Белого моря. М.: ГЕОС, 2016. 212 с.

Толстиков А.В., Филатов Н.Н., Здоровенков Р.Э. Белое море и его водосбор // Свид. о гос. рег. базы данных № 2010620435. 16 августа 2010 г.

Толстиков А.В., Чернов И.А. Изменчивость биогеохимических процессов в Белом море для разных климатических условий по данным моделирования // Труды Карельского научного центра РАН. Петрозаводск: КарНЦ РАН. 2019. № 6. С. 1–11. DOI: 10.17076/eb95.

Arthun M., Eldevik T., Viste E., Drange H., Furevik T., Johnson H.L., Keenlyside N.S. Skillful prediction of northern climate provided by the ocean. *Nature Communications*, 2017, vol. 8, 15875. DOI: 10.1038/ncomms15875.

Byshev V.I., Neiman V.G., Anisimov M.V., Gusev A.V., Serykh I.V., Sidorova A.N., Figurkin A.L., Anisimov I.M. Multi-decadal oscillations of the ocean active upper-layer heat content. *Pure and Applied Geophysics*, 2017, vol. 174, no. 7, p. 2863–2878. DOI: 10.1007/s00024-017-1557-3.

Compo G.P., Whitaker J.S., Sardeshmukh P.D., Matsui N., Allan R.J., Yin X., Gleaso B.E., Vose R.S., Rutledge G., Bessemoulin P., Brönnimann S., Brunet M., Crouthamel R.I., Grant A.N., Groisman P.Y., Jones P.D., Kruk M., Kruger A.C., Marshall G.J., Maugeri M., Mok H.Y., Nordli Ø., Ross T.F., Trigo R.M., Wang X.L., Woodruff S.D., Worley S.J. The Twentieth Century Reanalysis Project. *Quarterly J. Roy. Meteorol. Soc.*, 2011, vol. 137, p. 1–28. DOI: 10.1002/qj.776.

Dee D.P., Uppala S.M., Simmons A.J., Berrisford P., Poli P., Kobayashi S., Andrae U., Balmaseda M.A., Balsamo G., Bauer P., Bechtold P., Beljaars A.C.M., van de Berg L., Bidlot J., Bormann N., Delsol C., Dragani R., Fuentes M., Geer A.J., Haimberger L., Healy S.B., Hersbach H., Hölm E.V., Isaksen L., Källberg P., Köhler M., Matricardi M., McNally A.P., Monge Sanz B.M., Morcrette J. J., Park B. K., Peubey C., de Rosnay P., Tavolato C., Thépaut J. N., Vitart F. The ERA-Interim reanalysis: configuration and performance of the data assimilation system. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 2011, vol. 137, iss. 656, p. 553–597. DOI: 10.1002/qj.828.

Gelaro R., McCarty W., Suárez M.J., Todling R., Molod A., Takacs L., Randles C.A., Darmenov A., Bosilovich M.G., Reichle R., Wang K., Coy L., Cullather R., Draper C., Akella S., Buchard V., Conaty A., da Silva A.M., Gu W., Kim G.-K., Koster R., Lucchesi R., Merkova D., Nielsen J.E., Partyka G., Pawson S., Putman W., Rienecker M., Schubert S.D., Sienkiewicz M., Zhao B. The Modern-Era Retrospective Analysis for Research and Applications, Version 2 (MERRA-2). *Journal of Climate*, 2017. DOI: 10.1175/JCLI-D-16-0758.1.

Henriksson S.V. Interannual oscillations and sudden shifts in observed and modeled climate. *Atmos. Sci. Lett.*, 2018, p. 1–8. DOI: 10.1002/asl.850.

Huang B., Thorne P.W., Banzon V.F., Boyer T., Chepurin G., Lawrimore J.H., Menne M.J., Smith T.M., Vose R.S., Zhang H.-M. Extended Reconstructed Sea Surface Temperature, version 5 (ERSSTv5): Upgrades, validations, and intercomparisons. *Journal of Climate*, 2017, vol. 30, p. 8179–8205. DOI: 10.1175/JCLI-D-16-0836.1.

Hurrell J.W., Kushnir Y., Ottersen G., Visbeck M. The North Atlantic Oscillation: Climate Significance and Environmental Impact. *Eds. Geophysical Monograph Series*, 2003, vol. 134, 279 p.

IPCC. Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of WG1 to the V Assessment Report of the IPCC. Cambridge, UK and New York, NY, USA, 2013, 1535 p.

Kalnay E., Kanamitsu M., Kistler R., Collins W., Deaven D., Candin L., Iredell M., Saha S., White G., Woollen J., Zhu Y., Leetmaa A., Reynolds R., Chelliah M., Ebisuzaki W., Higgins W., Janowiak J., Mo K.C., Ropelewski C., Wang J., Jenne R., Joseph D. The NCEP/NCAR 40-year reanalysis project. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 1996, vol. 77, p. 437–471. DOI: 10.1175/1520-0477(1996)077<0437:TNYRP>2.0.CO;2.

Kanamitsu M., Ebisuzaki W., Woollen J., Yang S.-K., Hnilo J.J., Fiorino M., Potter G.L. NCEP-DOE AMIP-II Reanalysis (R-2). *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 2002, p. 1631–1643. DOI: 10.1175/BAMS-83-11-1631.

Kobayashi S., Ota Y., Harada Y., Ebata A., Moriwa M., Onoda H., Onogi K., Kamahori H., Kobayashi C., Endo H., Miyaoka K., Takahashi K. The JRA-55 Reanalysis: General Specifications and Basic Characteristics. *Journal of the Meteorological Society of Japan*, Ser. II, 2015, vol. 93, no. 1, p. 5–48. DOI: 10.2151/jmsj.2015-001.

Moron V., Vautard R., Ghil M. Trends, interdecadal and interannual oscillations in global sea-surface temperatures. *Climate Dynamics*, 1998, vol. 14, p. 545–569. DOI: 10.1007/s003820050241.

Rodriguez-Fonseca B., Suarez-Moreno R., Ayarzagueno B., López-Parages J., Gómara I., Villamayor J., Mohino E., Losada T., Castaco-Tierno A. A Review of ENSO Influence on the North Atlantic. A Non-Stationary Signal. *Atmosphere*, 2016, vol. 7, no. 7, p. 87. DOI: 10.3390/atmos7070087.

Saha S., Moorthi S., Wu X., Wang J., Nadiga S., Tripp P., D., Hou Y.-T., Chuang H., Iredell M., Ek M., Meng J., Yang R., Mendez M.P., Wang W., Chen M., Becker E. The NCEP Climate Forecast System Version 2. *Journal of Climate*, 2014, vol. 27, p. 2185–2208. DOI: 10.1175/JCLI-D-12-00823.1.

Serykh I.V., Sonechkin D.M. Nonchaotic and globally synchronized short-term climatic variations and their origin. *Theoretical and Applied Climatology*, 2019, vol. 137(3–4), p. 2639–2656. DOI: 10.1007/s00704-018-02761-0.

Serykh I.V., Sonechkin D.M., Byshev V.I., Neiman V.G., Romanov Yu.A. Global Atmospheric Oscillation: An Integrity of ENSO and Extratropical Teleconnections. *Pure and Applied Geophysics*, 2019, vol. 176(8), p. 3737–3755. DOI: 10.1007/s00024-019-02182-8.

Serykh I.V., Sonechkin D.M. El Niño forecasting based on the global atmospheric oscillation. *International Journal of Climatology*, 2020. DOI: 10.1002/joc.6488.

Stickler A., Brönnimann S., Valente M.A., Bethke J., Sterin A., Jourdain S., Roucaute E., Vasquez M.V., Reyes D.A., Allan R., Dee D. ERA-CLIM: Historical Surface and Upper-Air Data for Future Reanalyses. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 2014, vol. 95, no. 9, p. 1419–1430. DOI: 10.1175/BAMS-D-13-00147.1.

Torrence D.C., Compo G.P. A practical guide to wavelet analysis. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 1998, vol. 79, p. 61–78. DOI: 10.1175/1520-0477(1998)079<0061:APGTWA>2.0.CO;2.

Torrence D.C., Webster P.J. Interdecadal changes in the ENSO-monsoon system. *Journal of Climate*, 1999, vol. 12, p. 2679–2690. DOI: 10.1175/1520-0442(1999)012<2679:ICITEM>2.0.CO;2.

Поступила в редакцию 31.03.2019

После доработки 20.11.2019

Принята к публикации 06.03.2020

I.V. Serykh<sup>1</sup>, A.V. Tolstikov<sup>2</sup>ON THE CAUSES OF THE LONG-TERM VARIABILITY  
OF SURFACE AIR TEMPERATURE OVER THE WHITE SEA

Changes of the surface air temperature (SAT) over the White Sea are investigated. The inter-annual changes of mean SAT anomalies in the White Sea region for 1980–2010, calculated from various reanalyses, appeared to be in good agreement with each other. Furthermore, two reanalyses turned out to be the closest to the rest of data sources, i.e. high-resolution MERRA-2 for the period of satellite observations and NCEP/NCAR having lower resolution, but a longer period. Therefore, MERRA-2 was applied for the detailed analysis of SAT changes in various regions of the White Sea, and data from the NCEP/NCAR reanalysis – for the study of longer-term SAT changes in the entire White Sea region. In addition, the results were compared with the data on the surface water layer and surface air temperatures from the coastal and island hydrometeorological stations of the White Sea. Changes in the SAT anomalies were calculated for particular regions of the White Sea. Their analysis showed insignificant differences of the changes in SAT anomalies between the individual regions and the White Sea region as a whole. Therefore, the mean SAT anomalies were studied throughout the White Sea during further analysis of inter-annual fluctuations.

The analysis of monthly average SAT over the White Sea showed its significant growth over the past decades. Against the background of this growth, we revealed inter-annual SAT variability with periods close to the periods of El Niño – the Southern Oscillation (2–7 years) and the North Atlantic Oscillation (7–10 years). The influence of these fluctuations on the inter-annual variability of the White Sea SAT is shown and the periods of their synchronization and desynchronization are found. From the mid-1960s to the early 1970s and from the second half of the 1980s to the mid-2010s, during the El Niño events, negative SAT anomalies were usually observed over the White Sea, changing to the positive anomalies during the La Niña events. Between the late 1960s and mid-1990s the North Atlantic Oscillation had a positive effect on the anomalies in the surface air temperature of the White Sea, in the second half of the 1990s this influence changed sign, but since the beginning of the 2000s became positive again. We suggest a hypothesis on the role of Global Atmospheric Oscillation as a synchronizing link between the tropics of the Pacific Ocean, the North Atlantic and the White Sea region.

*Key words:* climate variability, surface air temperature, the White Sea, El Niño – Southern Oscillation, Global Atmospheric Oscillation, North Atlantic Oscillation

*Acknowledgements.* The study was financially supported by the Russian Foundation for basic Research (project № 18-05-01053 Investigation of hydrometeorological and hydrodynamic regimes of the White Sea by the satellite altimetry data).

## REFERENCES

- Arthun M., Eldevik T., Viste E., Drange H., Furevik T., Johnson H.L., Keenlyside N.S. Skillful prediction of northern climate provided by the ocean, *Nature Communications*, 2017, vol. 8, 1585, DOI: 10.1038/ncomms15875.
- Astafyeva N.M., Rayev M.D. The effect of large-scale remote atmospheric environments on tropical cyclone trajectories, *Sovremennye problemi distancionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa. Fizicheskiye osnovy. Metody i tehnologii monitoringa okruzhayushhey sredy, potencialno opasnyh yavleniy i objektov* [Current problems of remote sensing of the Earth from space: Physical foundations, methods and technologies for monitoring the environment, potentially dangerous phenomena and objects], Moscow, DoMira Publ., 2010, vol. 7, no. 1, p. 61–74. (In Russian)
- Beloye more i ego vodosbor pod vliyaniyem klimaticheskikh i antropogennykh faktorov* [White Sea and its catchment basin under the influence of climatic and anthropogenic factors] Filatov N.N., Terzhevik A.Yu. (Eds.), Petrozavodsk, Karelian Science Center RAS Publ., 2007, 335 p. (In Russian)
- Byshev V.I. *Sinopticheskaya i krupnomasshtabnaya izmenchivost' okeana i atmosfery* [Synoptic and large-scale variability of the ocean and the atmosphere]. Moscow, Nauka Publ., 2003, 344 p. (In Russian)
- Byshev V.I., Neiman V.G., Anisimov M.V., Gusev A.V., Serykh I.V., Sidorova A.N., Figurkin A.L., Anisimov I.M. Multi-decadal oscillations of the ocean active upper-layer heat content. *Pure and Applied Geophysics*, 2017, vol. 174, no. 7, p. 2863–2878. DOI: 10.1007/s00024-017-1557-3.
- Byshev V.I., Neiman V.G., Romanov Y.A., Serykh I.V., Sonechkin D.M. Statistical significance and climatic role of the Global Atmospheric Oscillation. *Oceanology*, 2016, vol. 56, no. 2, p. 165–171. DOI: 10.1134/S000143701602003X.
- Byshev V.I., Neiman V.G., Romanov Yu.A., Serykh I.V. El Niño as a consequence of the global oscillation in the dynamics of the

<sup>1</sup> Shirshov Institute of Oceanology, Russian Academy of Sciences, Laboratory of Large-Scale Variability of Hydrophysical Fields, Senior Scientific Researcher, Ph.D. in Physics and Mathematics; *e-mail*: iserykh@ocean.ru

<sup>2</sup> Northern Water Problems Institute, Karelian Research Centre of the Russian Academy of Sciences, Laboratory of Geography and Hydrology, Head of the Laboratory, Ph.D. in Geography; *e-mail*: alexeytolstikov@mail.ru

Earth's climatic system, *Doklady Earth Sciences*, 2012, vol. 446, no 1, p. 1089–1094. DOI: 10.1134/S1028334X12090012.

Compo G.P., Whitaker J.S., Sardeshmukh P.D., Matsui N., Allan R.J., Yin X., Gleaso B.E., Vose R.S., Rutledge G., Bessemoulin P., Brönnimann S., Brunet M., Crouthamel R.I., Grant A.N., Groisman P.Y., Jones P.D., Kruk M., Kruger A.C., Marshall G.J., Maugeri M., Mok H.Y., Nordli Ø., Ross T.F., Trigo R.M., Wang X.L., Woodruff S.D., Worley S.J. The Twentieth Century Reanalysis Project. *Quarterly J. Roy. Meteorol. Soc.*, 2011, vol. 137, p. 1–28. DOI: 10.1002/qj.776.

Dee D.P., Uppala S.M., Simmons A.J., Berrisford P., Poli P., Kobayashi S., Andrae U., Balmaseda M.A., Balsamo G., Bauer P., Bechtold P., Beljaars A.C.M., Van de Berg L., Bidlot J., Bormann N., Delsol C., Dragani R., Fuentes M., Geer A.J., Haimberger L., Healy S.B., Hersbach H., Hólm E.V., Isaksen I., Kållberg P., Köhler M., Matricardi M., McNally A.P., Monge Sanz B.M., Morcrette J. J., Park B. K., Peubey C., de Rosnay P., Tavolato C., Thépaut J. N., Vitart F. The ERA-Interim reanalysis: configuration and performance of the data assimilation system. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 2011, vol. 137, iss. 656, p. 553–597. DOI: 10.1002/qj.828.

Dikson R., Majnke J. Oceanographic conditions of the Atlantic in 1998–1999 and their gradual recovery from extreme impacts. *100 let okeanograficheskikh nablyudenij na razreze «Kola'skiy meridian» v Barencevom more* [100 years of oceanographic observations at the Kola Meridian section in the Barents Sea]. Proc. of the International Symposium, Murmansk, PINRO Publ., 2005, p. 130–144. (In Russian)

Gelaro R., McCarty W., Suárez M.J., Todling R., Molod A., Takacs L., Randles C.A., Darmenov A., Bosilovich M.G., Reichle R., Wang K., Coy L., Cullather R., Draper C., Akella S., Buchard V., Conaty A., da Silva A.M., Gu W., Kim G.-K., Koster R., Lucchesi R., Merkova D., Nielsen J.E., Partyka G., Pawson S., Putman W., Rienecker M., Schubert S.D., Sienkiewicz M., Zhao B. The Modern-Era Retrospective Analysis for Research and Applications, Version 2 (MERRA-2). *Journal of Climate*, 2017. DOI: 10.1175/JCLI-D-16-0758.1.

Henriksson S.V. Interannual oscillations and sudden shifts in observed and modeled climate. *Atmos. Sci. Lett.*, 2018, p. 1–8. DOI: 10.1002/asl.850.

Huang B., Thorne P.W., Banzon V.F., Boyer T., Chepurin G., Lawrimore J.H., Menne M.J., Smith T.M., Vose R.S., Zhang H.-M. Extended Reconstructed Sea Surface Temperature, version 5 (ERSSTv5): Upgrades, validations, and intercomparisons. *Journal of Climate*, 2017, vol. 30, p. 8179–8205. DOI: 10.1175/JCLI-D-16-0836.1.

Hurrell J.W., Kushnir Y., Otttersen G., Visbeck M. The North Atlantic Oscillation: Climate Significance and Environmental Impact. Eds. *Geophysical Monograph Series*, 2003, vol. 134, 279 pp.

IPCC. *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of WG1 to the V Assessment Report of the IPCC*, Cambridge, UK and New York, NY, USA, 2013, 1535 p.

Kalnay E., Kanamitsu M., Kistler R., Collins W., Deaven D., Candin L., Iredell M., Saha S., White G., Woollen J., Zhu Y., Leetmaa A., Reynolds R., Chelliah M., Ebisuzaki W., Higgins W., Janowiak J., Mo K.C., Ropelewski C., Wang J., Jenne R., Joseph D. The NCEP/NCAR 40-year reanalysis project. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 1996, vol. 77, p. 437–471. DOI: 10.1175/1520-0477(1996)077<0437:TNYRP>2.0.CO;2.

Kanamitsu M., Ebisuzaki W., Woollen J., Yang S.-K., Hnilo J.J., Fiorino M., Potter G.L. NCEP-DOE AMIP-II Reanalysis (R-2). *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 2002, p. 1631–1643. DOI: 10.1175/BAMS-83-11-1631.

Klimat Karelii: izmenchivost' i vliyanie na vodny'e ob'ekty' i vodosbory' [Climate of Karelia: its variability and impact on water bodies and catchment basins]. Filatov N.N. (Ed.), Petrozavodsk, KarNC RAN Publ., 2004, 224 p. (In Russian)

Kobayashi S., Ota Y., Harada Y., Ebata A., Morioka M., Onoda H., Onogi K., Kamahori H., Kobayashi C., Endo H., Miyaoka K., Takahashi K. The JRA-55 Reanalysis: General Specifications and Basic Characteristics. *Journal of the*

*Meteorological Society of Japan*, Ser. II, 2015, vol. 93, no. 1, p. 5–48. DOI: 10.2151/jmsj.2015-001.

Krasilnikova V.V. Analiz mnogoletnej izmenchivosti prizemnoj temperatury' vozduha v rajone Dvinskogo zaliva Belogo moray za period 1915–2015 gg. [Analysis of inter-annual variability of surface air temperature in the Dvina Bay of the White Sea for the period 1915–2015]. *Gidrometeorologicheskie issledovaniya i prognozy'*, 2018, no. 2(368), p. 110–119. (In Russian)

Lociya Belogo moray [White Sea Sailing Direction]. Saint-Petersburg, Min. oborony' SSSR, GUNiO Publ., 1995, no. 1110, 336 p. (In Russian)

Moron V., Vautard R., Ghil M. Trends, interdecadal and interannual oscillations in global sea-surface temperatures. *Climate Dynamics*, 1998, vol. 14, p. 545–569. DOI: 10.1007/s003820050241.

Rodriguez-Fonseca B., Suarez-Moreno R., Ayarzagüena B., Lypez-Parages J., Gymara I., Villamayor J., Mohino E., Losada T., Castaco-Tierno A. A Review of ENSO Influence on the North Atlantic. A Non-Stationary Signal. *Atmosphere*, 2016, vol. 7, no. 7, p. 87. DOI: 10.3390/atmos7070087.

Saha S., Moorthi S., Wu X., Wang J., Nadiga S., Tripp P., Behringer D., Hou Y.-T., Chuang H., Iredell M., Ek M., Meng J., Yang R., Mendez M.P., Wang W., Chen M., Becker E. The NCEP Climate Forecast System Version 2. *Journal of Climate*, 2014, vol. 27, p. 2185–2208. DOI: 10.1175/JCLI-D-12-00823.1.

Serykh I.V. O dinamike i strukture global'noj atmosfernoj oscillyacii v klimaticheskikh modelyah i real'nosti [On the dynamics and structure of the Global Atmospheric Oscillation in climate models and reality]. *Okeanologicheskie issledovaniya*, 2018, vol. 46, no. 1, p. 14–28. DOI: 10.29006/1564-2291.JOR-2018.46(1).2. (In Russian)

Serykh I.V., Sonechkin D.M. El Niño forecasting based on the global atmospheric oscillation. *International Journal of Climatology*, 2020. DOI: 10.1002/joc.6488.

Serykh I.V., Sonechkin D.M. Haos i poryadok v atmosfernoj dinamike. Part 1. Haoticheskie variacii pogody [Chaos and order in atmospheric dynamics. Part 1. Chaotic weather variations]. *Izvestiya Vysshih Uchebnyh Zavedeniy. Prikladnaya Nelineynaya Dinamika*, 2017, vol. 25, no. 4, p. 4–22. DOI: 10.18500/0869-6632-2017-25-4-4-22. (In Russian)

Serykh I.V., Sonechkin D.M. Nonchaotic and globally synchronized short-term climatic variations and their origin. *Theoretical and Applied Climatology*, 2019, vol. 137(3–4), p. 2639–2656. DOI: 10.1007/s00704-018-02761-0.

Serykh I.V., Sonechkin D.M. Sopostavlenie vremennyh energeticheskikh spektrov indeksov El'-Nin'o – Yuzhnogo kolebaniya i global'nyh polej temperatury i atmosfernogo davleniya v pripoverhnostnom sloe [An intercomparison of the temporal power spectra of El Niño – Southern oscillation indices and the global temperature and pressure fields in the surface layer]. *Fundamental and Applied Climatology*, 2017, vol. 2, p. 144–155. DOI: 10.21513/2410-8758-2017-1-144-155. (In Russian)

Serykh I.V., Sonechkin D.M., Byshev V.I., Neiman V.G., Romanov Yu.A. Global Atmospheric Oscillation: An Integrity of ENSO and Extratropical Teleconnections. *Pure and Applied Geophysics*, 2019, vol. 176(8), p. 3737–3755. DOI: 10.1007/s00024-019-02182-8.

Sistema Belogo morya. Prirodnaya sreda vodosbora Belogo morya. [The system of the White Sea. The natural environment of the White Sea catchment basin], vol. 1, Moscow, Nauchny mir Publ., 2010, 480 p. (In Russian)

Stickler A., Brönnimann S., Valente M.A., Bethke J., Sterin A., Jourdain S., Roucaute E., Vasquez M.V., Reyes D.A., Allan R., Dee D. ERA-CLIM: Historical Surface and Upper-Air Data for Future Reanalyses. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 2014, vol. 95, no. 9, p. 1419–1430. DOI: 10.1175/BAMS-D-13-00147.1.

Tolstikov A.V. Izmenchivost' temperatury poverhnostnogo sloya Belogo moray [Temperature variability of the surface layer of the White Sea], Moscow, GEOS Publ., 2016, 212 p. (In Russian)

Tolstikov A.V., Chernov I.A. Variability of biogeochemical processes in the White Sea under different climatic conditions

according to modeling data. *Trudy Karel'skogo nauchnogo centra RAN* [Proc. of the Karelian Scientific Center], Petrozavodsk. KarNC RAN Publ., 2019, no. 6, p. 1–11. DOI: 10.17076/eb95. (In Russian)

*Tolstikov A.V., Filatov N.N., Zdorovenov R.E. Beloe more i ego vodosbor* [White Sea and its catchment basin], Database Registration Certificate, no. 2010620435, August 16, 2010. (In Russian)

*Torrence D.C., Compo G.P.* A practical guide to wavelet analysis. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 1998, vol. 79, p. 61–78. DOI: 10.1175/1520-0477(1998)079<0061:APGTWA>2.0.CO;2.

*Torrence D.C., Webster P.J.* Interdecadal changes in the ENSO-monsoon system. *Journal of Climate*, 1999, vol. 12, p. 2679–2690. DOI: 10.1175/1520-0442(1999)012<2679:ICITEM>2.0.CO;2.

*Vakulenko N.V., Serykh I.V., Sonechkin D.M.* Haos i poryadok v atmosfernoj dinamike, part 3. Predskazuemost' El'-Nin'o [Chaos and order in atmospheric dynamics, part 3. Predictability of El Niño], *Izvestiya Vysshih Uchebnyh Zavedeniy. Prikladnaya Nelineynaya Dinamika*, 2018, vol. 26, no. 4, p. 75–94. DOI: 10.18500/0869-6632-2018-26-4-75-94. (In Russian)

Received 31.03.2019

Revised 20.11.2019

Accepted 06.03.2020

УДК 551.345

С.Ф. Колесников<sup>1</sup>**ЧЕТВЕРТИЧНЫЕ ОТЛОЖЕНИЯ ПОЛУОСТРОВА ШИРОКОСТАН**

Для решения проблемы генезиса, палеогеографических условий формирования четвертичных отложений Северо-Востока России проведены исследования на полуострове Широкостан (побережье моря Лаптевых). В опорном разрезе (Этрыканский яр) вскрыты разновозрастные отложения. Рельефообразующие отложения – среднеледниковые осадки куччугуйской свиты, в бортах которой на более низком гипсометрическом уровне располагаются верхнеледниковые отложения ойогосской свиты. Отложения данных свит отличаются друг от друга различной льдистостью, размерами полигонально-жильных льдов (ПЖЛ), которые при вытаивании образуют разные по размерам и форме байдже-рахы. Это может служить одним из признаков при составлении геоморфологической карты не только данной территории, но и всех районов распространения ледового комплекса. Отложения ойогосской свиты унаследовали гранулометрический и минералогический состав отложений куччугуйской свиты, что свидетельствует о формировании первых за счет ближайшего переотложения вторых.

Аласный комплекс представлен тремя возрастными образованиями (казанцевскими, каргинскими, голоценовыми), для которых характерно однотипное строение. Впервые удалось проследить фациальные изменения, криогенные, посткриогенные образования в казанцевских осадках от перекрытых ледовым комплексом участков с ледяными жилами до полностью протаявшего ледового комплекса с системой псевдоморфоз. Промерзание всех типов отложений шло как сингенетически, так и эпигенетически. Причем аласные отложения казанцевского возраста могли промерзнуть как сверху, так и снизу в тех местах, где они перекрыты отложениями ойогосской свиты. Возраст отложений доказывался условиями их залегания, спорово-пыльцевыми, макрофаунистическими анализами. Абсолютный возраст отложений определяется по наличию датировок сопредельных районов (Ойогосский яр, остров Б. Ляховский) и его значения согласуются с данными по другим районам приморских низменностей Северо-Востока России.

Результаты спорово-пыльцевого анализа показывают хорошо выраженные изменения климата на протяжении четвертичного периода. Это также подтверждается распространением криогенных и посткриогенных образований в разных генетических типах отложений.

*Ключевые слова:* Этрыканский яр, куччугуйская свита, ойогосская свита, едомный комплекс, аласные отложения, полигонально-жильные льды, псевдоморфозы, структуры обтекания, байдже-рахы

**Введение.** На Северо-Востоке России в течение нескольких последних десятилетий проводилось много исследований, направленных на изучение возраста и палеогеографических условий формирования рыхлых отложений. Имеется много разрезов четвертичных отложений (Ойогосский яр, Дуванный яр, ледовый комплекс острова Большой Ляховский, Воронцовский яр и многие другие), описанные Поповым А.И. [Попов, 1953], Романовским Н.Н., Каплиной Т.Н. [Каплина, Романовский, 1960], Лаврушиным Ю.А. [Лаврушин, 1963], Кузнецовой Т.П. [Кузнецова, 1965], Томирдиаро С.В. [1980] и многими другими. В этих работах дается подробное описание строения, криогенного, гранулометрического состава разновозрастных отложений. К сожалению, в них практически отсутствуют данные результатов спорово-пыльцевых, макрофаунистических анализов, определения абсолютного возраста. В последнее время появилось несколько работ, которые компенсируют этот недостаток [Каплина, 2009, 2011; Тумской, 2012; Andreev et al., 2004; Kienast et al., 2008; Wetterich et al., 2009]. В них подробно показаны

условия залегания разновозрастных отложений, палеогеографические характеристики, абсолютный возраст. В настоящее время не существует единого мнения о генезисе этих отложений, за исключением осадков аласного комплекса.

За основу выделения стратиграфических горизонтов взята схема О.А. Иванова [Прохорова, Иванов, 1973], усовершенствованная В.Е. Тумским [2012].

Цель данной работы – дополнить имеющиеся данные о генезисе, палеогеографических условиях формирования четвертичных отложений Северо-Востока России на основе проведенных нами исследований на полуострове Широкостан (побережье моря Лаптевых) (рис. 1).

**Материалы и методы исследований.** Материалом для написания статьи послужили исследования, проведенные Проблемной лабораторией по освоению Севера географического ф-та МГУ в 1976–1978 гг. на побережье моря Лаптевых. Из серии изученных разрезов разновозрастных четвертичных отложений опорным явился Этрыканский яр, в ко-

<sup>1</sup> Московский государственный университет геодезии и картографии (МИИГАиК), факультет картографии и геоинформатики, кафедра географии, канд. геогр. н., доцент; e-mail: sfkol@yandex.ru

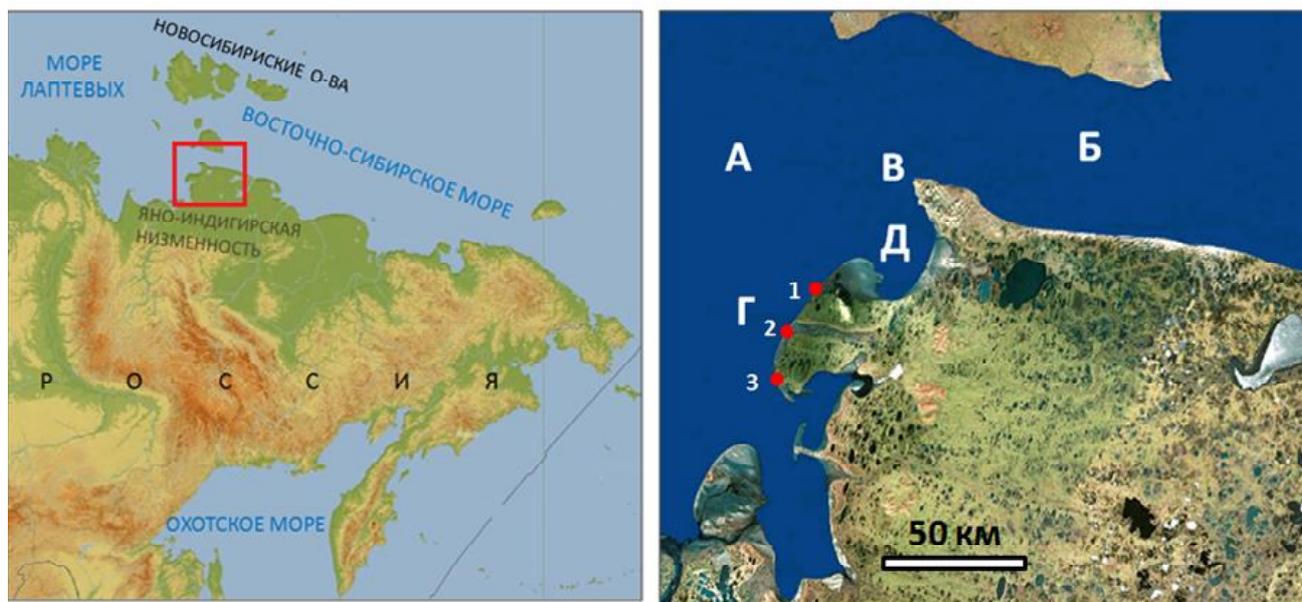


Рис. 1. Этрыканский яр на карте России. 1, 2, 3 – изученные разрезы; 2 – опорный разрез; А – море Лаптевых, Б – пролив Дм. Лаптева, В – полуостров Святой Нос, Г – полуостров Широкостан, Д – Эбеляхская губа

Fig.1. Etrykansky Yar on the map of Russia. 1, 2, 3 – studied sections, 2 – reference section; А – Laptev Sea, В – Dm. Laptev Strait, V – Svyatoy Nos Peninsula, G – Shirokoston Peninsula, D – Ebelyahskaya Bay

тором они представлены наиболее полно – от среднего плейстоцена до голоцена (рис. 2). В процессе работы были выполнены анализы гранулометрического и минералогического состава с использованием стандартных методик. Проведен подробный анализ состава спорово-пыльцевых спектров (определения Е.В. Тер-Григорян), крупных остатков фауны млекопитающих (определения А.В. Шера, А.К. Агаджаняна).

**Результаты исследований и их обсуждение.** На полуострове Широкостан выделяются 3 типа аккумулятивного рельефа. К первому типу (высокая едома) относятся области ранне-среднеплейстоценовых поднятий с преимущественным развитием разнольдых осадков кучугуйской свиты с абсолютными отметками 60–110 м. Поверхность пологоволнистая, слаборасчлененная термокарстовыми котловинами глубиной до 10–15 м. Наибольшие из них соединены протоками с небольшими реками Даркан, Этрыкан. Отложения высокой едомы сложены песчаным алевритом. Ко второму типу (низкая едома) относятся области с сокращенным развитием сильно льдистых отложений ойгосской свиты, занимающих более низкое гипсометрическое положение. Они расположены на крыльях осадков первого типа. Интенсивность термокарстовых процессов в верхнем плейстоцене и голоцене была настолько велика, что от первичной льдистой толщи остались

лишь небольшие останцы. На всей поверхности широко развиты термокарстовые котловины диаметром от 0,5 км до 3 км и глубиной до 15 м, характерны повышенная заболоченность, развитие крупных булгуных, полигональный рельеф. К третьему типу рельефа относятся области наиболее полных разрезов осадков ойгосской свиты, приуроченных к областям максимального прогибания. Поверхность сильно заболочена, аласные котловины неглубокие, но очень обширные – до нескольких километров, в



Рис. 2. Этрыканский яр (полуостров Широкостан). Фото автора, 1977 г.

Fig. 2. Etrykansky Yar (Shirokoston Peninsula). Photo of the author, 1977

бортах развиты байджеяхи. В центральных частях котловин – небольшие озера, встречаются булгуны высотой до 20 м. Отличительной особенностью различия отложений ойогосской и куччугуйской свит является морфология байжеяхов (см. рис. 2). Первые имеют форму пологого конуса высотой до 2,5 м, и шириной у подножья до 3 м. Расстояние между ними от 3 до 10 м. Вторые имеют форму усеченного конуса высотой до 4–8 м и значительно большее расстоянием между ними. Эти различия байджеяхов могут быть использованы как дешифровочный признак при составлении геоморфологической карты не только данной территории, но и всех районов распространения ледового комплекса.

Отложения куччугуйской свиты, выделенной О.А. Ивановым [Прохорова, Иванов, 1973], слагают основную аккумулятивную равнину полуострова Широкостан (рис. 3). В обнажении Этрыканский яр видимая мощность отложений изменяется от 0 м, где они погружены под уровень моря и перекрыты отложениями аласного комплекса, до 52 м в районе мыса Куртах. В пределах видимой части разреза куччугуйской свиты строение довольно однообразное. Осадки представлены переслаиванием тонкозернистого песка и песчаного алевролита с включением вертикально стоящих корешков травянистых растений. Для строения рассматриваемой толщи, по мнению упомянутых выше исследователей, характерно наличие волнистой слоистости, формирование которой происходило, возможно, на дне мелкого спокойного водоема. Однако наши исследования показали [Колесников, 1980], что, по-видимому, за эту слоистость были приняты изгибания слоев на контакте грунтовых микрожил, возникших за счет заполнения трещин усыхания, а последние никак не могли образоваться на дне водоема. Они появляются на периодически осушаемых незадернованных

участках лайд или прирусловых отмелей. Ширина грунтовых жил обычно 0,5–1,0 см, высота от 10–15 см до 2–3 м. По морфологии они очень похожи на выделенные Е.М. Катасоновым [1962] грунтовые жилы отгибания, образование которых происходит в условиях аккумуляции осадков на периодически осушаемых территориях. Интересно отметить, что на современной осушке Ванькиной губы изучены нами аналогичные структуры, которые могут служить одним из доказательств условий формирования отложений куччугуйской свиты. Широкое развитие данного типа осадков на Северо-Востоке России, в частности, на Ойогосском яре [Тумской, 2012], на севере Колымской низменности (маастахская свита) [Архангелов, 1977] и на Чукотке (энмакайская свита) [Тер-Григорян, 1979; Колесников, 1980], позволяет предположить, что этот тип осадконакопления был основным на данном этапе развития территории. Представляются интересными особенности распределения полигонально-жильных льдов (ПЖЛ) в разрезе. Хорошо прослеживаются два яруса ПЖЛ. В нижней части разреза они имеют четко выраженные признаки сингенеза, в основании имеют клиновидную форму длиной 1–2 м. Основная часть ПЖЛ имеет ширину до 10 м, которая сверху ступенчато сужается и заканчивается небольшим элементарным ростком. Расстояния между ПЖЛ достигают 18–22 м. Четко выраженные плечики и припаянные к ним толстые шлиры льда (1–2 см), приподнимающиеся на контактах с ПЖЛ, неправильная форма, элементарные жилки, венчающие ПЖЛ, говорят об их сингенетическом образовании. Полигональные ванны между ПЖЛ сильно заторфованы линзами мощностью до 3–5 см, которые выклиниваются на контактах с ПЖЛ. Средняя часть толщи характеризуется отсутствием ПЖЛ. Криогенное строение довольно однообразное, преобладает массивная текстура, местами встречается тонкошлировая.

В верхней части разреза встречаются ПЖЛ шириной до 1,5–2,0 м и высотой до 3–5 м, имеющие четко выраженную клиновидную форму. На контакте ПЖЛ с вмещающими отложениями слои отогнуты вверх. Морфологические особенности ПЖЛ позволяют считать их эпигенетическими.

Криогенные особенности строения отложений куччугуйского горизонта хорошо согласуются с составом спорово-пыльцевого спектра. В основании разреза спектр отражает распространение тундровых ландшафтов. В нем преобладает пыльца травянисто-кустарничковых растений (50–65%), в основном это злаковые и осоковые с участием полыни, лебедовых, гвоздичных и сложноцветных.

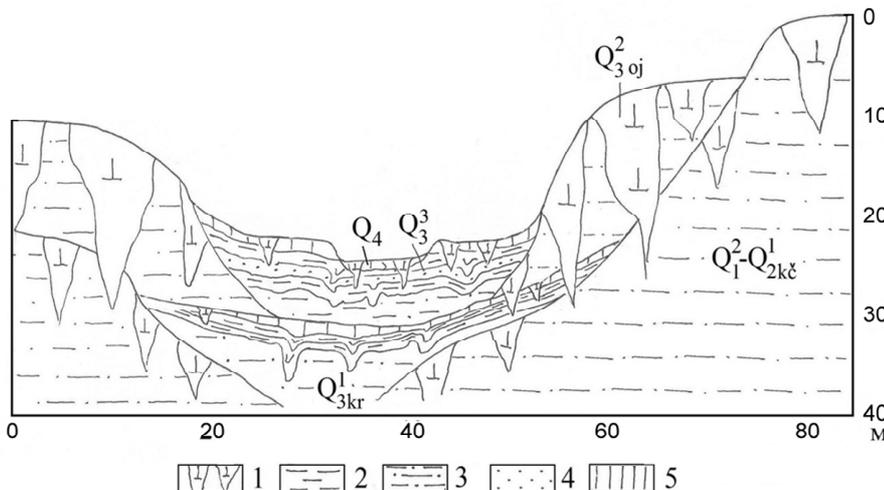


Рис. 3. Строение рыхлых отложений в обнажении Этрыканский яр: 1 – ПЖЛ, 2 – алевролит, 3 – песчаный алевролит, 4 – песок, 5 – торф

Fig. 3. The structure of friable deposits in the Etrykanskiy: 1 – polygonal wedge ice, 2 – aleurite, 3 – sandy aleurite, 4 – sand, 5 – peat

Среди пыльцы древесно-кустарниковой группы (15–20%) основную массу составляет пыльца кустарников (береза, ольховник, ива). Из древесных отмечены лиственница (1–3%), ольха (1–3%). Среди спор господствуют зеленые мхи. В средней части разреза в спорово-пыльцевых спектрах преобладает пыльца древесных и кустарниковых пород (до 50%). Кустарники представлены березой, ольховником, кедровым стлаником. Из древесных преобладают хвойные: ель – 12%, *Pinus s/g Diploxylon* (16%), кедровая стланиковая сосна (20%). В составе кустарничковых и травянистых преобладает пыльца злаковых и осоковых. Доминируют споры зеленых мхов, присутствуют споры сфагновых мхов, папоротникообразных. Такой состав спектров позволяет предположить существование в это время хвойно-мелколиственных лесов с присутствием тундровых фитоценозов. Формирование осадков верхней части разреза происходило в условиях похолодания климата. Оно сопровождалось сокращением лесной растительности и распространением тундр. Содержание пыльцы древесно-кустарниковой группы сокращается до 30%. Увеличивается содержание пыльцы кустарников (березы, ольховника). Начинает господствовать пыльца травянистых и кустарничковых растений (47%). Находки копытного лемминга (определение А.К. Агаджаняна) позволяют отнести их к среднему плейстоцену. На острове Большой Ляховский, в устье реки Зимовье, получены датировки для куччугуйской свиты термолюминисцентным методом  $134 \pm 22$  тыс. лет [Andreev et al., 2004].

Осадки конца среднего плейстоцена на данной территории отсутствуют, что связано с ее интенсивным неотектоническим поднятием. Существовавшие в это время суровые климатические условия привели к формированию достаточно мощных эпигенетических ледяных жил, наличие которых при последующем потеплении привело к заложению крупных термокарстовых котловин.

В основании верхнеплейстоценовых (казанцевских) отложений залегают осадки крест-юряхской свиты. Накопление данных отложений происходило на фоне общего поднятия территории и было приурочено к мелким речным долинам и обширным термокарстовым котловинам, образовавшимся в результате протаивания ледяных жил в кровле отложений куччугуйской свиты. Наиболее распространенные отложения – осадки аласного комплекса. В нижней части этого комплекса наблюдаются таберальные образования, представленные песчаным алевритом и сформировавшиеся за счет переотложения протаивших отложений куччугуйской свиты. Наибольшее развитие они получили в центральной части котловины, достигая видимой мощности 7 м. К бортам котловины их мощность быстро сокращается, и они полностью выклиниваются. Для криогенного строения характерна разреживающаяся сеть шлиров льда, что говорит об эпигенетическом типе промерзания данных отложений. Ближе к бортам котловины на контакте с вышележащими отложениями отмечены ледяные жилы клиновидной фор-

мы с расстояниями между ними до 10–15 м. По мере приближения к центральной части котловины они исчезли и на их месте образовались псевдоморфозы по ПЖЛ. Спорово-пыльцевые спектры отложений основания разреза во многом унаследуют черты нижележащих отложений куччугуйской свиты. В спектрах преобладает пыльца травянисто-кустарничковых растений (50%), много спор (33%) и мало пыльцы древесно-кустарниковых растений (17%). Среди пыльцы травянисто-кустарничковых растений 57% составляет пыльца злаковых, много пыльцы растений группы разнотравья. В группе спор доминируют споры зеленых мхов. Вверх по разрезу в спектрах увеличивается доля древесно-кустарниковых растений, что знаменует собой начало теплой эпохи верхнего плейстоцена. Формирование отложений крест-юряхской свиты, изученных на Ойогосском яре и в находящихся на северной стороне пролива Дмитрия Лаптева разрезах острова Большой Ляховский, происходило в теплых условиях последнего межледниковья, о чем имеются убедительные свидетельства как ботанические (споры и пыльца, макроостатки растений), так и энтомологические [Kienast et al., 2008]. Реконструкции температур самого теплого месяца для Ойогосского яра показывают, что они были на  $6\text{--}10^\circ\text{C}$  выше современной. На острове Большой Ляховский, в устье реки Зимовье самая древняя датировка термолюминисцентным методом для крест-юряхского горизонта составляет  $102 \pm 16$  тыс. лет [Andreev et al., 2004].

Аласные отложения отличаются большим набором криогенных и посткриогенных образований. Для таберальных отложений характерно наличие слоистых и слоисто-сетчатых криогенных текстур с разреживанием шлиров книзу, что говорит об эпигенетическом типе промерзания. В вышележащих отложениях криогенная текстура массивная. На контакте с вышележащими отложениями ЛК прослеживается сеть ПЖЛ и псевдоморфоз по ним, а также приуроченность ПЖЛ к краям котловин. Ледяные жилы имеют двухъярусное строение. Нижняя часть ПЖЛ клиновидной формы отражает эпигенетическую стадию развития жил, их мощность не превышает 2 м. Верхняя часть имеет неправильную форму, ширина колеблется от 0,1 до 1,0 м, высота – до 1,5 м. Двухъярусное строение ПЖЛ наблюдается вблизи борта котловин, по мере удаления от них ПЖЛ становятся одноярусными, в центральных частях они полностью исчезают, а на их месте присутствуют псевдоморфозы. Все это позволяет предположить, что в краевых частях промерзание шло сингенетически, а ближе к центру – эпигенетически. В данной статье мы не рассматриваем особенности строения псевдоморфоз, так как оно мало отличается от описанных ранее в многочисленных публикациях [Каплина, Романовский, 1960; Костяев, 1960; Каплина, 2009, 2011].

Отложения ойогосского горизонта (низкая едома) имеют широкое распространение на рассматриваемой территории. Они представлены опесчаненным слоистым алевритом. Слоистость подчеркива-

ется тонкими прослоями аллохтонного торфа. Вся толща пронизана вертикально ориентированными корешками травянистой растительности. Встречаются мощные слои автохтонного торфа. Распределение растительных остатков в разных частях разреза неравномерно. Заметно закономерное изменение цвета осадка от сизого в нижней части до буро-коричневого в средней и верхней. Характерная особенность толщи – наличие мощных сингенетических ПЖЛ высотой до 20–25 м (см. рис. 2).

Генезис данных отложений представляет одну из важнейших проблем палеогеографии Северо-Востока России. Имеются точки зрения озерно-аллювиального [Попов, 1953; Катасонов, 1954], склонового [Гравис, 1969], аллювиального [Лаврушин, 1963], озерно-болотного [Кайалайнен, Кулаков, 1965], аллювиального и аласного [Конищев, 1969], эолового [Томирдиаро, 1980] происхождения толщи. Важное место в определении генезиса едомы имеет определение ее распространения. С.В. Томирдиаро считает, что едома имеет сплошное распространение и мощным плащом перекрывает разновозрастные отложения. Однако наши исследования, проведенные на полуострове Широкостан, не подтверждают эти утверждения. Было установлено, что в предгорьях массива Юнг-Хастах льдистая толща слагает четко выраженный уровень и вложена в отложения среднеплейстоценовой равнины, часто наблюдается залегание едомных отложений на склонах термокарстовых котловин крест-юряхского возраста. В предгорьях и межгорных котловинах распространены склоновые отложения едомы. Таким образом, рисуется довольно сложная картина распространения едомы. Важным фактором, служащим для С.В. Томирдиаро доказательством эолового проис-

хождения едомы, является гранулометрический состав, для которого характерно преобладание лессовой фракции 0,05–0,01 мм. Однако в отложениях едомы встречаются частицы разного размера, что противоречит ее эоловому генезису и объясняет ее генетическую неоднородность [Конищев, 1969; Лаврушин, 1963].

Нами проведен анализ гранулометрического состава отложений куччугуйской и ойогосской свит. На рис. 4 показан график соотношения энтропийной меры сортированности и средневзвешенного диаметра отложений данных толщ, составленный на основе массовых данных гранулометрического анализа. Результаты минералогического анализа отложений двух свит показали хорошо выраженную зависимость состава двух толщ. Это доказывает, что осадки низкой едомы являются продуктом ближайшего переотложения осадков высокой едомы и достаточно четко унаследуют черты состава подстилающих отложений в данном районе, о чем подробно написано в работе С.Ф. Колесникова [1983]. Ее выводы полностью отрицают положения С.В. Томирдиаро об экзотической природе минерального вещества льдистой толщи. Анализ вещественного состава аналогичных отложений в обнажении Ойогосский яр также подтверждает данное положение [Колесников, 1983].

Полученные спорово-пыльцевые спектры отложений ойогосской свиты мало отличаются от аналогичных по другим районам Северо-Востока Якутии и отражают существование арктических тундр в условиях сурового резко континентального климата. В составе пыльцы древесно-кустарниковой группы преобладает береза (до 60%), *Pinus s/g Haploxyylon* (до 20%). Среди спор травянисто-кустарниковой группы более половины составляет группа разнотравья, в меньшем количестве присутствует пыльца злаковых, осоковых, полыни. В группе спор господствуют зеленые мхи и печеночники, меньше спор плаунка сибирского. Отложения ойогосской свиты содержат большое количество остатков млекопитающих, типичных для данных осадков в других районах – *Mammuhtus primigenius*, *Coelodonta sp.*, *Equus caballus L.*, *Rangifer tarandus L.* (определения А.В. Шера). Из аналогичной толщи в разрезе около устья реки Зимовье (о. Б. Ляховский) получена серия радиоуглеродных датировок [Andreev et al., 2004; Wetterich et al., 2009]. Самые древние даты лежат ниже предела метода (их более половины: древнее 52 020, 54 050±3130 и др.), несколько датировок вписываются в каргинский интервал (35 680±400–390, 38 080±2270–1770 и др.) и несколько указывают на сарганский возраст (23 920±180, 29 390±200 и др.). Эти данные хорошо согласуются с полученными для других районов Северо-Востока России.

В центральной части разреза на аласных отложениях крест-юряхского горизонта залегают осадки более молодого аласного комплекса, выделенного О.И. Ивановым в хайырскую свиту, образовавшиеся за счет вытаивания мощных ПЖЛ

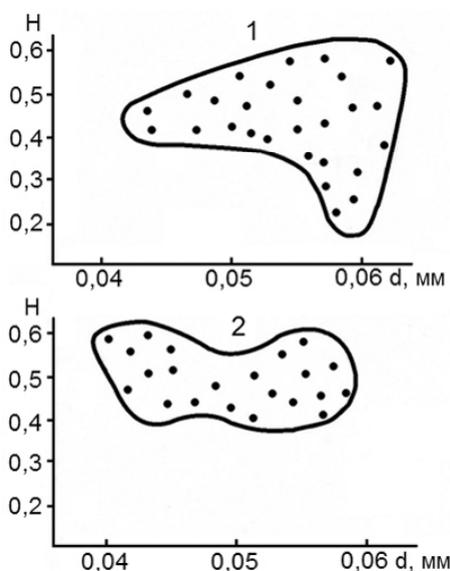


Рис. 4. График соотношения энтропийной меры сортированности и средневзвешенного диаметра для отложений куччугуйской (1) и ойогосской (2) свит

Fig. 4. Ratio graph of the entropy of sorting and weighted average diameter for the sediments of Kuchchuguj (1) and Oyogos (2) formations

ойогосского горизонта. В бортах котловин между двумя разновозрастными отложениями аласного комплекса встречаются непротаившие остатки сильно льдистых отложений ойогосского горизонта. Такие участки располагаются в непосредственной близости от останца едомы и быстро выклиниваются по мере удаления от них.

Строение аласных отложений хайырского горизонта не отличается принципиально от подстилающих отложений крест-юряхского горизонта. Прослеживается закономерная смена фаций снизу вверх от центра к периферии. На рис. 5 приведен пример строения одного из разрезов аласного комплекса. В составе спорово-пыльцевого спектра доля пыльцы травянисто-кустарничковых растений (до 57%). Преобладает пыльца злаковых, меньше осоковых, полыни, растений группы разнотравья. В группе древесно-кустарничковых растений (до 47%) преобладает пыльца кустарников. Среди спор господствуют сфагновые мхи и папоротники. Состав спорово-пыльцевого комплекса свидетельствует о более теплом, чем современный, климате. Спорово-пыльцевые комплексы наряду с положением толщ в разрезе позволяют датировать данные отложения как каргинские. Для их строения характерны криогенные и посткриогенные образования. В таберальных осадках наблюдается слоисто-сетчатая криогенная текстура с хорошо выраженным разреживанием ледяной решетки книзу, что свидетельствует об эпигенетическом типе промерзания отложений. В тех местах, где эти отложения ложатся на сохранившиеся ойогосские осадки, можно наблюдать наклонно ориентированные шпиры льда, причем книзу наблюдается учащение шпиров льда, что, по-видимому, свидетельствует о промерзании отложений снизу одновременно с осадкообразованием.

Собственно аласные отложения имеют в основном массивную криогенную текстуру. Лишь в тех случаях, где мощность прослоев достигает 10–15 см, наблюдаются тонкие шпиры льда. Такое криогенное строение не позволяет определить преобладающий тип промерзания осадков. Торф, венчающий разрез озерно-болотных отложений, имеет большой набор криогенных текстур с преобладанием массивной и атакситовой. Этот слой повсеместно разорван жилами льда мощностью до 3–5 м. ПЖЛ имеют четко выраженную клиновидную форму, позволяющую считать их эпигенетическими. В настоящее время они не развиваются, полигональный рельеф выражен очень плохо, валики находятся в стадии разрушения. Криогенное строение в целом подтверждает, что осадконакопление шло в достаточно теплых климатических условиях, наличие посткриогенных образований внутри

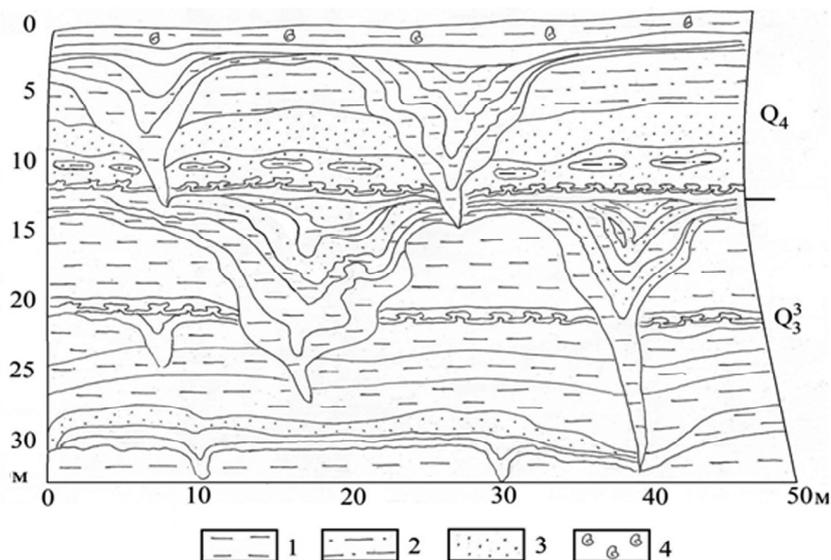


Рис. 5. Фрагмент строения разреза аласных отложений: 1 – алеврит, 2 – песчаный алеврит, 3 – песок, 4 – пресноводные моллюски

Fig. 5. A fragment of the structure of the alas sediments section: 1 – aleurite, 2 – sandy aleurite, 3 – sand, 4 – freshwater mollusk

толщи, приуроченных к незначительным перерывам в осадконакоплении, свидетельствует о благоприятных условиях для формирования эпигенетических ПЖЛ.

В толщу каргинских аласных вложены озерно-болотные отложения голоцена (см. рис. 5). Они сформировали хорошо выраженную террасу высотой 10–12 м и образовались за счет протаивания нижележащих толщ. Каргинские осадки не отличались высокой льдистостью, как отложения ледового комплекса, поэтому в голоценовых осадках не отмечаются табераты. Все остальные признаки, характерные для аласного комплекса, присутствуют в данном разрезе. В его верхней части на всем протяжении прослеживается слой плохо разложившегося торфа мощностью до 0,5 м. Ниже залегает маломощный слой алеврита и тонкозернистого песка с включением намывной органики, ракушками пресноводных моллюсков. Местами отмечаются участки со слабовыраженной косою и мелковолнистой слоистостью, что говорит о незначительных подводных течениях. Для данного разреза характерно сочетание ледяных жил и псевдоморфоз. Верхняя часть ПЖЛ находится в слое торфа, а основная часть расположена в нижележащих отложениях. В слоистой пачке хорошо заметны псевдоморфозы, которые проникают в каргинские слои на глубину до 2–3 м. Часто псевдоморфозы секутся ПЖЛ, нарушая строение первых.

**Выводы:**

- на полуострове Широкостан отложения кучугуйской свиты слагают водораздельную поверхность, на бортах которой и на более низком уровне располагаются отложения ойогосской свиты;
- отложения данных свит отличаются друг от друга различной льдистостью, размерами ПЖЛ, ко-

торые при вытаивании образуют разные по размерам и форме байджехи. Это может служить одним из признаков при картировании территории. Отложения ойгосской свиты унаследовали гранулометрический и минералогический составы отложений куччугуйской свиты, что свидетельствует о ближайшем переотложении первых и отрицает их эоловое происхождение;

– особенности криогенного строения позволяют считать, что промерзание всех типов отложений шло как сингенетически, так и эпигенетически. Причем аласные отложения крест-юряхской свиты могли промерзнуть как сверху, так и снизу в тех местах, где они перекрыты отложениями ойгосской свиты;

**Благодарности.** Автор благодарит сотрудников Проблемной лаборатории по освоению Севера О.И. Гапон, А.В. Суркова за помощь в проведении полевых работ. Данная статья написана в память о научном руководителе работ Наталье Георгиевне Патык-Кара.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Архангелов А.А.* Подземное оледенение севера Колымской низменности в позднем кайнозое // Проблемы криолитологии. Вып. VI. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1977. С. 26–58.
- Гравис Г.Ф.* Склоновые отложения Якутии. М.: Наука, 1969. 128 с.
- Кайалайнен В.И., Кулаков Ю.Н.* Основные черты истории геологического развития Яно-Индибирской (Приморской) низменности в неоген–четвертичное время // Тр. НИИГА, 1965. 143 с.
- Каплина Т.Н.* Аласные комплексы отложения Северной Якутии // Криосфера Земли. 2009. Т. XIII. № 4. С. 3–17.
- Каплина Т.Н.* Древние аласные комплексы Северной Якутии (сообщение 2) // Криосфера Земли. 2011. Т. XV. № 3. С. 20–30.
- Каплина Т.Н., Романовский Н.Н.* О псевдоморфозах по полигонально-жильному льду // Перигляциальные явления на территории СССР. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1960. С. 101–130.
- Катасонов Е.М.* Криогенные текстуры, ледяные и грунтовые жилы как генетические признаки многолетнемерзлых четвертичных отложений // Вопросы криологии при изучении четвертичных отложений. М.: Изд-во АН СССР, 1962. С. 34–41.
- Колесников С.Ф.* Криогенное строение отложений куччугуйской свиты Яно-Индибирской низменности // Инженерные изыскания в строительстве. 1980. Вып. 1. С. 15–16.
- Колесников С.Ф.* Особенности состава отложений ледового комплекса Северо-Востока СССР // Проблемы криолитологии. Вып. 11. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1983. С. 81–87.
- Конищев В.Н.* К вопросу формирования сингенетических мерзлых толщ // Проблемы криолитологии. Вып. 1. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1969. С. 13–24.
- Конищев В.Н., Колесников С.Ф.* Особенности строения и состава позднекайнозойских отложений в обнажении Ойгосский яр // Проблемы криолитологии. Вып. IX. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1981. С. 107–117.
- Костяев А.Г.* О признаках различия мерзлотных и конвективных диагенетических структур в четвертичных отложениях // Подземный лед. Вып. 2. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1960. С. 41–54.
- Кузнецова Т.Н.* О четвертичных отложениях с подземным льдом на Яно-Индибирской низменности и о Б. Ляховском // Подземный лед. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1965. С. 120–133.
- Лаврушин Ю.А.* Аллювий равнинных рек субарктического пояса и перигляциальных областей материковых оледенений // Тр. Ин-та геологии АН СССР. 1963. Вып. 87. 253 с.
- Понов А.И.* Особенности литогенеза аллювиальных равнин в условиях сурового климата // Известия АН СССР. Серия географическая. 1953. № 2. С. 50–72.
- Прохорова С.М., Иванов О.А.* Оловоносные гранитоиды Яно-Индибирской низменности и связанные с ними россыпи // Тр. НИИГА. Т. 165. Л.: Недра, 1973. 232 с.
- Томирдиаро С.В.* Лессово-ледовая формация Восточной Сибири в плейстоцене и голоцене. М.: Наука, 1980. 183 с.
- Тумской В.Е.* Особенности криолитогеогенеза отложений северной Якутии в среднем неоплейстоцене – голоцене // Криосфера Земли. 2012. Т. XVI. № 1. С. 12–21.
- Andreev A.A., Grosse G., Schirrmeyer L., Kuzmina S.A., Novenko E.Y., Bobrov A.A., Tarasov P.E., Kuznetsova T.V., Krbeitschek M., Meyer H., Kunitsky V.V.* Late Saalian and Eemian palaeoenvironmental history of the Bolshoi Lyakhovski island (Laptev Sea region, Arctic Siberia). *Boreas*, 2004, vol. 33, no. 4, p. 319–348. DOI: 10.1080/03009480410001974.
- Kienast F., Tarasov P., Schirrmeyer L., Grosse G., Andreev A.A.* Continental climate in the East Siberian Arctic during the last interglacial: Implications from paleobotanical records. *Global and Planetary Change*, 2008, vol. 60, no. 3–4, p. 535–562. DOI: 10.1016/j.gloplacha.2007.07.004.
- Wetterich S., Schirrmeyer L., Andreev A.A., Pudenz M., Plessen B., Meyer H., Kunitsky V.V.* Eemian and Late Glacial. Holocene palaeoenvironmental records from permafrost sequences at the Dmitri Laptev Strait. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 2009, vol. 279, iss. 1–2, p. 73–95. DOI: 10.1016/j.palaeo.2009.05.002.

Поступила в редакцию 27.11.2018

После доработки 25.10.2019

Принята к публикации 06.03.2020

S.F. Kolesnikov<sup>1</sup>

## QUATERNARY SEDIMENTS OF THE SHIROKOSTAN PENINSULA

Investigations on the Shirokostan Peninsula (the Laptev Sea coast) were carried out to solve the problem of genesis and paleogeographic conditions of the formation of Quaternary sediments in the North-East of Russia. Heterochronous sediments were discovered in the reference section of the Etrykansky Yar. The relief is formed on the Middle Pleistocene sediments of the Kuchchuguj formation, on either side of which there are the Upper Pleistocene deposits of the Oyogos formation lying on the lower hypsometric level. The sediments of these formations differ in the amount of ice, the proportions of the polygonal wedge ice (PWI), that produces different in size and shape baidzherahs after thawing. This could be a distinction when compiling a geomorphologic map of both the territory under study and all areas of ice complex occurrence. The sediments of the Oyogos formation inherited the granulometric and mineralogical composition of the Kuchchuguj deposits, indicating not far off re-deposition of the latter.

The alas complex is represented by formations of three ages (Kazancevsky, Karginsky and the Holocene), which are characterized by a similar structure. For the first time it became possible to trace the facial changes, cryogenic and post-cryogenic formations in Kazancevsky sediments, from the ice-covered areas with ice veins to totally melted ice complex with a system of pseudomorphoses. The freezing of all types of sediments was both syngenetic and epigenetic. Moreover, the alas deposits of the Kazancevsky age could freeze both from above and bottom-up if they were covered by sediments of the Oyogos formation. The age of the sediments is proved by their position, as well as by spore-pollen and macrofaunistic analyses. The absolute age of the sediments is determined by the dating of neighboring areas (the Oyogos Yar, Big Lyahovsky Island etc.) and coordinated with the data on other coastal lowlands of the Northeast Russia.

The results of spore-pollen analysis show well-defined climate changes during the Quaternary period. This is also confirmed by the occurrence of cryogenic and post-cryogenic formations in different genetic types of sediments.

*Key words:* Etrykansky Yar, Kuchchugui Formation, Oyogos Formation, Yedoma Complex, alas deposits, polygonal wedge ice, pseudomorphoses, draping structures, baidzherahs (thermokarst mounds)

*Acknowledgments.* The author thanks O.I. Gapon and A.V. Surkov of the Problem Laboratory for the Development of the North for their assistance in carrying out field work. The article is written in memory of Natalia Patyk-Kara, the scientific leader of the work.

## REFERENCES

- Andreev A.A., Grosse G., Schirrmeister L., Kuzmina S.A., Novenko E.Y., Bobrov A.A., Tarasov P.E., Kuznetsova T.V., Krbetschek M., Meyer H., Kunitsky V.V. Late Saalian and Eemian palaeoenvironmental history of the Bolshoi Lyakhovskiy island (Laptev Sea region, Arctic Siberia). *Boreas*, 2004, vol. 33, no. 4, p. 319–348. DOI: 10.1080/03009480410001974.
- Arkhangelov A.A. Podzemnoe oledenenie severa kolymskoj nizmennosti v pozdnem kajnozoe [Underground glaciation in the north of the Kolyma Lowland in the Late Cenozoic], *Problemy kriolitologii*, iss. VI, Moscow, Moscow University Publ., 1977, p. 26–58. (In Russian)
- Gravis G.F. Sklonovye otlozheniya Yakutii [Slope deposits of Yakutia], Moscow, Nauka Publ., 1969, 128 p. (In Russian)
- Kajalajnen V.I., Kulakov Y.N. Osnovnye cherty istorii geologicheskogo razvitiya Yano-Indigirskoj (Primorskoj) nizmennosti v neogen–chetvertichnoe vremya [The main features of the history of geological development of the Yana-Indigirka (Coastal) lowland in the Neogene-Quaternary], *Trudy NIIGA* [Proc. of the Research Institute of Geology of the Arctic], 1965, 143 p. (In Russian)
- Kaplina T.N. Alasnye kompleksy Severnoj Yakutii [Alas complex of North Yakutia]. *Kriosfera Zemli*, 2009, vol. X, no. 4, p. 317. (In Russian)
- Kaplina T.N. Drevnie alasnye kompleksy Severnoj Yakutii (soobshchenie 2) [Ancient alas complexes of Northern Yakutia (Part 2)]. *Kriosfera Zemli*, 2011, vol. XV, no. 3, p. 2030. (In Russian)
- Kaplina T.N., Romanovskij N.N. On pseudomorphoses over the polygonal wedge ice. *Periglyacialnye yavleniya na territorii SSSR* [Periglacial phenomena within the USSR territory], Moscow, Moscow University Publ., 1960, p. 101–130. (In Russian)
- Katasonov E.M. Cryogenic texture, ice and ground wires as frozen genetic characteristics of Quaternary deposits, *Voprosy kriologii pri izuchenii chetvertichnyx otlozhenij* [Questions of cryology in the study of Quaternary sediments], Moscow, USSR Academy of Sciences Publ., 1962, p. 34–41. (In Russian)
- Kienast F., Tarasov P., Schirmeister L., Grosse G., Andreev A.A. Continental climate in the East Siberian Arctic during the last interglacial: Implications from paleobotanical records. *Global and Planetary Change*, 2008, vol. 60, no. 3–4, p. 535–562. DOI: 10.1016/j.gloplacha.2007.07.004.
- Kolesnikov S.F. Specific composition of ice complex deposits in the North-East of the USSR, *Problemy kriolitologii* [Problems of cryolithology], iss XI, Moscow, Moscow University Publ., 1983, p. 81–87. (In Russian)

<sup>1</sup> Moscow State University of Geodesy and Cartography (MIIGA), Faculty of Cartography and Geoinformatics, Department of Geography, Associate Professor, PhD in Geography; e-mail: sfkol@yandex

- Konishhev V.N.* To the formation of singenetic frozen strata. *Problemy kriolitologii* [Problems of cryolithology], iss. I, Moscow, Moscow University Publ., 1969, p. 13–24. (In Russian)
- Konishhev V.N., Kolesnikov S.F.* Specific features of the structure and composition of pozdnokajnozoijskih deposits in the Ojogosskij Yar outcrop. *Problemy kriolitologii* [Problems of cryolithology], iss. IX, Moscow, Moscow University Publ., 1981, p. 107–117. (In Russian)
- Kostyaev A.G.* Guide to the differentiation between permafrost and convective diagenetic structures in Quaternary sediments. *Podzemnyj led* [Underground ice], iss. 2, Moscow, Moscow University Publ., 1960, p. 41–54. (In Russian)
- Kuznetsova T.N.* About Quaternary sediments with underground ice in the Yana-Indigirka lowland and about. B. Lyakhovsky, *Podzemnyi led* [Underground ice], Moscow, Moscow University Publ., 1965, p. 120–133. (In Russian)
- Lavrushin Yu.A.* Alluvium of lowland rivers within the subarctic belt and periglacial regions of the continental glaciation, *Trudy In-ta geologii AN SSSR* [Proc. of the Institute of Geology, USSR Academy of Sciences], 1963, iss. 87, 253 p. (In Russian)
- Popov A.I.* Osobennosti litogeneza allyuvialnyh ravnin v usloviyah surovogo klimata [Specific features of lithogenesis of alluvial plains under severe climatic conditions], *Izvestiya AN SSSR, Seriya geograficheskaya*, 1953, no. 2, p. 50–72. (In Russian)
- Prokhorova S.M. Ivanov O.A.* Tin-bearing granitoids of the Yana-Indigirka lowland and associated placers. *Trudy NIIGA* [Proc. of the Research Institute of Geology of the Arctic], vol. 165, Leningrad, Nedra Publ., 1973, 232 p. (In Russian)
- Tomirdiario S.V.* Lessovo-ledovaya formaciya Vostochnoj Sibiri v plejstocene i golocene [The loess-ice formation of Eastern Siberia in the Pleistocene and Holocene], Moscow, Nauka Publ., 1980, 183 p. (In Russian)
- Tumskoy V.E.* Osobennosti kriolitogeneza otlozhenii severnoi Yakutii v srednem neopleistotsene – golotsene [Peculiarities of cryolithogenesis in Northern Yakutia (Middle Neopleistocene to Holocene)], *Kriosfera Zemli*, 2012, vol. XVI, no. 1, p. 12–21. (In Russian)
- Wetterich S., Schirrmeister L., Andreev A.A., Pudenz M., Plessen B., Meyer H., Kunitsky V.V.* Eemian and Late Glacial. Holocene palaeoenvironmental records from permafrost sequences at the Dmitri Laptev Strait. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 2009, vol. 279, iss. 1–2, p. 73–95. DOI: 10.1016/j.palaeo.2009.05.002.

Received 27.11.2018

Revised 25.10.2019

Accepted 06.03.2020

УДК 911.372.9

И.П. Смирнов<sup>1</sup>, А.А. Смирнова<sup>2</sup>, А.А. Ткаченко<sup>3</sup>

## ИТОГИ ПРОВЕДЕНИЯ ПОЛИТИКИ ССЕЛЕНИЯ МАЛЫХ ДЕРЕВЕНЬ В НЕЧЕРНОЗЕМЬЕ (НА ПРИМЕРЕ ТВЕРСКОЙ ОБЛАСТИ)

Впервые в географической литературе сделана попытка рассмотреть результаты проводившейся в 1960–1970-х гг. политики реконструкции сельского расселения, включавшей разделение сельских населенных пунктов (СНП) на перспективные и неперспективные, а также сселение жителей малых деревень в крупные поселки. В статье приведены данные о планах и результатах переселения жителей из неперспективных деревень на центральные усадьбы колхозов и совхозов Калининской (ныне – Тверской) области. Анализируется официальный список перспективных СНП, утвержденный в 1977 г. Рассмотрена структура этого массива, распределение перспективных пунктов по территории области, динамика людности каждого СНП с 1976 по 2010 гг. Показана нелогичность выделения перспективных СНП: к их числу было отнесено большое количество малых пунктов, тогда как многие крупные СНП в рассматриваемый список не попали. Большинство крупных перспективных СНП сосредоточено в центральной наиболее освоенной части области – «тверском треугольнике» (Ржев – Вышний Волочек – Кимры). Анализ динамики людности перспективных СНП позволил выделить несколько вариантов изменения численности населения с 1976 по 2010 годы: от значительного роста до утраты постоянного населения. В целом преобладала негативная динамика – более половины СНП сократили свою численность населения. До тех пор, пока существовали крупные коллективные хозяйства, большинство перспективных СНП успешно развивались и постепенно наращивали людность. В настоящее время на них приходится значительная часть опорных центров развития сельской местности. Но и большая часть населенных пунктов, некогда отнесенных к категории неперспективных, продолжает существовать.

Сделан вывод о провале политики сселения и преобразования сельского расселения. Показано, что в российском обществе и в научной среде распространено не адекватное действительности понимание результатов этой политики. Статья призвана служить напоминанием о бесполезности волевых решений, нацеленных на радикальные изменения в расселении.

*Ключевые слова:* перспективные и неперспективные сельские населенные пункты, ликвидация малых деревень, реформа расселения

**Введение: контуры проблемы.** Вопрос, что делать со множеством малых российских деревень, обсуждался в СССР еще в начале 1950-х гг. [Алексеев, 1988], а может быть, и раньше. В современном российском обществе эта проблема, как правило, ассоциируется с делением сельских населенных пунктов (СНП) на перспективные и неперспективные, получившим распространение с начала 1960-х и достигшим апогея известности к концу 1970-х гг.<sup>4</sup> В это время проводилась политика, нацеленная на интенсивное развитие перспективных СНП, главным образом – в результате сселения жителей из других населенных пунктов. Планировалось примерно за 20–25 лет полностью избавиться от этих деревень, создав фактически *новое расселение*, представленное крупными благоустроенными поселками. С.А. Ковалев писал по этому поводу: «в литературе (главным образом архитектурно-планировочной) сельские формы расселения рассматривались как нечто исчезающее ...»,

некоторые даже намечали всего один (!) населенный пункт на район» [Ковалев, 1984, с. 119]. Деление СНП на перспективные и неперспективные В.В. Владимиров и Н.И. Наймарк отнесли к числу частных парадигм советской теории расселения [Владимиров, Наймарк, 2002].

Об ошибочности этого деления и связанной с ним политикой сселения жителей малых деревень писалось (и в научной литературе, и в публицистике, и в прессе) множество раз как в период реализации этой политики, так и позднее [Беленький, 1977; Стронгина, 1984; Хорев, 1988; Денисова, 1996 и др.]. Неоднократно отмечалась и необоснованность отнесения многих СНП к числу неперспективных. В то же время нам неизвестны работы, в которых анализировались бы массивы перспективных и неперспективных СНП отдельных регионов, их частей или групп и делалась бы попытка проследить судьбы населенных пунктов, отнесенных к этим категориям.

<sup>1</sup> Тверской государственный университет, факультет географии и геоэкологии, кафедра социально-экономической географии и территориального планирования, канд. геогр. н., доцент; *e-mail:* ilya.geo2012@yandex.ru

<sup>2</sup> Тверской государственный университет, факультет географии и геоэкологии, кафедра социально-экономической географии и территориального планирования, канд. геогр. н., ст. преподаватель; *e-mail:* alpresents@mail.ru

<sup>3</sup> Тверской государственный университет, факультет географии и геоэкологии, кафедра социально-экономической географии и территориального планирования, докт. геогр. н., профессор; *e-mail:* at.tver@mail.ru

<sup>4</sup> Словосочетания «перспективные СНП» и «неперспективные СНП» употребляются нами не в качестве оценочных категорий, а только как свидетельство принадлежности населенных пунктов к одному из двух официально выделенных классов СНП.

XX век – время планов по активному преобразованию сельского расселения не только в СССР, но и в западных странах, что объяснялось быстрыми темпами урбанизации и отставанием сельских территорий от городов по уровню жизни. Например, в Великобритании основной современной политики планирования развития сельских территорий называют изданный Парламентом в 1947 г. соответствующий акт [Hanrahan, Cloke, 1984]. Одной из идей того времени была концепция «ключевых поселений», которая подразумевала выбор определенных деревень, где государственные и частные вложения создавали бы предпосылки для концентрации населения, активного жилищного строительства, роста занятости и сферы услуг [Daniels, Lapping, 1987].

К 1980-м годам сформировался большой пласт работ, посвященных осмыслению результатов проводимой политики в отношении села в разных странах и регионах – от Западной Европы до США и Новой Зеландии [Pallot, 1979; Cloke, 1983; Phillips, Williams, 1983; Policies ..., 1988]. Современные исследования возможных и уже реализуемых преобразований сельской местности концентрируются, главным образом, в Китае, где сельские территории в настоящее время стремительно пустеют и меняют свои функции, чем обращают на себя пристальное внимание ученых [Tian et al., 2014].

Не только в общественном сознании, но и в научном сообществе, прежде всего среди историков, широко распространено мнение о разрушительном влиянии на сельское расселение России разделения СНП на перспективные и неперспективные и сселения жителей малых деревень. В многочисленных публикациях утверждается, что эта политика привела к ликвидации многих тысяч СНП. По сложившейся среди части исследователей традиции, речь идет о политике ликвидации неперспективных деревень [Мазур, 2005; Никитаева, 2012; Шевельков, 2007]. Эти утверждения далеки от реальности. Сошлемся на результаты работы о сселении жителей неперспективных деревень в Вологодской области [Алексеев и др., 1980]. Во всей огромной по площади (145 тыс. км<sup>2</sup>) области, в которой насчитывалось более полумиллиона сельских жителей и действовало порядка 400 колхозов и совхозов, авторам удалось отыскать всего 4 хозяйства, активно проводивших сселение. По данным М.Л. Стронгиной, за пе-

риод с 1970 по 1979 гг. в шести областях Нечерноземья прирост населения в центральных усадьбах колхозов и совхозов был более чем в 10 раз меньше, чем снижение численности сельского населения по области в целом. По ее словам, сселение оказалось «неэффективным средством регулирования расселения и миграции» [Стронгина, 1984, с. 149].

Из примерно 143 тыс. СНП, учтенных переписью 1970 г. в Нечерноземной зоне, к перспективным были отнесены только 29 тыс. [О мерах ..., 1975]. Остальные подлежали сселению. Однако, даже в 2010 г. в регионах Нечерноземья продолжали существовать около 84 тыс. СНП с постоянным населением [Всероссийская ..., 2010]. Несмотря на значительное уменьшение общего числа СНП, проблема малых населенных пунктов в наши дни по-прежнему актуальна. Острота ее, конечно, несколько меньше, чем 50–60 лет назад<sup>5</sup>. А если проблема остается, то, вероятно, должен быть и запрос на ее решение. В последние годы государственная повестка дня в сфере расселения ограничивается вопросом об агломерациях. Двадцать их или восемь – не так уж важно. Важно, что рано или поздно вопрос, что делать с малой деревней, появится снова. Данная работа – своеобразная превентивная мера, цель которой – подробно (на примере Тверской области) рассмотреть итоги предыдущей политики, чтобы напомнить о неудачном вмешательстве государства в систему сельского расселения.

По свидетельству Б.С. Хорева [1988], впервые деление СНП на перспективные и неперспективные появилось в 1960 г. в разработанных НИИсельстроем Министерства сельского хозяйства РСФСР Правилах застройки сельских населенных пунктов. Это деление было сразу же подхвачено Госгражданстроем СССР (Государственный комитет по архитектуре и гражданскому строительству) и стало обязательным для всех схем и проектов районной планировки [Методика ..., 1966].

В 1970-х гг. даже составлялись специальные планы сселения. Насколько успешной была эта политика, можно судить по данным таблицы 1. Но, несмотря на невыполнение планов сселения, процесс сокращения числа СНП шел даже быстрее, чем было запланировано. Очень часто исчезали совсем не те пункты, которые были запланированы к сселению. В Тверской (Калининской) области к началу 1985 г. оказалось на 500 с лишним СНП меньше, чем

Таблица 1

**Сселение жителей из неперспективных деревень на центральные усадьбы колхозов и совхозов  
Калининской области (количество дворов)**

Результаты сселения	1972	1975	1976	1977	1978	1979	1980
Запланировано	463	1446	1421	1553	1987	2146	2300
Фактически	266	669	1126	1093	1276	883	436
Выполнение плана, %	57	46	79	70	64	41	19

Составлено по материалам Калининского Облисполкома начала 1980-х гг.

<sup>5</sup> В 1970 г. в 102 тыс. малых СНП Нечерноземья проживало 3,7 млн чел., в 2010 г. – в 65 тыс. таких же СНП – 1,3 млн чел. [Всероссийская ..., 2010].

было предусмотрено схемой районной планировки [Ткаченко, 1999]. После 1980 г. подобные планы уже не составлялись.

Большинство проектов и схем районной планировки не сохранилось. Многочисленные реорганизации органов управления, приватизация и банкротства проектных организаций повели к утрате этих документов. В нашем распоряжении имеются экземпляры «Основных положений» схемы районной планировки Калининской области, разработанной Ленгипрогором (утверждена решением Облисполкома в июне 1978 г.), и список перспективных населенных пунктов Калининской области, утвержденный в марте 1977 г. Расчетный срок схемы – 2000 г.

Схемой предусматривалась концентрация сельского населения в ограниченном числе благоустроенных поселков с нормальным уровнем культурно-бытового и коммунального обслуживания. Благодаря сселению, средняя плотность СНП в области должна была вырасти до 400 чел. Пользуясь современной научной терминологией, можно сказать, что на перспективные СНП возлагалась очень важная миссия: они должны были стать опорными центрами развития окружающей их территории [Смирнов, 2019].

**Материалы и методы исследований.** Основным анализируемым нами документом является список перспективных СНП 1977 г. В работе использованы также данные Всесоюзных (1979 и 1989 гг.) и Всероссийских (2002 и 2010 гг.) переписей населения по Тверской (Калининской) области и фондовые материалы кафедры социально-экономической географии и территориального планирования ТвГУ. Поскольку работа в основном опирается на данные официальной статистики, в ней не затрагивается проблема «мертвых душ», или «бумажной» (ложной) миграции [Богданова, Щукина, 2013, с. 398], а также вопрос о сезонных различиях в реальной численности населения.

По данным списка 1977 г. и переписей населения 1979, 1989, 2002 и 2010 гг. в разрезе административных (муниципальных) районов была сформирована база данных о перспективных СНП Тверской (Калининской) области, содержащая сведения о типе, статусе и динамике плотности всех отнесенных к данной категории СНП. Картографирование полученных результатов дало возможность наглядно продемонстрировать территориальные различия в распределении и составе таких СНП. Большую пользу принесли полевые наблюдения в некоторых из этих пунктов, позволившие оценить результаты строительства общественных зданий и жилых домов в период проведения политики сселения.

Число перспективных СНП, перечисленных в списке 1977 г., составляет 1069 (953 сельскохозяйственных и 116 несельскохозяйственных). Для дальнейшего анализа из этого числа были исключены 3 райцентра (Лесное, Молоково, Рамешки). Статус райцентра подразумевает обладание многими несельскими функциями и обеспечивает населенному пункту особые условия развития. Среди других СНП села-райцентры всегда выглядят как нечто инород-

ное и искажают общую картину. В 1979 г. Рамешки, а в 1988 г. – Молоково стали поселками городского типа. Не рассматривается в числе перспективных и по непонятным причинам попавший в этот список поселок железнодорожной станции Старая Торопа, уже с 1974 г. имеющий статус пгт. В связи с этим общее число рассматриваемых перспективных СНП сократилось до 1065, а несельскохозяйственных – до 112. В дальнейшем из этого перечня были исключены 11 пунктов, присоединенных к другим, и 5 пунктов, которые не удалось идентифицировать в более поздних списках. При анализе динамики плотности эти пункты не учитывались. Сказанное не относится к пунктам, утратившим постоянное население (8 исключены из официальных списков, а 11 значатся в них как пункты без населения). Таким образом, полный исходный массив перспективных пунктов состоит из 1065 СНП, а массив, по которому анализируется динамика плотности – из 1049 пунктов.

**Результаты и их обсуждение.** *Состав анализируемого массива СНП.* Мы не располагаем общими списками СНП области 1976 или 1977 гг. и поэтому не можем определить количество неперспективных пунктов, существовавших на момент утверждения списка перспективных СНП. В связи с этим мы используем список, составленный по данным переписи населения 1979 г. Понятно, что за два года в сети СНП области произошли определенные изменения, но они не могли носить кардинальный характер. Общее количество СНП в области, по данным переписи 1979 г., составило 10889. Полагая, что в 1979 г. существовали все перспективные пункты из списка 1977 г., можно определить их долю в общем количестве СНП области (она составила 9,8%) и количество неперспективных пунктов на начало 1979 г. (9820).

Очевидно, что к числу перспективных в основном относились наиболее крупные в своих хозяйствах пункты. В общем количестве СНП области перспективные составляли около 1/10, но проживало в них около 40% сельского населения области. Их средняя плотность, по данным 1976 г., составляла 200 человек при средней по области 51. На сельскохозяйственные СНП приходилось почти 90% от общего числа перспективных пунктов. При этом к ним было отнесено примерно 9% от общего числа сельскохозяйственных и 16% от всех несельскохозяйственных СНП в области. Несельскохозяйственные пункты были значительно крупнее сельскохозяйственных: их средняя плотность – 446 против 171, медианные значения – соответственно 285 и 121.

Отнесение СНП к числу перспективных оставляет много вопросов. С одной стороны, в их число были включены более 100 пунктов плотностью до 50 чел., с другой – неперспективными были признаны 75 СНП плотностью более 200 чел., в том числе 18 пунктов, насчитывавших более 500 жителей и даже 10 пунктов, имевших плотность более 1 тыс. чел. Структура массива перспективных СНП по плотности в 1976, 1989 и 2010 гг. показана в таблице 2. Для большей наглядности использованы укрупненные группы.

Перспективные СНП Тверской области в 1976, 1989 и 2010 гг.

Годы	Всего перспективных СНП*	Их распределение по группам людности				Средняя людность, чел.	Медиана, чел.	Доля в общем числе СНП, %
		1–100	101–200	201–500	Более 500			
1976	1065	398	389	194	84	196	119	9,8
1989	1042	304	310	315	113	257	166	11,6
2010	1030	438	268	234	90	207	119	14,1

\* Показаны СНП с постоянным населением.

*География перспективных СНП.* Размещение крупных перспективных пунктов отражает одну из главных особенностей картины сельского расселения Тверской области – приуроченность к главным транспортным артериям [Кузнецова, 2011]. Скопления крупных СНП наблюдаются, в основном, вдоль полимагистралей Москва – Санкт-Петербург и Москва – Рига (рис. 1). Другая характерная черта – концентрация сельского населения в пригородах – проявляется и в размещении перспективных населенных пунктов. Большинство крупных перспективных СНП расположены в самой освоенной и населенной части области – в «тверском треугольнике», образованном воображаемыми линиями, соединяющими Ржев, Вышний Волочек и Кимры.

В среднем в области на один административный район приходилось около 8 перспективных пунктов с людностью более 200 чел., а всего – по 30. Но поскольку значительная часть крупных и крупнейших пунктов была сосредоточена в больших по площади и многолюдных районах (30 в Калининском, 21 в Торжокском, 20 в Вышневолоцком и т. д.), то в большинстве других таких пунктов было совсем мало или не было вообще. Например, в Лесном и Селижаровском – по три, в Бельском, Жарковском, Пенновском – по два, в Кесовогорском – ни одного.

Наименьшие медианные значения людности перспективных СНП были характерны для периферийных районов области – Андреапольского (74), Пенновского (72) и др. Наибольшие, наоборот, для

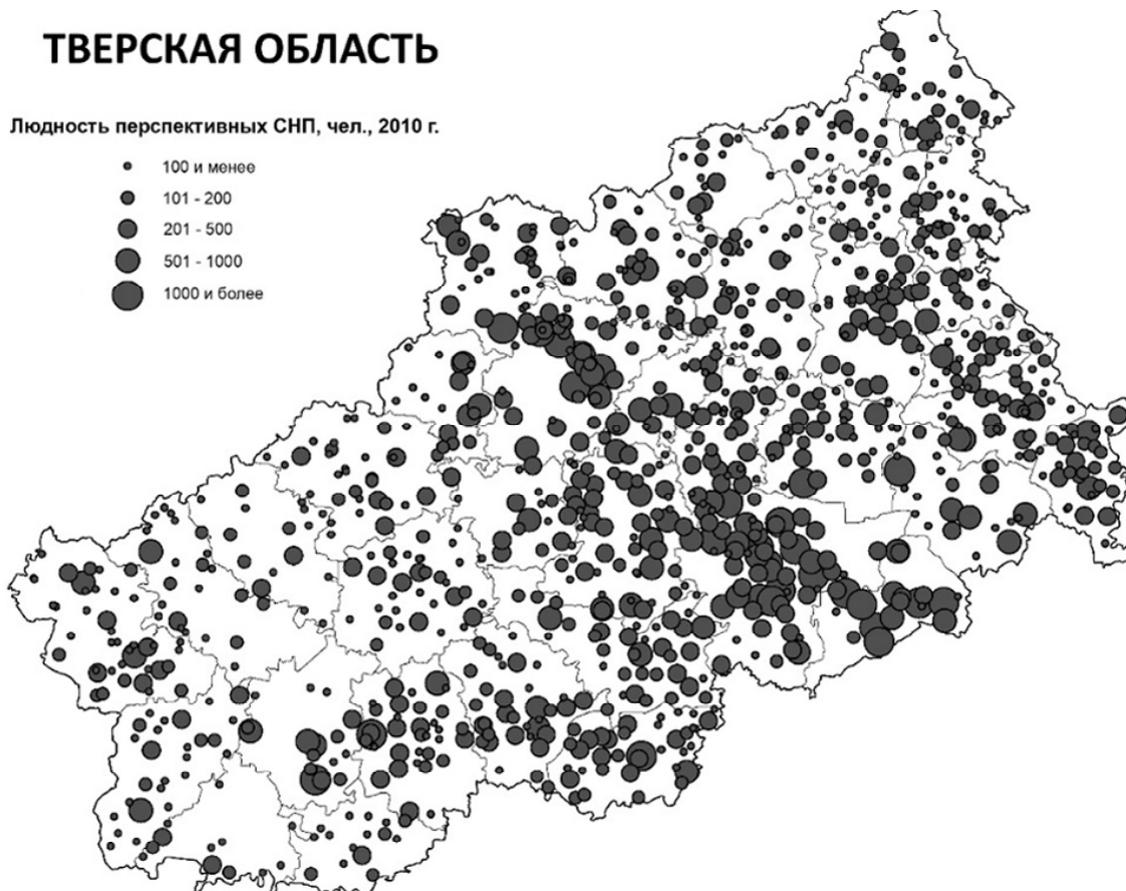


Рис. 1. Людность перспективных сельских населенных пунктов по данным 2010 г.

Fig. 1. Population of viable settlements, according to 2010 data

центральных – Калининского (233) и Конаковского (278). Четырехкратное различие в очередной раз подтверждает невозможность существования единых норм даже в пределах одного региона, не говоря уже об общероссийских.

*СНП и сельхозпредприятия.* Весьма интересен вопрос о распределении перспективных СНП по сельскохозяйственным предприятиям, или хозяйствам (колхозам, совхозам и др.). По этому распределению можно судить о том, как представляли себе разработчики схемы районной планировки и авторы списка будущее сельское расселение.

В целом по области 722 перспективных сельскохозяйственных СНП были центральными усадьбами, а 231 – другими, рядовыми, населенными пунктами в составе колхозов, совхозов и иных сельхозпредприятий. Согласно списку, более половины хозяйств области в перспективе должны были иметь по одному населенному пункту. В большинстве районов (в 25 из 36) такие хозяйства преобладали. В Ржевском районе во всех 31 хозяйстве было предусмотрено по одному перспективному пункту. В Старицком районе на 36 хозяйств приходилось 37 перспективных сельскохозяйственных пунктов, в Калязинском на 23 хозяйства – 25 пунктов. Противоположную картину можно было наблюдать в Осташковском районе, где лишь в одном из 11 хозяйств планировалось оставить один СНП. В Фировском районе таких хозяйств совсем не было. В большинстве колхозов и совхозов, где было предусмотрено существование более одного перспективного СНП, планировалось оставить по два таких пункта, в некоторых – по три. На общем фоне выделялся структурой проектировавшейся системы расселения Бологовский район, в котором во всех хозяйствах, кроме одного, было выделено по несколько перспективных пунктов, причем в одном – даже четыре. Описанные различия не связаны с объективными особенностями сельского расселения, что наводит на мысль о действии субъективного фактора – позиции работников районных администраций, занимавшихся составлением списков перспективных СНП.

*Динамика людности.* За период 1979–2010 гг. общее количество СНП с постоянным населением уменьшилось в области с 10,9 до 7,3 тыс., или ровно на 1/3. Массив же перспективных уменьшился всего на 35 единиц, что составляет немногим более 3% от их исходного количества. В связи с этим доля пунктов из этого списка в общем числе СНП области увеличилась почти в полтора раза.

На момент утверждения анализируемого списка лишь около 280 перспективных СНП (26% от их общего числа) имели людность более 200 чел. По меркам области, это – крупные и крупнейшие (более 500 чел.) СНП, которые реально могли реализовать свою миссию опорных центров развития территории. Остальные перспективные СНП примерно поровну распределялись между малыми (до 100 чел.) и средними (101–200) пунктами. И, если средние еще в какой-то степени имели пер-

спективы развития, то для малых возможность превращения в опорные центры была сопряжена с колоссальными усилиями и затратами, в большинстве случаев совершенно нереальными. К 1989 г. число перспективных пунктов с людностью более 200 чел. выросло более чем в полтора раза. Доля крупных и крупнейших среди них за это время увеличилась с 26 до 41%. Но к 2010 г. и число, и доля таких пунктов заметно сократились.

Заслуживают внимания и неперспективные населенные пункты. В 1979 г. на них приходилось 90% всей сети СНП области. Около 470 из этих населенных пунктов (неполные 5% от общего числа неперспективных) имели людность более 100 чел., а 75 из них – более 200. В последующие годы количество неперспективных пунктов вследствие миграции и естественной убыли населения неуклонно сокращалось (9,8 тыс. в 1979; 7,9 тыс. в 1989; 6,3 в 2010 гг.). К 1989 г. число таких пунктов с людностью более 100 чел. снизилось до 245, но даже в 2010 г. среди пунктов, когда-то признанных неперспективными, было 147 СНП с людностью более 100 чел., включая 53 пункта, насчитывавших более 200 жителей. Представляется, что эти СНП в действительности оказались весьма перспективными и, видимо, можно считать ошибочным то, что они в свое время не были включены в соответствующий список.

При рассмотрении динамики людности перспективных СНП за период с 1976 по 2010 гг. были выделены следующие 6 вариантов изменений:

- значительный рост – увеличение людности более чем в два раза,
- рост – увеличение людности от 10% до двух раз,
- без существенных изменений – изменения в пределах 10% или отсутствие изменений,
- убыль – уменьшение людности от 10% до двух раз,
- значительная убыль – уменьшение более чем в два раза,
- утрата постоянного населения – переход в категорию населенных пунктов без населения или исключение из официальных списков населенных пунктов. Эти два варианта здесь не разделены, поскольку, как показано в более ранних работах, например, [Румянцев и др., 2019], решение об исключении из списков в прошлом полностью зависело от позиции местной администрации, то есть носило сугубо субъективный характер.

Распределение перспективных СНП по перечисленным вариантам показано в табл. 3. Как видно, преобладает негативная динамика: если на варианты, связанные с ростом, в сумме приходится немногим более 36%, то на варианты, отражающие убыль или полную утрату жителей – почти 52%.

В районах области изменения выглядят по-разному (табл. 4). Произошедшие изменения сведены здесь к трем обобщенным вариантам. Это позволило выделить группы районов с повышенной, средней (такой же, как во всей области) и пониженной долей СНП, увеличивших людность. Разумеется,

Таблица 3

Изменение людности перспективных СНП  
Тверской области за период 1976–2010 гг.

Варианты изменений*	Количество пунктов (ед.)	Доля, %
Значительный рост	112	10,7
Рост	272	25,9
Без изменений	125	11,9
Уменьшение	255	24,3
Значительное уменьшение	266	25,4
Утрата постоянного населения	19(11+8)**	1,8
Всего	1049	100,0

\* Варианты – см. в тексте.

\*\* В скобках: первое число – пункты без населения, второе – исключенные из списков пункты.

многие районы занимают промежуточное между этими группами положение. В качестве примеров приведены данные по двум районам из каждой группы. Если в Калининском и других прицентровых районах СНП с увеличением людности составляют более половины, а доля снизивших людность находится в пределах 20–40%, то в большинстве периферийных районов на долю снизивших людность приходится по 70–80% общего числа СНП. Рисунок 2 дает представление о пространственных различиях в этой динамике. Хорошо видна почти правильная зональность: с удалением от областного

центра и границы Московской области доля увеличившихся людность перспективных СНП снижается.

Безрезультативность принятых мер наглядно отражается в показателе доли населения, проживающего в неперспективных СНП. В среднем по области этот показатель на 2010 г. составлял около 37%. В Андреапольском районе более половины всего сельского населения – жители неперспективных СНП, еще в четырех районах (Бологовском, Жарковском, Краснохолмском и Сонковском) эта доля составляет около 50%.

*Траектории развития.* Для всей совокупности перспективных СНП увеличение людности в два с лишним раза воспринимается как значительный рост, его имеют неполные 11% от общего числа рассматриваемых пунктов. Но у некоторых из них отмечено значительно более сильное (многократное) увеличение, а у отдельных оно измеряется даже десятками раз. Случаев многократного уменьшения людности несравненно больше.

Анализ динамики всех перспективных СНП из рассматриваемого нами массива показал, что почти половина из них (44,3%) достигли своей максимальной людности в 1989 г. (табл. 5). 44 перспективных населенных пункта (примерно каждый 25-й) продолжали расти до 2010 г. (рис. 3). Но около 30%, по всей видимости, совсем не росли, так как их максимальная людность приходится на исходный 1976 г.

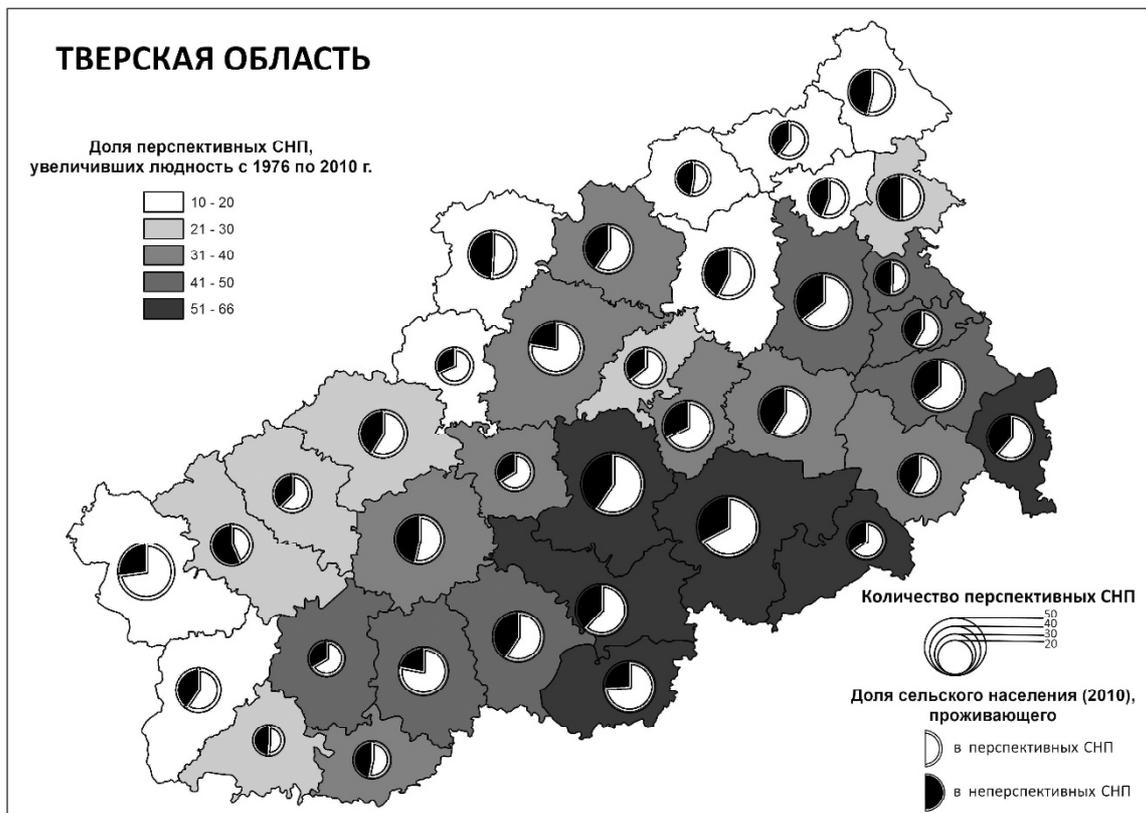


Рис. 2. Доля сельского населения, проживающего в перспективных и неперспективных пунктах в 2010 г.

Fig. 2. Proportion of rural population in viable and non-viable settlements in 2010

Таблица 4

**Изменение людности перспективных СНП в Тверской области и некоторых районах**

Территория	Общее количество перспективных СНП в 1977 г.	Обобщенные варианты изменений людности за период 1976–2010 гг. (в % от общего числа)		
		увеличение	без изменений	снижение или полная утрата населения
Тверская область	1049	36	12	52
<b>Районы:</b>				
Зубцовский	36	56	8	36
Калининский	54	66	4	30
Кимрский	24	33	13	54
Рамешковский	37	38	11	51
Молоковский	21	10	10	80
Торопецкий	43	16	12	72

Таблица 5

**Год максимальной людности перспективных СНП Тверской области за период 1976–2010 гг.**

Показатель	Перспективные СНП по списку 1977 г.	Год максимальной людности (число СНП)				
		1976	1979	1989	2002	2010
Число СНП (ед.)	1049	304	102	465	134	44
Их доля от общего числа 1977 г., %	100,0	29,0	9,7	44,3	12,8	4,2

643 СНП имели максимальную людность в 1989, 2002 или 2010 гг. (61% всей рассматриваемой совокупности). Это пункты, имевшие положительную динамику как минимум до 1989 г. – года последней переписи советского времени. Это дает основание сделать весьма важный вывод о том, что примерно 3/5 из числа СНП, отнесенных в 1977 г. к категории перспективных, подтвердили свое право считаться таковыми.

Положительную динамику в основном имели центральные усадьбы сельхозпредприятий. В таблице 6 приведены данные о динамике людности для нескольких пар СНП, входивших в одно хозяйство (первыми указаны центральные усадьбы). Отдельные центральные усадьбы росли до 2010 г., большинство – до 1989. Другие же перспективные СНП теряли население на протяжении всего рассматриваемого периода. В некоторых случаях центральные усадьбы сначала имели меньшую людность, чем другие перспективные пункты в тех же хозяйствах, но уже через несколько лет они выходили на первые позиции.

*Судьбы перспективных СНП.* В состав перспективных входили совершенно разные СНП, судьбы их тоже сложились по-разному. Здесь были и крупные старинные села, и советские промышленные и пристанционные поселки, и небольшие деревни, получившие новый статус. На фоне традиционно мелких СНП выделяются большие села, которые были приходскими и волостными центрами в дореволюционное время. Особое место среди перспективных СНП области занимают 20 бывших сел-райцентров, выделяющихся не только размерами, но и развитым комплексом объектов социальной инфраструктуры.

С обретением статуса перспективных у многих сел и деревень менялся облик жилой застройки.

На смену преимущественно деревянным строениям пришло кирпичное и панельное мало- и среднеэтажное строительство. В перспективных СНП были распространены довольно скромные, по нынешним меркам, коттеджи, сохранившиеся до наших дней. Интересный пример жилых домов, напоминающих современные таунхаусы, можно встретить в с. Градницы Бежецкого района и д. Большие Борки Калининского района.

Большинство промышленных и транспортных поселков достигли максимальной людности в 1989 г., что свидетельствует о пике их социально-экономического развития в то время. Затем почти все они сокращали свою былую численность населения, за исключением пригородных и притрассовых пунктов.

Небольших деревень, резко увеличивших свою людность в связи с получением статуса перспективных и, как следствие, изменивших свою траекторию развития, немного. Среди них выделяется д. Малое Василево Кимрского района, в которой в 1976 г. насчитывалось всего 10 жителей. В короткий срок она вошла в число крупнейших СНП области. В 1979 ее людность составляла 1639 чел., в 1989 – 1131, в 2010 – 956. В середине 1970-х гг. был образован новый совхоз «10-я пятилетка». В Малом Василеве как центральной усадьбе нового крупного хозяйства велось интенсивное строительство благоустроенного жилья и современных объектов социальной инфраструктуры, которые продолжают свою работу и в наши дни.

Меры по развитию перспективных СНП изменили облик многих из них. В настоящее время можно наблюдать последствия решений того времени. Содержание огромных по сельским меркам зданий социальных объектов и многоквартирного жилого

## ТВЕРСКАЯ ОБЛАСТЬ

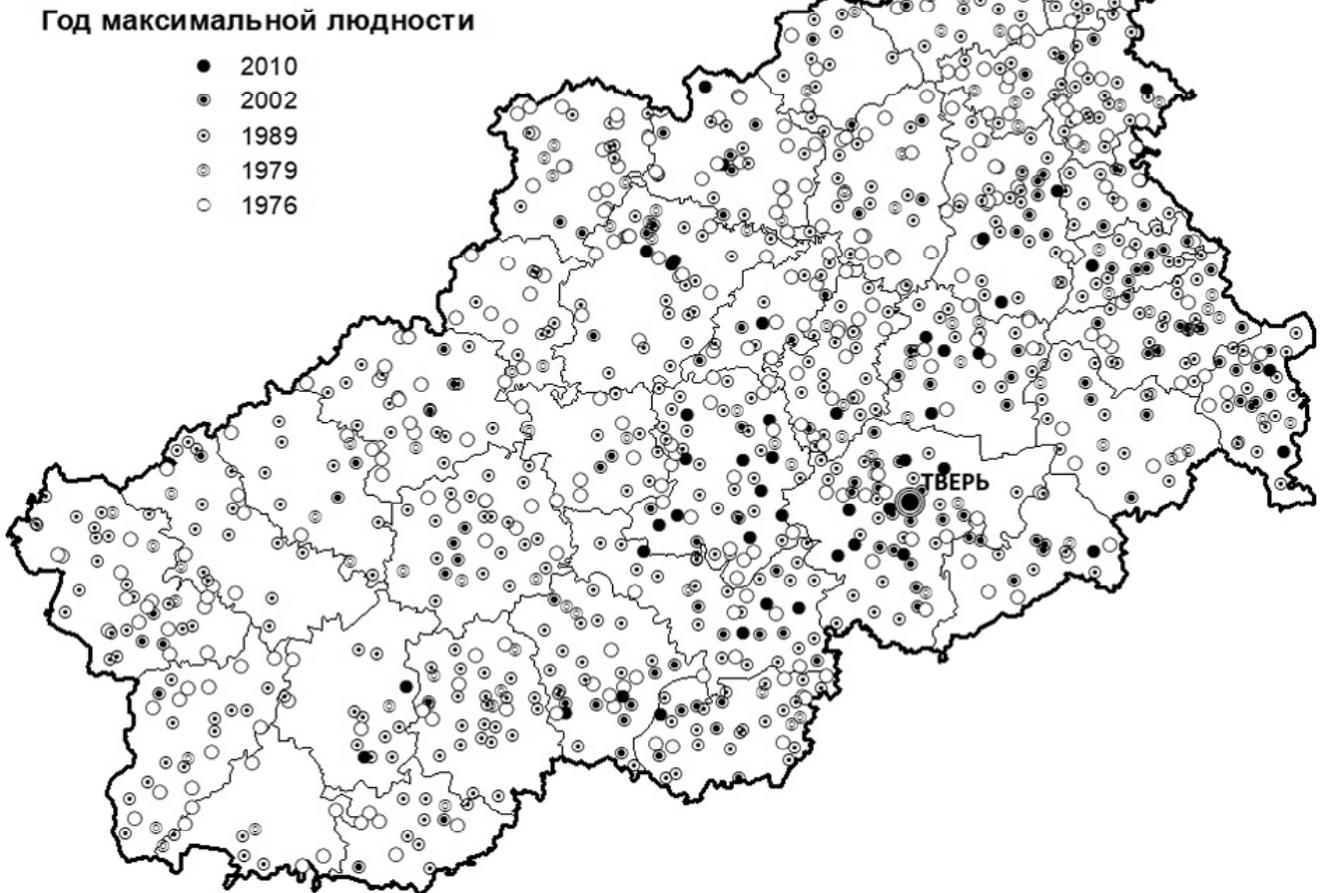


Рис. 3. Год максимальной плотности перспективных СНП

Fig. 3. Year of maximum population numbers in viable rural settlements

Таблица 6

### Примеры динамики плотности центральных усадеб и других перспективных СНП

Район и хозяйство в 1976 г.	Населенный пункт	Людность, чел.				
		1976	1979	1989	2002	2010
Западнодвинский, совхоз «Дружба»	д. Глазомичи	146	140	209	188	51
	д. Белодедово	41	32	22	11	0
Конаковский, совхоз «Дмитрогорский»	с. Дмитрова Гора	910	881	1060	1084	1101
	д. Никольское	264	198	173	95	55
Краснохолмский, колхоз «Красное поле»	д. Высокуша	98	87	202	182	143
	д. Путилово	140	121	96	48	18

фонда легло на плечи местных администраций, для их обслуживания не хватает средств. Типичные для Нечерноземья сельские ландшафты с деревянными избами и каменными церквями, очень привлекательные как в эстетическом, так и в рекреационном отношении, были нарушены вкраплением инородной застройки.

#### Выводы.

Данная работа проведена в основном по материалам Тверской (Калининской) области. Но, по мне-

нию авторов, результаты ее во многом справедливы и для других регионов среднего Нечерноземья:

– проводившаяся в 1960–1970-х гг. политика укрупнения сельских населенных пунктов фактически провалилась. Масштабы организованного сселения, призванного стать основным механизмом преобразования сельского расселения, были невелики и значительно уступали масштабам стихийной миграции сельских жителей в города и за пределы своих регионов;

– более половины (примерно 60%) из перспективных СНП, главным образом, бывшие центральные усадьбы колхозов и совхозов, успешно развивались и постепенно наращивали людность до тех пор, пока существовали крупные коллективные хозяйства. И сегодня на них приходится значительная часть опорных центров развития сельской местности, что говорит о правильности их выбора. В то же время, большая часть населенных пунктов, некогда отнесенных к категории неперспективных, продолжает существовать и в наши дни;

– деление СНП на перспективные и неперспективные не носило разрушительного характера, но способствовало ускорению оттока сельского населения, создавая у жителей ощущение нестабильно-

сти. Стихийное и закономерное исчезновение деревень не является результатом деления населенных пунктов на перспективные и неперспективные; оно вызвано миграцией и естественной убылью, которые протекали раньше и протекают в наши дни независимо от этого деления;

– современные призывы к выделению перспективных и неперспективных городов совершенно неприемлемы. Затраты на переселение, утрата материальных и нематериальных ценностей, сосредоточенных в таких пунктах, моральный ущерб, наносимый их жителям, слишком велики, чтобы эти предложения могли всерьез обсуждаться. По сути, эти предложения носят волонтеристский характер, и само их появление свидетельствует о незнакомстве с опытом прошлого.

**Благодарности.** Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ (проект № 18-05-00394).

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Алексеев А.И.* Сельское расселение: концепции и реальность // Вопросы географии. Сб. 132. Современное село: пути развития. М., 1988. С. 144–182.
- Алексеев А.И., Зубаревич Н.В., Регент Т.М.* Опыт изучения эффективности сселения жителей сельских населенных пунктов в Нечерноземной зоне РСФСР // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5. Геогр. 1980. № 1. С. 97–100.
- Беленький В.Р.* Основы совершенствования сельского расселения Нечерноземной зоны // Нечерноземье: демографические процессы / Сер. Народонаселение. Вып. 17. М., 1977. С. 20–36.
- Богданова Л.П., Щукина А.С.* Из опыта крупномасштабных социально-демографических исследований сельской местности Тверского региона // Вопросы географии. Сб. 135. География населения и социальная география. М., 2013. С. 397–406.
- Владимиров В.В., Наймарк Н.И.* Проблемы развития теории расселения в России. М., 2002. 374 с.
- Всероссийская перепись населения 2010 года. Населенные пункты Тверской области. Тверь, 2012. 429 с.
- Денисова Л.Н.* Исчезающая деревня России: Нечерноземье в 1960–1980-е гг. М., 1996. 216 с.
- Ковалев С.А.* Исследование проблем сельского расселения в районах разного типа // Региональное расселение в СССР. М., 1984. С. 118–125.
- Кузнецова С.Н.* Транспортные условия сельского расселения Тверского региона: автореф. ... канд. геогр. наук. М., 2011. 22 с.
- Мазур Л.Н.* Политика реконструкции российской деревни (конец 1950-х–1980-е гг.) // Отечественная история. 2005. № 3. С. 25–37.
- Методика выбора перспективных поселков колхозов и совхозов. М.: ЦНИИПИ по градостроительству, 1966. 56 с.
- Никитаева Е.Б.* Политика ликвидации «неперспективных» сел и деревень в 1960–1970 гг. и ее последствия для Центральной России // Вестн. Моск. гос. обл. ун-та. Сер. История и политические науки. 2012. № 5. С. 115–117.
- О мерах по дальнейшему развитию сельского хозяйства Нечерноземной зоны РСФСР. Постановление ЦК КПСС и Совета министров СССР. М., 1974.
- Румянцев И.Н., Смирнова А.А., Ткаченко А.А.* Сельские населенные пункты «без населения» как географический и статистический феномен // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5. Геогр. 2019. № 1. С. 29–37.
- Смирнов И.П.* Средние города Центральной России. Тверь, 2019. 164 с.
- Стронгина М.Л.* Проблемы изучения развития расселения в сельской местности Нечерноземной зоны РСФСР // Региональное расселение в СССР. М., 1984. С. 148–159.
- Ткаченко А.А.* О сокращении числа сельских поселений // Сельская Россия: прошлое и настоящее. М., 1999. С. 84–86.
- Хорев Б.С.* Реконструкция сельского расселения: новый этап научно-технической политики // Вопросы географии. Сб. 132. Современное село: пути развития. М., 1988. С. 34–52.
- Шевельов А.И.* Политика ликвидации «неперспективных» населенных пунктов в России и ее результаты // Вестн. Балт. фед. ун-та. Сер. Гуманитарные и общественные науки. 2007. № 12. С. 39–43.
- Cloke P.* An Introduction to Rural Settlement Planning (Routledge Revivals). London: Routledge, 1983, 398 p.
- Daniels T.L., Lapping M.B.* Small town triage: a rural settlement policy for the American Midwest. *Journal of Rural Studies*, 1987, vol. 3, no. 3, p. 273–280.
- Hanrahan P., Cloke P.* Towards a critical appraisal of rural settlement planning in England and Wales. *Sociologia Ruralis*, 1984, no. 23, p. 109–129.
- Pallot J.* Rural settlement planning in the USSR. *Soviet Studies*, 1979, vol. XXXI, no. 2, p. 214–230.
- Phillips D.R., Williams A.M.* Rural settlement policies and local authority housing: observations from a case-study of South Hams, Devon. *Environment and Planning*, 1983, vol. 15, p. 501–513.
- Policies and Plans for Rural People (Routledge Revivals) / Cloke P. (Ed.) London: Routledge, 1988, 274 p.
- Tian G., Qiao Z., Gao X.* Rural settlement land dynamic modes and policy implications in Beijing metropolitan region, China. *Habitat International*, 2014, vol. 44, p. 237–246.
- Электронные ресурсы*  
Всероссийская перепись населения 2010 года: URL: [https://www.gks.ru/free\\_doc/new\\_site/perepis2010/croc/perepis\\_itogi1612-tom10.htm](https://www.gks.ru/free_doc/new_site/perepis2010/croc/perepis_itogi1612-tom10.htm) (дата обращения 30.12.2019).

Поступила в редакцию 29.01.2020  
После доработки 20.02.2020  
Принята к публикации 06.03.2020

I.P. Smirnov<sup>1</sup>, A.A. Smirnova<sup>2</sup>, A.A. Tkachenko<sup>3</sup>

**THE RESULTS OF THE «RESETTLEMENT  
OF SMALL VILLAGES» POLICY IN THE NON-CHERNOZEM AREA  
(CASE STUDY OF THE TVER REGION)**

For the first time in the geographical literature an attempt is made to consider the results of the 1960s–1970s policy of reconstruction of the rural settlement pattern. This policy included the classification of rural settlements into «viable» and «non-viable» and relocation of the residents of small villages in the larger ones. The paper presents data on the plans and results of the relocation of residents from «non-viable» villages to central settlements of collective farms and state farms in the Kalinin (now – Tver) region.

The official list of «viable» rural settlements for the Kalinin region approved in 1977 is analyzed. The structure of the array, the distribution of «viable» settlements across the region and 1976 to 2010 population dynamics of each settlement are considered. The allogism in identifying «viable» rural settlements was shown: many small settlements were named «viable», while many large ones were not included in the list. The majority of large «viable» settlements are concentrated in the central, most developed part of the region, i.e. the Tver Triangle the vertexes being the cities of Rzhev, Vyshny Volochyok and Kimry. The analysis of the population dynamics in viable settlements allowed suggesting six types of population changes from 1976 to 2010: from significant growth to the loss of residential population. All in all negative dynamics prevailed, i.e. more than half of viable settlements reduced their population. As long as the large collective farms existed, most of such villages developed successfully and gradually increased their population. Currently, they account for a significant part of the centers for rural development. But also the majority of settlements, once classified as «non-viable», have survived.

The conclusion is drawn about the failure of resettlement policy and transformation of the rural settlement pattern. It is shown that the mistaken understanding of the policy results is widespread in the Russian society and the scientific community. The paper is intended to recall the inefficiency of strong-willed decisions aimed at the radical changes in settlement patterns.

*Key words:* viable and non-viable rural settlements, liquidation of small villages, resettlement reform

**Acknowledgements.** The study was financially supported by the Russian Foundation for Basic Research (project № 18-05-00394).

## REFERENCES

- Alekseev A.I.* Rural settlement pattern: concepts and reality. *Voprosy geografii. Sbornik 132. Sovremennoe selo: puti razvitiya* [Geography issues. Vol. 132. Present-day rural settlement: ways of development], Moscow, 1988, p. 144–182. (In Russian)
- Alekseev A.I., Zubarevich N.V., Regent T.M.* Opyt izuchenija effektivnosti sselenija zhitel' sel'skih naselennykh punktov v Nechernozemnoj zone RSFSR [The experience of studying the effectiveness of resettlement of rural residents in the Non-Chernozem zone of the RSFSR]. *Vestn. Mosk. un-ta. Ser. 5. Geogr.*, 1980. no. 1, p. 97–100. (In Russian)
- Belen'kij V.R.* Fundamentals of improving rural settlement pattern in the Non-Chernozem zone. *Nechernozem'e: demograficheskie processy* [Non-Chernozem area: demographic processes], Ser. Narodonaselenie. Iss. 17, Moscow, 1977, p. 20–36. (In Russian)
- Bogdanova L.P., Shhukina A.S.* The experience of large-scale socio-demographic studies of rural areas in the Tver region. *Voprosy geografii. Sbornik 135. Geografija naselenija i social'naja geografija* [Geography issues. Vol. 135. Geography of population and social geography], Moscow, 2013, p. 397–406. (In Russian)
- Cloke P.* An Introduction to Rural Settlement Planning (Routledge Revivals). London, Routledge, 1983, 398 p.
- Daniels T.L., Lapping M.B.* Small town triage: a rural settlement policy for the American Midwest, *Journal of Rural Studies*, 1987, vol. 3, no. 3, p. 273–280.
- Denisova L.N.* *Ischezajushhaja derevnja Rossii: Nechernozem'e v 1960–1980-e gg.* [The Disappearing Village of Russia: Non-Chernozem area in the 1960s–1980s]. Moscow, 1996, 216 p. (In Russian)
- Hanrahan P., Cloke P.* Towards a critical appraisal of rural settlement planning in England and Wales, *Sociologia Ruralis*, 1984, no. 23, p. 109–129.
- Horev B.S.* Reconstruction of rural settlement pattern: a new stage of scientific and technical policy. *Voprosy geografii. Sbornik 132. Sovremennoe selo: puti razvitiya* [Geography issues. Vol. 132. Present-day rural settlement: ways of development], Moscow, 1988, p. 34–52. (In Russian)
- Kovalev S.A.* Issledovanie problem sel'skogo rasselenija v rajonah raznogo tipa. *Regional'noe rasselenie v SSSR* [Regional settlement pattern in the USSR], Moscow, 1984, p. 118–125. (In Russian)
- Kuznecova S.N.* *Transportnye uslovija sel'skogo rasselenija Tverskogo regiona* [Transport conditions of rural settlement pattern in the Tver region]. Extended Abstract of PhD Thesis in Geography. Moscow, 2011, 22 p. (In Russian)

<sup>1</sup> Tver State University, Faculty of Geography and Geoecology, Department of Socio-Economic Geography and Territorial Planning, Assistant Professor, PhD. in Geography; *e-mail:* ilya.geo2012@yandex.ru

<sup>2</sup> Tver State University, Faculty of Geography and Geoecology, Department of Socio-Economic Geography and Territorial Planning, Senior Lecturer, PhD. in Geography; *e-mail:* alpresents@mail.ru

<sup>3</sup> Tver State University, Faculty of Geography and Geoecology, Department of Socio-Economic Geography and Territorial Planning, Professor, D.Sc. in Geography; *e-mail:* at.tver@mail.ru

- Mazur L.N.* Politika rekonstrukcii rossijskoj derevni (konec 1950-h–1980-h gg.) [The policy of reconstruction of the Russian countryside (late 1950s–1980s)]. *Otechestvennaja istorija*, 2005, no. 3, p. 25–37. (In Russian)
- Metodika vybora perspektivnyh poselkov kolhozov i sovhozov* [The methodology for choosing viable villages of collective farms and state farms]. Moscow, Central Research and Design Institute for Urban Development Publ., 1966, 56 p. (In Russian)
- Nikitaeva E.B.* Politika likvidacii «neperspektivnyh» sel i dereven' v 1960–1970 gg. i eyo posledstvija dlja Central'noj Rossii [The 1960–70s politics of unpromising villages and settlements liquidation and its consequences for Central Russia]. *Vestn. Mosk. Gos. Obl. Un-ta. Ser. Istorija i politicheskie nauki*, 2012, no. 5, p. 115–117. (In Russian)
- O merah po dal'nejshemu razvitiju sel'skogo hozjajstva Nechernozemnoj zony RSFSR. Postanovlenie CK KPSS i Soveta ministrov SSSR* [On the measures for further development of agriculture in the Non-Chernozem zone of the RSFSR. Resolution of the Central Committee of the CPSU and the Council of Ministers of the USSR]. Moscow, 1974. (In Russian)
- Pallot J.* Rural settlement planning in the USSR, *Soviet Studies*, 1979, vol. XXXI, no. 2, p. 214 – 230.
- Phillips D.R., Williams A.M.* Rural settlement policies and local authority housing: observations from a case-study of South Hams, Devon, *Environment and Planning*, 1983, vol. 15, p. 501–513.
- Policies and Plans for Rural People* (Routledge Revivals). Cloke P. (Ed.) London, Routledge, 1988, 274 p.
- Rumjancev I.N., Smirnova A.A., Tkachenko A.A.* Sel'skie naselennye punkty «bez naselenija» kak geograficheskij i statisticheskij fenomen [Rural settlements «without population» as a geographical and statistical phenomenon]. *Vestn. Mosk. un-ta, Ser. 5, Geogr.*, 2019, no. 1, p. 29–37. (In Russian)
- Smirnov I.P.* *Srednie goroda Central'noj Rossii* [Mid-sized cities in Central Russia]. Tver, 2019, 164 p. (In Russian)
- Shevel'kov A.I.* Politika likvidacii «neperspektivnyh» naselennyh punktov v Rossii i ee rezul'taty [The policy of resuction of «non-viable» settlements in Russia and its results]. *Vestnik Baltijskogo fed. un-ta. Ser. Gumanitarnye i obshhestvennye nauki*, 2007, no. 12, p. 39–43. (In Russian)
- Strongina M.L.* Problems of studying the development of settlement pattern in rural areas of the Non-chernozem zone of the RSFSR. *Regional'noe rasselenie v SSSR* [Regional settlement pattern in the USSR], Moscow, 1984, p. 148–159. (In Russian)
- Tian G., Qiao Z., Gao X.* Rural settlement land dynamic modes and policy implications in Beijing metropolitan region, China, *Habitat International*, 2014, vol. 44, p. 237–246.
- Tkachenko A.A.* About the reduction in the number of rural settlements. *Sel'skaja Rossija: proshloe i nastojashhee* [Rural Russia: past and present], Moscow, 1999, p. 84–86. (In Russian)
- Vladimirov V.V., Najmark N.I.* *Problemy razvitija teorii rasselenija v Rossii* [Problems of the development of settlement pattern theory in Russia], Moscow, 2002, 374 p. (In Russian)
- Vserossijskaja perepis' naselenija 2010. Naselennye punkty Tverskoj oblasti* [2010 All-Russian Population Census. Settlements of the Tver region], Tver, 2012, 429 p. (In Russian)
- Web sources*  
All-Russian Population Census 2010, URL: [https://www.gks.ru/free\\_doc/new\\_site/perepis2010/croc/perepis\\_itogi1612-tom10.htm](https://www.gks.ru/free_doc/new_site/perepis2010/croc/perepis_itogi1612-tom10.htm) (access date 30.12.2019). (In Russian)

Received 29.01.2020

Revised 20.02.2020

Accepted 06.03.2020

## КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

УДК: 911.37

Р.А. Бабкин<sup>1,2</sup>**ОЦЕНКА ЧИСЛЕННОСТИ НАСЕЛЕНИЯ МУНИЦИПАЛЬНЫХ ОБРАЗОВАНИЙ МОСКОВСКОГО СТОЛИЧНОГО РЕГИОНА ПО ДАННЫМ ОПЕРАТОРОВ СОТОВОЙ СВЯЗИ**

Проведен сравнительный анализ численности населения муниципальных образований Москвы и Московской области по данным Росстата и информации операторов сотовой связи о локализации абонентов сети. Обоснована возможность использования данных мобильных операторов для проверки статистики текущего учета населения. Обнаружено завышение статистикой численности населения Старой Москвы при существенном недоучете числа проживающих в Московской области и в Новой Москве, связанное с погрешностями текущего учета населения, «двудомностью» значительной части москвичей и рядом других факторов.

*Ключевые слова:* Московская область, миграция населения, мобильная связь

**Введение.** Вопрос о том, сколько человек на самом деле проживает на территории Москвы и Московской области, один из наиболее важных при анализе социально-экономического развития Московского столичного региона (в границах Москвы и Московской области). В СМИ и на бытовом уровне часто можно встретить утверждение, что в столице и ее пригородах проживает гораздо больше людей, чем показывает официальная статистика (в этом контексте особенно часто упоминаются нелегальные мигранты). Считается, что недоучет реальной людности столицы подтверждают переписи населения 2002 и 2010 г., согласно которым в Москве оказалось существенно больше жителей, чем оценивалось на дату переписи [Мкртчян, 2011]. В то же время нельзя рассматривать Москву в отрыве от Московской области: оба региона образуют единую систему расселения, требующую совместного исследования, включая анализ численности населения.

Долгое время наиболее точным источником информации о численности населения регионов служили данные Росстата (текущий учет и перепись населения), при этом проверить их достоверность не представлялось возможным. Появление нового источника сведений о размещении населения – данных операторов сотовой связи о локализации абонентов – предоставляет новое поле для анализа путем сопоставления двух типов данных.

**Материалы.** Для написания данной статьи были использованы обезличенные данные операторов сотовой связи («МТС», «Билайн», «Мегафон» и

«Tele2») о локализации абонентов сети, предоставленные Департаментом информационных технологий города Москвы (ДИТ), в частности, усредненные сведения будних ночей октября 2018 г.<sup>3</sup> Затем в разрезе муниципальных образований был произведен их сравнительный анализ с данными Росстата о численности населения Москвы и Московской области на начало 2019 г.

**Изученность вопроса.** В западных странах бизнес использует данные сотовых операторов уже более 15 лет в то время как национальные статистические службы, а также международные организации только начинают проверять возможность использования этого источника информации для дополнения официальной статистики. Наибольших успехов в этом вопросе достигли страны ЕС. В 2012 г. по заказу Евростата было проведено исследование по оценке возможности использования мобильных данных для получения статистической информации. Сравнение сведений сотовых операторов с переписью и регистром населения показало их высокую корреляцию, при этом было отмечено, что мобильные данные гораздо более релевантные при анализе динамичных социально-экономических процессов [A Study ..., 2014].

В российской практике вопрос сопоставления информации сотовых операторов и официальной статистики в той или иной степени поднимался в связи с появлением нового типа данных. Среди значимых работ в этом направлении стоит выделить комплексный труд, посвященный Московской агломерации, выполненный компанией Habidatum, КБ Стрелка и

<sup>1</sup> Московской государственной университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет, кафедра экономической и социальной географии России, аспирант; e-mail: babkin\_ra@mail.ru

<sup>2</sup> Российский экономический университет имени Г.В. Плеханова, научная лаборатория региональной политики и региональных инвестиционных процессов, мл. науч. с.

<sup>3</sup> Ночь буднего дня октября – время, когда большая часть жителей находится в своих домах, а число граждан, находящихся в отпусках или на дачах, минимально в течение всего года.

Высшей школой экономики (ВШЭ) «Археология периферии» [Богоров и др., 2013], а также работу ученых Института географии РАН по изучению трудовых маятниковых миграций в столичном регионе [Махрова и др., 2016]. Однако исследований по целеному сопоставительному анализу двух источников произведено так и не было.

**Результаты исследования.** По данным операторов сотовой связи в буднюю ночь октября 2018 г. на территории Москвы находилось 12,0 млн чел., а численность ее населения на 01.01.2019 г., согласно данным Росстата, составила 12,6 млн чел., для Московской области эти цифры составили 10,4 и 7,6 млн чел. соответственно. Таким образом, расхождения в численности населения для Москвы составляют 0,6 млн чел., а для области – 2,8 млн чел.

Важно отметить, что нельзя интерпретировать данные операторов сотовой связи как абсолютно точные, поскольку они имеют свои, искажающие реальную картину, дефекты. Главным недостатком мобильных данных служит их неперсонализированный характер, а также связанная с этим проблема учета мобильных телефонов, зарегистрированных на других лиц (например, на родственников) или на людей, вовсе не имеющих мобильные телефоны. Эти проблемы отчасти решает калибровка, выполняемая ДИТ, однако полностью очистить и актуализировать массив данных по понятным причинам не представляется возможным. В то же время, в качестве преимуществ мобильных данных стоит отметить лучшее соответствие реальности во времени и пространстве, возможность калибровки для существующих данных, отсутствие привязки к административно-территориальному делению, применимость к использованию в разных пространственных масштабах и временных срезах. В результате, обозначенные уникальные особенности данных сотовых операторов, сочетающиеся с высокой степенью проникновения мобильной связи в повседнев-

ную жизнь людей, дают право считать их более приближенными к действительности.

Таким образом, в зависимости от имеющихся масштабов и направленности несоответствий выделены муниципалитеты с завышенной, заниженной и с примерно соответствующей данным сотовых операторов людностью. При этом несоответствия численности населения по двум массивам данных рассмотрены в разрезе поясной структуры столичного региона (табл.).

Примерное соответствие этих данных наблюдается только в муниципалитетах Центрального административного округа столицы и сопредельных районов (*центр и субцентр Москвы*).

Основную часть муниципалитетов, в которых статистика завышает численность населения, составляют *спальные районы Старой Москвы и Зеленограда* (в среднем на 10%), что связано с рядом факторов. Во-первых, с проживанием во втором (подмосковном) жилье части зарегистрированных здесь москвичей (более полумиллиона владельцев московских сим-карт в буднюю ночь находится в области). Во-вторых, искажения связаны с методикой подсчета жителей переписью населения, в которой, как отмечалось рядом исследователей, имелся ряд «подводных камней», ставящих под сомнения ее точность: двойной счет населения, неправильный учет таких категорий граждан, как военнослужащие, студенты, пенсионеры и т. д. [Андреев, 2012; Мкртчян, 2012].

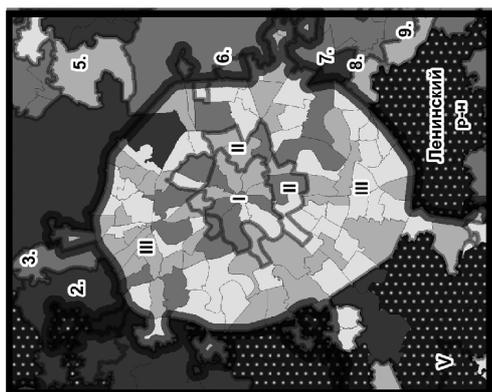
В противовес фактору завышения переписью численности населения выступает фактор наличия в столице большого числа квартиросъемщиков, часто недоучитываемых официальной статистикой. Это связано с тем, что 99% мигрантов в столице и 97% в области регистрируется не по месту жительства, а по месту пребывания, которое в любое время может измениться без учета статистическими службами [Отдельные ..., 2019]. Отдельный фак-

Т а б л и ц а

**Численность населения Московского столичного региона в поясном разрезе**

Выделяемая территория	Численность населения, млн чел.	
	сотовые операторы	Росстат
Центр и субцентр Москвы	1,69	1,71
Спальные районы в пределах старых границ Москвы (в т.ч. Зеленоград)	9,51	10,52
Новая Москва	0,83	0,39
<b>Москва в целом</b>	<b>12,03</b>	<b>12,62</b>
1-й пояс муниципалитетов Московской области	3,90	2,83
2-й пояс муниципалитетов Московской области	3,78	2,52
Дальние муниципалитеты Московской области	2,73	2,24
<b>Московская область в целом</b>	<b>10,41</b>	<b>7,59</b>
<b>Москва и Московская область</b>	<b>22,44</b>	<b>20,21</b>

*Источник:* составлено автором по данным Росстата и данным операторов сотовой связи



Условные пояса Москвы:

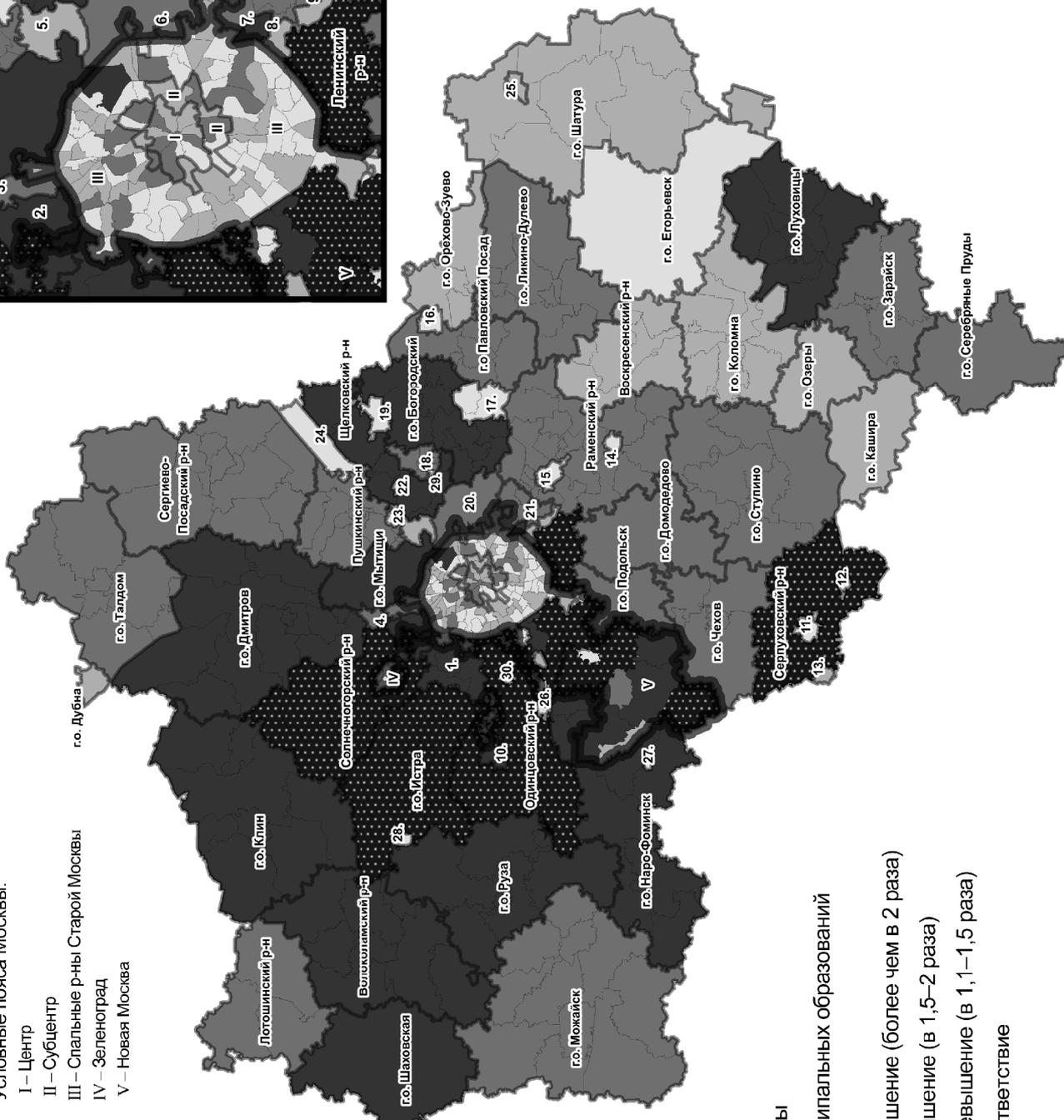
- 1 – Центр
- II – Субцентр
- III – Стальные р-ны Старой Москвы
- IV – Зеленоград
- V – Новая Москва

Московская область:

- 1. г. о. Красногорск
- 2. г. о. Химки
- 3. г. о. Долгопрудный
- 4. г. о. Лобня
- 5. г. о. Королев
- 6. г. о. Реутов
- 7. г. о. Котельники
- 8. г. о. Дзержинский
- 9. г. о. Лыткарино
- 10. г. о. Звенигород
- 11. г. о. Серпухов
- 12. г. о. Пущино
- 13. г. о. Протвино
- 14. г. о. Бронницы
- 15. г. о. Жуковский
- 16. г. о. Электрогорск
- 17. г. о. Электросталь
- 18. г. о. Лосино-Петровский
- 19. г. о. Черноголовка
- 20. г. о. Балашиха
- 21. г. о. Люберцы
- 22. г. о. Фрязино
- 23. г. о. Ивантеевка
- 24. г. о. Красноармейск
- 25. г. о. Рошаль

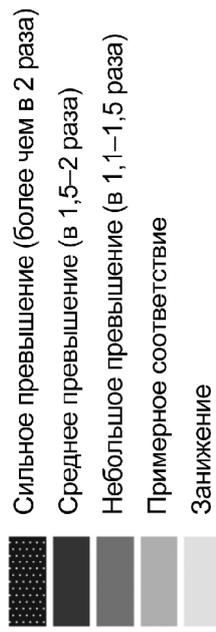
ЗАТО:

- 26. Краснознаменск
- 27. Молодежный
- 28. Восход
- 29. Звездный городок
- 30. Власиха



Границы Москвы

Границы муниципальных образований



тор – неучтенная миграция, когда люди не оформляют регистрацию по месту пребывания в течение длительного времени. Однако, ввиду того, что по данным сотовых операторов масштабный недоучет людности в Старой Москве практически не наблюдается, по-видимому, основная тяжесть незарегистрированной миграции ложится на прилегающие к Москве муниципалитеты Московской области.

Вторую группу с завышенной Росстатом оценкой составляют *муниципалитеты большинства городов Московской области* вне ближнего пояса городов-спутников. Значительная их удаленность от столицы и, соответственно, меньшая возможность принимать участие в трудовых коммуникациях с ней не способствуют притоку мигрантов из-за пределов области. Кроме того, значительная часть местного населения переходит к недельным циклам трудовых и учебных миграций, находясь в столице в будние дни и возвращаясь на выходные, что подтверждает сравнение ночного населения буднего и выходного дней. Например, население Электрогорска в буднюю ночь составляет 17,8 тыс. чел., а в выходную – 19,5 тыс. чел., что ближе к статистическим данным в 22,8 тыс. чел. Такая ситуация характерна и для других городских центров. Кроме того, существенно выше (в 2,5–3,5 раза) данных операторов сотовой связи цифры Росстата о численности населения в *подмосковных ЗАТО*, что, возможно, является отражением их особого статуса.

Очень сильные различия между официальной численностью населения и показателями сотовых операторов, но в сторону недооценки, наблюдаются в Новой Москве, в которой общее занижение людности составило примерно 2,15 раз. Схожая с Новой Москвой (но в меньших масштабах) картина наблюдается в большинстве муниципалитетов Московской области, при этом значительная часть превышений (в абсолютных величинах) концентрируется в *прилегающих к Москве муниципальных образованиях 1-го и 2-го поясов (без муниципалитетов-городов)*.

Такие отклонения связаны с активным жилищным строительством, которое оказывает двойное влияние на занижение статистикой постоянной численности населения. С одной стороны, текущий учет оперативно не отслеживает изменение населения вновь осваиваемых территорий, с другой – большие объемы относительно дешёвого (в сравнении с московским) жилья обеспечивают высокий спрос на арендный сегмент, в т. ч. со стороны незарегистрированных мигрантов. Помимо этого, покупка жилья в Новой Москве и Московской области является одной из жизненных стратегий части москвичей,

которые переселяются сюда, не регистрируясь по новому месту жительства.

Другой занижающий фактор этих территорий – концентрация на них значительного числа коттеджных и дачных поселков, совмещающих в себе достоинства загородной экологии и коммуникационной близости крупного города, в которых многие москвичи проживают в течение всего года, не меняя своей регистрации [Махрова, 2014]. Важно заметить, что большая часть муниципалитетов Подмоскovie с заниженной Росстатом оценкой численности населения располагается именно в западном менее урбанизированном дачно-рекреационном секторе (рис.).

В результате, численность населения этих зон Московской области занижается официальной статистикой примерно на 30–40%. Так, в ближнем к Москве поясе муниципалитетов Московской области согласно данным сотовых операторов в буднюю ночь находилось 3,9 млн чел., в то время как статистика показывает только 2,8 млн жителей. На территориях второго пояса Росстат фиксировал 2,5 млн чел. против 3,8 млн чел. по данным сотовых операторов.

Для *дальних муниципалитетов Московской области* значительные искажения менее характерны и в целом связаны с невысокой постоянной численностью населения слабоурбанизированных территорий. Здесь проявляет себя фактор второго жилья, обуславливая занижение официальной статистикой реальной численности населения примерно на 20–25%. При этом стоит отметить, что его значимость для этой зоны многократно возрастает в летние месяцы, когда масштабы занижения для некоторых муниципальных образований достигают 200–300%.

#### **Выводы:**

– настоящее исследование показывает, что официальная статистика существенно занижает численность населения Московской области и несколько завышает людность Москвы, а в целом недоучитывает 2,2 млн чел., проживающих в обоих регионах;

– кроме того, традиционная статистика в силу своей инертности неспособна предоставлять достоверную информацию о людности территорий, в которых ведется активное жилищное строительство (например, для Новой Москвы), учитывая в 2–4 раза меньше жителей, чем там фактически проживает;

– наконец, данные Росстата не учитывают сезонное население и жителей, проживающих во вто-

---

Рис. Численность населения согласно данным Росстата по отношению к данным о распределении населения в буднюю ночь октября по данным операторов сотовой связи. Ввиду пертурбаций административно-территориального деления Московской области для нее был рассмотрен только верхний уровень муниципалитетов (без городских и сельских поселений) в границах на 01.01.2019 г. *Источник:* составлено автором по данным Росстата и данным операторов сотовой связи

Fig. Population numbers according to the Rosstat data correlated with the data of mobile network operators on the population distribution during an October weekday night. Compiled by the author basing on the Rosstat data and data of mobile network operators

ром жилье или на дачах, а также незарегистрированных мигрантов;

– таким образом, мобильные данные могут использоваться в качестве альтернативного источника информации для демографической статистики, оценки внутренней миграции, а также в целях проверки и

актуализации данных текущего учета населения. Благодаря своим уникальным особенностям данные сотовых операторов способны выявлять «невидимые» в официальной статистике категории населения, а для «видимых» групп предоставляют возможность определения их фактического местожительства.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

*Андреев Е.М.* О точности результатов российских переписей населения и степени доверия к разным источникам информации // Вопросы статистики. 2012. № 11. С. 21–35.

*Богоров В., Новиков А., Серова Е.* Самопознание города // Археология периферии [Московский урбанистический форум]. М., 2013. С. 380–405.

*Махрова А.Г., Кириллов П.Л., Бочкарев А.Н.* Маятниковые трудовые миграции населения в Московской агломерации: опыт оценок потоков с использованием данных сотовых операторов // Региональные исследования. 2016. № 3(53). С. 71–82.

*Махрова А.Г.* Роль организованных коттеджных поселков в развитии субурбанизации в постсоветской России // Известия РАН. Серия географическая. 2014. № 4. С. 49–59.

*Мкртчян Н.В.* Динамика населения регионов России и роль миграции: критическая оценка на основе переписей 2002 и 2010 гг. // Известия РАН. Серия географическая. 2011. № 5. С. 28–41.

*Мкртчян Н.В.* Проблемы учета населения отдельных возрастных групп в ходе переписи населения 2010 г.: причины отклонения полученных данных от ожидаемых // Демографические аспекты социально-экономического развития. Вып. 22 / Под ред. М.Б. Денисенко. М.: МАКС Пресс, 2012. С. 197–214.

#### *Электронные ресурсы*

Отдельные показатели миграционной ситуации в Российской Федерации за январь–декабрь 2018 года с распределением по странам и регионам. МВД: URL: <https://xn-b1aew.xn-p1ai/Deljatelnost/statistics/migracionnaya/item/15851053/> (дата обращения 16.10.2019).

A Study on Urban Mobility and Dynamic Population Estimation by Using Aggregate Mobile Phone Sources. CSIS Discussion Paper, no. 115, 2014, URL: <http://www.csis.u-tokyo.ac.jp/dp/115.pdf> (дата обращения 31.10.2019).

Поступила в редакцию 06.11.2019

После доработки 02.02.2020

Принята к публикации 06.03.2020

**R.A. Babkin<sup>1,2</sup>**

#### ESTIMATION OF THE POPULATION OF MUNICIPALITIES IN THE MOSCOW METROPOLITAN REGION ACCORDING TO THE DATA OF MOBILE OPERATORS

The population numbers in municipalities of Moscow and the Moscow region were compared according to the Rosstat data and the information about localization of subscribers provided by mobile operators. The possibility of using mobile operators' data to check the results of current population accounting is established. The statistical overstatement of the population of Old Moscow was revealed along with considerable underreporting of the number of people living in the Moscow region and in New Moscow. This is due to errors in the current population accounting, availability of two houses for many Muscovites and a number of other factors.

*Key words:* Moscow metropolitan region, mobile communications, population migration

#### REFERENCES

*Andreev E.M.* O tochnosti rezul'tatov rossiiskih perepisei naseleniya i stepeni doveriya k raznym istochnikam informatsii [On accuracy of Russia population censuses results and level of confidence in different sources of information]. *Voprosy statistiki*, 2012, no. 11, p. 21–35. (In Russian)

*Bogorov V., Novikov A., Serova E.* Samopoznanie goroda [Self-cognition of a city], *Arheologiya periferii*, Moscow urban. forum. Moscow, 2013, p. 380–405. (In Russian)

*Makhrova A.G.* Rol' organizovannykh kottedzhnykh poselkov v razvitiie suburbanizatsii v postsovetsoj Rossii [The role of organized cottage settlements in suburbanization in Post-Soviet

Russia]. *Izvestiya RAN. Seriya geograficheskaya*, 2014, no. 4, p. 49–59. (In Russian)

*Makhrova A.G., Kirillov P.L., Bochkarev A.N.* Mayatnikovye trudovye migratsii naseleniya v Moskovskoi aglomeratsii: opyt ocenok potokov s ispol'zovaniem dannykh sotovykh operatorov [Labour commuting in the Moscow metropolitan area: evaluation of flows using data from mobile network operators]. *Regional'nye issledovaniya*, 2016, no. 3(53), p. 71–82. (In Russian)

*Mkrтчян N.V.* Dinamika naseleniya regionov Rossii i rol' migratsii: kriticheskaya ocenka na osnove migratsii: kriticheskaya ocenka na osnove

<sup>1</sup> Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Department of Economic and Social Geography of Russia, graduate student;

<sup>2</sup> Plekhanov Russian University of Economics, Research Laboratory of Regional Policy and Regional Investment Processes, Junior Scientific Researcher; e-mail: babkin\_ra@mail.ru

perepisei 2002 i 2010 gg. [Dynamic of the Russian region population and role of migration: critical evaluation on the base of census]. *Izvestiya RAN. Seriya geograficheskaya*, 2011, no. 5, p. 28–41. (In Russian)

*Mkrtychyan N.V.* Problemy ucheta naseleniya ot delnykh vozrastnykh grupp v hode perepisi naseleniya 2010 g.: prichiny otkloneniya poluchennykh dannykh ot ozhidaemykh [Problems of accounting for certain age groups of population during the 2010 Census: reasons for deviations from the expected data]. *Demograficheskie aspekty sotsial'no-ekonomicheskogo razvitiya*, M.B. Denisenko Ed., Moscow, MAKS Press Publ., 2012, iss. 22, p. 197–214. (In Russian)

*Web sources*

A Study on Urban Mobility and Dynamic Population Estimation by Using Aggregate Mobile Phone Sources. CSIS Discussion Paper no. 115. 2014, URL: <http://www.csis.u-tokyo.ac.jp/dp/115.pdf> (access date 31.10.2019).

Otdel'nye pokazateli migracionnoi situacii v Rossiiskoi Federacii za yanvar'–dekabr' 2018 goda s raspredeleniem po stranam i regionam [Selected indicators of the migration situation in the Russian Federation for January–December 2018, distributed by countries and regions], URL: <https://xn--b1aew.xn--p1ai/Deljatelnost/statistics/migracionnaya/item/15851053/> (access date 16.10.2019).

Received 06.11.2019

Revised 02.02.2020

Accepted 06.03.2020

# 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 компонуются 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. Подписуточные 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 прикладываются 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 допускается**.

*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](mailto:vestnik_geography@mail.ru)

*Плата за публикацию не взимается.*

## УЧРЕДИТЕЛИ:

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова;  
географический факультет МГУ

## РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

**С.А. ДОБРОЛЮБОВ**, доктор географических наук, профессор, член-корреспондент РАН (главный редактор)  
**В.С. ТИКУНОВ**, доктор географических наук, профессор (зам. главного редактора)  
**Е.А. ЕРЕМЕНКО**, кандидат географических наук (ответственный секретарь)  
**А.И. АЛЕКСЕЕВ**, доктор географических наук, профессор  
**С.И. БОЛЫСОВ**, доктор географических наук, профессор  
**А.Н. ГЕННАДИЕВ**, доктор географических наук, профессор  
**К.Н. ДЬЯКОНОВ**, доктор географических наук, профессор, член-корреспондент РАН  
**С.С. ЗИЛИТИНКЕВИЧ**, доктор географических наук, профессор (Метеорологический институт Финляндии)  
**О.Г. ЗОЛИНА**, профессор (Университет Ж. Фурье, г. Гренобль, Франция)  
**В.Ю. ИВАНОВ**, профессор (Мичиганский университет, США)  
**Н.С. КАСИМОВ**, доктор географических наук, профессор, академик РАН  
**А.В. КИСЛОВ**, доктор географических наук, профессор  
**В.А. КОЛОСОВ**, доктор географических наук, профессор  
**К.П. КОЛТЕРМАНН**, профессор  
**М. КОНЕЧНЫ**, профессор (Университет г. Брно, Чешская Республика)  
**С.Б. КРООНЕНБЕРГ**, профессор (Технологический университет г. Делфт, Нидерланды)  
**С.М. МАЛХАЗОВА**, доктор географических наук, профессор  
**Г. МОУРИ**, профессор (Университет г. Токио, Япония)  
**С.А. СОКРАТОВ**, кандидат географических наук, PhD  
**П.Е. ТАРАСОВ**, доктор наук, профессор (Берлинский Свободный университет, Германия)  
**Н.Л. ФРОЛОВА**, доктор географических наук, профессор  
**В.Е. ШУВАЛОВ**, кандидат географических наук, доцент  
**Т.А. ЯНИНА**, доктор географических наук, профессор  
**В.В. ЯНКО-ХОМБАХ**, доктор геолого-минералогических наук, профессор (Институт прикладных исследований Авалон, г. Виннипег, Канада)

## EDITORIAL BOARD:

**S.A. DOBROLUBOV**, doctor of science, corresponding member of the Russian Academy of Sciences, professor (*Editor-in-chief*)  
**V.S. TIKUNOV**, doctor of science, professor (*Deputy Editor-in-chief*)  
**E.A. EREMENKO**, candidate of science (*Secretary-General*)  
**A.I. ALEKSEEV**, doctor of science, professor  
**S.I. BOLYSOV**, doctor of science, professor  
**K.N. D'YAKONOV**, doctor of science, corresponding member of the Russian Academy of Sciences, professor  
**N.L. FROLOVA**, doctor of science, professor  
**A.N. GENNADIYEV**, doctor of science, professor  
**V.YU. IVANOV**, professor (Michigan University, USA)  
**N.S. KASIMOV**, doctor of science, academician of the Russian Academy of Sciences, professor  
**A.V. KISLOV**, doctor of science, professor  
**V.A. KOLOSOV**, doctor of science, professor  
**K.P. KOLTERMANN**, professor  
**M. KONECNY**, professor (Masaryk University, Faculty of Science, Czech Republic)  
**S.B. KROONENBERG**, professor (Delft University of Technology, Department of Applied Earth Sciences, Netherlands)  
**S.M. MALKHAZOVA**, doctor of science, professor  
**G. MOURI**, professor (University of Tokyo, Japan)  
**V.E. SHUVALOV**, candidate of science, associate professor  
**S.A. SOKRATOV**, candidate of science, PhD  
**P.E. TARASOV**, professor (Free Berlin University, Germany)  
**T.A. YANINA**, doctor of science, professor  
**V.V. YANKO-KHOMBACH**, doctor of science, professor (Avalon Institute of Applied Sciences, Winnipeg, Canada)  
**S.S. ZILITINKEVICH**, doctor of science, professor (Finnish Meteorological Institute, Finland)  
**O.G. ZOLINA**, professor (Fourier University, Grenoble, France)

*Номер подготовили члены редколлегии*

**С.А. СОКРАТОВ, В.Е. ШУВАЛОВ**

Редактор **Е.С. Повалишникова**

*Адрес редколлегии:*

119992, Москва, Ленинские горы, МГУ,  
географический факультет, комн. 2108а. Тел. 7(495) 939-29-23

*Журнал зарегистрирован в Министерстве печати и информации РФ.  
Свидетельство о регистрации № 1552 от 14 февраля 1991 г.*

Подписано в печать 00.00.2016. Формат 60×90/8.  
Гарнитура Times New Roman Суг. Бумага офсет. № 1. Офсетная печать. Усл. печ. л. 15,5  
Уч.-изд. л. 00,0. Тираж экз. Изд. № 00000. Заказ №

---

Типография МГУ.  
119991, ГСП-1, Москва, Ленинские горы, д. 1, стр. 15.